

乗用芝刈り機の自動化技術開発

Development of Autonomous Riding Mower Technologies



上野 政 宏① Masahiro Ueno
 田 淵 光 一② Koichi Tabuchi
 矢 野 琢 潤③ Takahiro Yano
 長 坂 和 哉④ Kazuya Nagasaka
 稲 場 太 一⑤ Taichi Inaba
 石 川 修 平⑥ Shuhei Ishikawa

北米の造園業界では慢性的な人手不足および賃金上昇が続いており、プロガーデナーの芝刈り作業においても省人化需要が高まっている。

プロガーデナーが利用する乗用芝刈り機に対して、自動化システムとそれに適したエンジンを供給することで、乗用芝刈り機向けエンジンのシェア拡大を目指すべく、乗用芝刈り機自動化に向けた要素技術開発を進めている。

In the US landscape industry, chronic labor shortages and rising wages are increasing demand for labor-saving mowing solutions among professional gardeners.

To capture a larger share of the riding mower engine market, we are developing key technologies for autonomous riding mowers, focusing on supplying autonomous systems and suitable engines for professional riding mowers.

まえがき

北米の造園業界では慢性的な人手不足および賃金上昇が続いており、プロガーデナーの芝刈り作業においても省人化の需要が高まっている。

1 背景

北米の乗用芝刈り機市場は近年拡大傾向となっており、カワサキモーターズもさらなる販売台数拡大とトップシェアの維持を目指して、さまざまな技術開発に取り組んでいる。差別化技術により、当社の乗用芝刈り機コマーシャル市場におけるエンジン供給比率は50%を超え、業界トップシェアを誇っている。

一方、近年では造園業界の人手不足と賃金上昇により、プロガーデナーの芝刈り作業においても省人化の需要が高まっている。そこで、差別化技術の一つとして、乗用芝刈り機自動化の要素技術開発に取り組み、自動化システムと自動化に適したエンジンを供給することで、シェア拡大に繋がると考えている。

2 乗用芝刈り機概要

(1) 機体概要

代表的な乗用芝刈り機の車両構造を図1に、仕様を表1

に示す。またエンジンを図2に示す。

乗用芝刈り機は、搭載エンジンのクランク軸に直結され

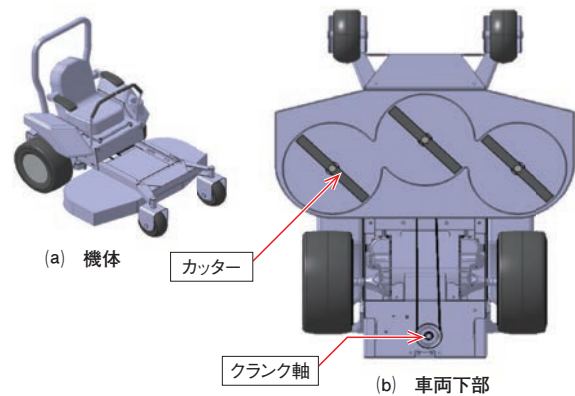


図1 乗用芝刈り機の車両構造
 Fig. 1 Structure of a riding mower

表1 代表的な乗用芝刈り機の仕様
 Table 1 Specifications of a typical riding mower

代表的な乗用芝刈り機スペック	
搭載エンジン	Kawasaki FX820V
排気量 [cc]	822
最高出力 [hp] ※グロス	34.5
車体寸法 [mm]	縦2007×横幅1283×高さ1562
芝刈り速度 [km/h]	16



図2 芝刈り機用エンジン「FX820V」
Fig. 2 Engine for lawn mowers: FX820V

たプーリーからベルトを介して図1(b)に示す車両下部に取り付けたカッターを回転させることで、芝刈りをおこなっている。

エンジンは油圧ポンプに接続しており、発生した油圧で左右輪を駆動させることで、車両を動かしている。タイヤへの駆動力はシート左右にあるレバーで制御可能であり、搭乗者はシート左右にある2本のレバーを両手で操作することにより、前進、後進、旋回をおこなうことができる。両方のレバーを前方へ倒すと前進し、両方のレバーを後方へ倒すと後進する。片側のレバーを前方、もう片方のレバーを後方に操作すると、車体中心を軸として、その場で車体の向きを変えることができる（ゼロターン）。小さい旋回半径でUターンしなければならない乗用芝刈り機に必須の機能である。

(2) 乗用芝刈り機を用いた芝刈り作業手順

北米では多くの家庭で芝生を有しているが、綺麗な芝面を維持するには定期的な芝刈り作業が必要であり、この作業をプロガーデナーへ委託する人が多く存在する。

芝刈り作業の依頼を受けたプロガーデナーは、乗用芝刈り機を搭載したトラックで現地へ赴き、芝刈り作業を実施する。

図3に芝刈り作業イメージを示す。一定の芝刈り方向と芝高さで作業を実施していく。芝刈りエリアの端まで到達すると、車両1台分の旋回半径でUターンして、常に芝刈り方向を一定とすることが多い。障害物の無い広範囲のエリアは乗用芝刈り機が担当し、木々の間など狭い領域のトリミングは手持ちの芝刈り機で作業している。

一つの場所の芝刈り作業は1時間以内に完了することが多く、プロガーデナーは1日に複数箇所の芝刈り作業を掛け持つ。



図3 芝刈り作業イメージ
Fig. 3 Image of lawn mowing

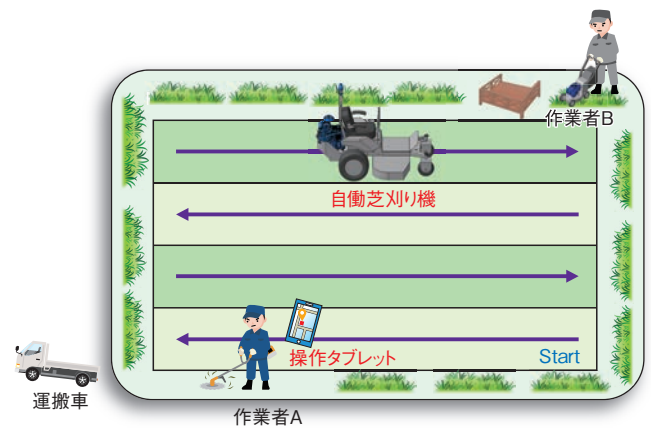


図4 自動芝刈り機ユースケース
Fig. 4 Usage case for an autonomous lawn mower

3 自動化の運用イメージ・メリット

通常の芝刈り作業は2～3名/チームで実施している。1～2名が乗用芝刈り機で広範囲の芝刈りを実施し、残り1名が周囲のトリミングを実施する。

図4に示すように、自動運転導入後は広範囲の芝刈り作業を自動芝刈り機が担当し、周囲のトリミングと自動芝刈り機運行管理を1名で実施することで、1名の省人化が期待できる。

4 乗用芝刈り機特有の車両制御技術開発

(1) 自動化のための車両改修

図5に自動芝刈り機のシステム概要を示す。自律走行ユニットからの外部指令によってエンジン始動、加速・減速・旋回、パーキングブレーキ、エンジン停止などの一連の操作ができる構成とした。また、自動運転と有人走行を切り替えられる構成とした^{1,2)}。

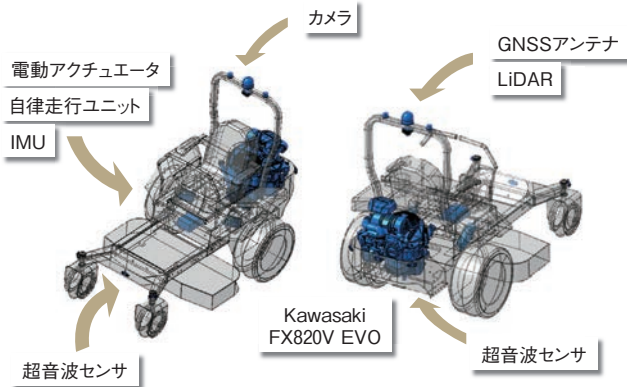


図5 自動芝刈り機概要説明図
Fig. 5 Illustrated overview of the autonomous lawn mower

自動運転をおこなう際は、はじめに芝刈りエリアと芝刈り方向の設定が必要だが、タブレット端末により遠隔から設定する。タブレット端末から自律走行ユニットへ走行ルート情報を転送後、自動走行を開始する。自動走行中は、自車の自己位置を確認しながら決められたルートに沿って走行をおこなう。車両の現在位置と目標ルート情報を基に、自律走行ユニットが車両の速度や旋回方向を計算している。芝刈り機上部にはGNSSアンテナを取り付けており、衛星情報を用いて自己位置と方位推定をおこなっている。またIMU (Inertial Measurement Unit: 慣性計測装置) も取付けており、斜面の勾配に応じたトルク配分などをおこなうことにより、経路逸脱の少ない安定した自動走行を目指している。障害物を検知するセンサーも備えており、障害物検知後は、一時停止やルート変更などをおこない、芝刈り作業の継続を試みる構成としている。

(2) 走行精度目標値設定

自動芝刈り機の走行精度目標値を設定するため、プログラマーによる芝刈り作業の走行データ取得を行った。

乗用芝刈り機の芝刈り中の走行軌跡を図6に示す。作業エリア内で折り返し走行を繰り返し実施することで、くまなく芝刈りを実施していることが分かる。芝刈り跡を綺麗に見せるため、直進走行時の安定性が重要である。また、折り返し走行を実現するために、1.5m程度の小さな回転

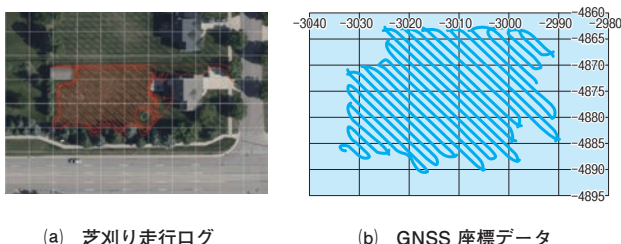


図6 有人走行データログ取得
Fig. 6 Logging manual driving data

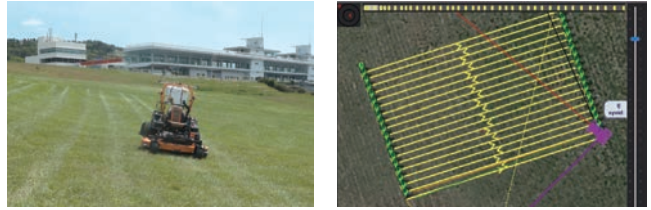


図7 自動芝刈り機の試験風景
Fig. 7 View of the autonomous lawn mower during a test drive

半径で旋回することが求められる。

自動走行中の車速や直進時の許容誤差は、有人走行を基に設定した。これにより、有人走行と同等以上の芝刈り精度と作業速度を実現できるようにした。

(3) 走行試験

図7に自動芝刈り機の試験風景を示す。芝生エリアで実際の芝刈り作業と同じ経路計画に基づく自動走行を実施し、直進時安定性、目標車速に対する追従性、傾斜地での安定性、Uターン時の挙動確認、障害物のある環境下での動作検証などをおこなっている。

5 さらなる付加価値向上の取り組み

(1) 自社製エンジンとの組み合わせによる相乗効果

自動化システムと当社エンジンの組み合わせによる付加価値向上の取り組みも進めている。

当社エンジンを利用した自動化システムであるため、エンジンECU情報を自動化システムで利用できることが大きな強みである。芝刈り作業中の燃料消費率を算出した芝刈り請負費用の適性化検討、エンジン回転数制御が可能であるため芝刈り環境に応じて作業騒音を抑えた芝刈り作業などが実現可能であると考えている。また、図8に示す様に、将来的に、外部通信可能な通信ユニットを当社エンジンが搭載することで、自動走行中の運転データをクラウドサーバへ集約し、次世代製品開発へのフィードバックなど事業運営へ活用することを検討している。

(2) 意匠性の高い芝刈りパターンの実現

図9に示すような意匠性の高い芝刈りパターンが顧客からプログラマーへリクエストされることが多い。このような芝刈りパターン作成には、複雑な経路での走行や、場所によって芝高さを変化させるなどが必要となり、有人走行では高い技術が要求される。

一方、自動芝刈り機の場合、複雑な経路でもあらかじめ経路設定しておけば芝刈り可能であり、意匠性の高い芝刈りパターンも容易に効率的に実現できる。このように自動

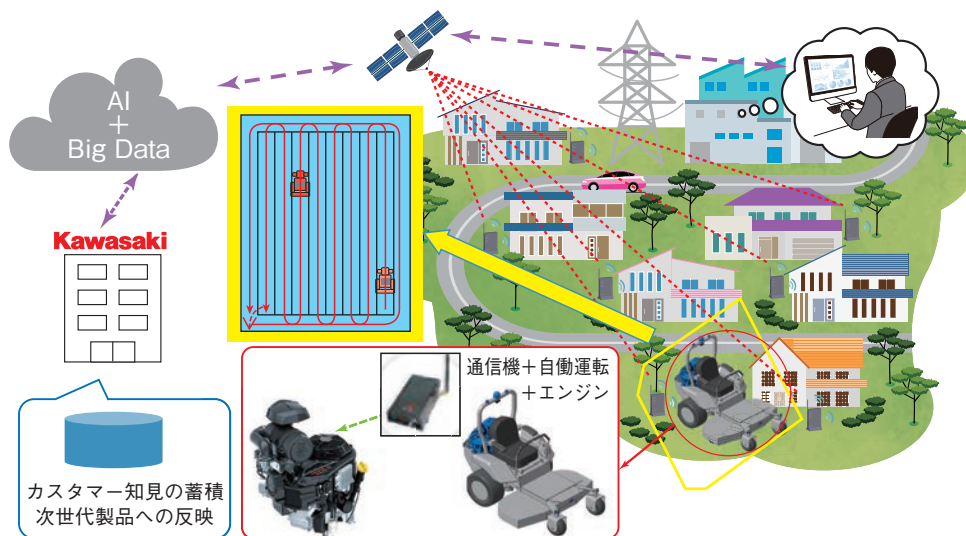


図8 自社製エンジンと組み合わせた付加価値検討
Fig. 8 Potential added value with our engine



図9 意匠性の高い芝刈りパターン
Fig. 9 Well-designed lawn mowing patterns

芝刈り機を導入したプロガーデナーのメリットとなるような要素技術開発も進めている。

あ と が き

北米の造園業界の慢性的な人手不足に対応するため、乗用芝刈り機の自動化技術開発をおこなっている。今後もコマース市場におけるエンジン供給トップシェアの維持を目指して、付加価値の高い開発を進めていく。

参 考 文 献

- 1) 石井, 佐野, 長坂, :“人・モノの移動を自動化・省人化する自律オフロード四輪”, 川崎重工技報, No.183, pp.22-25 (2021)
- 2) カワサキモーターズ公式YouTubeチャンネル: “Kawasaki RIDEOLGY meets SELF-DRIVING / 自律走行自動運転” (2020)



上野 政宏



田 淵 光 一



矢 野 琢 潤



長 坂 和 哉



稲 場 太 一



石 川 修 平