

らせん状車輪を用いた駆動機構の走行安定性に関する研究

機械システム課 上野 実*、金森直希

1. 緒言

軟弱な土壌や泥ねい地上で作業を行う車両は、土壌のやわらかさや凹凸の影響を受けやすく、安定的に走行するのが困難である。圃場においては、一般的に苗の条間に合わせた広幅のクローラや補助車輪を用い、クローラの長さや車輪の大口径化により接地面積を大きくして接地圧の低減を図り、ラグタイヤ等の突起を用い駆動力を稼いでいる。一方、現在開発中の自律型中耕除草機は、苗が植えつけられたエリア内での旋回を避けるため、らせん状の突起を持ったアルキメディアンスクリューを車輪に用いている。このため、車輪の幅は上記と同様であるが、車輪の径は株間（苗と苗の間隔）の寸法から制約があり、既存のクローラや車輪と比較すると、接地圧の低減や十分な駆動力を得ることが困難である。また、前後進だけでなく横方向への移動も行うことから、軸方向の断面を曲面にする必要があり、さらに不利に働く状況にある。これらのことから、あたえられた制約の中で、駆動力と走行安定性の向上を図るため、車輪の形状の検討と最適化を行った。

2. 実験方法

2.1 ミニ駆動機構の開発

走行を想定している圃場の土壌の状態は、地質や耕作形態によりさまざまであるほか、代掻き・田植えからの経過日数や水管理の状態などにより日々変化する。また、土壌の凹凸も、田植え機や管理機のワダチのほか作業者の足跡などがあり、モデル化によるシミュレーションが困難である。一方、開発を進めている、自立型中耕除草機は車輪径が $\phi 180$ mm 以上であり、車輪の形状も複雑であることから、実サイズの車輪を用いての検証を行うのは非効率的である。

このため、車輪の形状による走行性能の評価を行うため、同機構と同様の構造を持つミニ駆動機構を作成し、これにより評価を行うこととした。

作製した、ミニ駆動機構を図1に、主な仕様を表1に示す。各車輪の駆動部はユニット化したため、ホイールベースを含めホイールアライメント等の車両の諸元は容

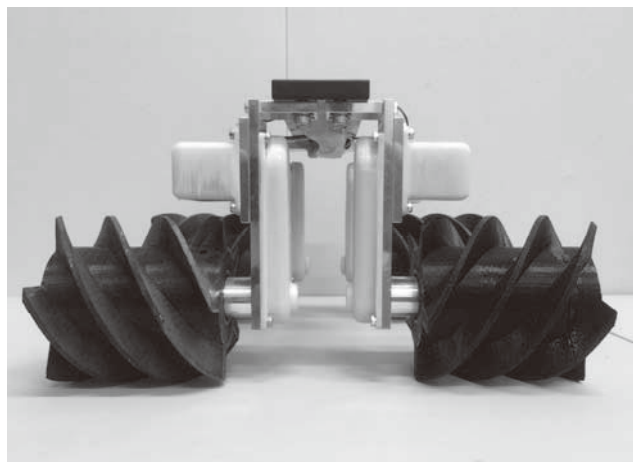


図1 ミニ駆動機構

表1 ミニ駆動機構の主な仕様

諸元	サイズ
サイズ(W×L×H:mm)	290×280×160
ホイールベース(mm)	80～190
車輪外径(mm)	$\phi 50\sim 100$
車輪幅(mm)	90

易に変更可能としている。また、駆動源については、ギヤードモータ及び模型用サーボモータを選択可能とし、用途に応じトルクを選択可能とした。

2.2 ミニ駆動機構による駆動性能の検証

作製したミニ駆動機構を用い、車輪形状及びアライメント変更による走行・駆動性能について検証した。

接地圧と突起高さの違いによる前後進時の駆動安定性について評価するため、車輪幅分の高さを持った円筒にらせん状突起をつけただけの単純形状で比較を行った。ここで、円筒部の直径を車輪内径、らせんの先端径を車輪外径とする。車輪内径は、接地面積や接地圧に反映し、泥ねい地や水中において、車輪自体の浮力の効果も期待できることから、車輪内径を $\phi 60$ mm と大きくとり、車輪外径 $\phi 80$ mm(突起高さ 10 mm)の車輪を作成した。この車輪を着装し粒径 5 mm 程度の比重の異なる軽量砂粒上で駆動試験を行った。

走行させる砂粒や車輪回転数、接地圧を変えるため機体重量を変化させて試験を行ったが、接地面積が大きいにもかかわらず、十分な駆動力を得ることが出来なかつ

* 生活工学研究所

た。これは、実際の土壌に対し粘性が小さい砂粒を用いたことも一因であるが、突起高さが足りず車輪の回転力を十分に生かし切れていないことが原因と思われた。

このため、車輪内径を $\phi 55\text{ mm}$ に小型化したうえで車輪外径を $\phi 90\text{ mm}$ (突起高さ 17.5 mm) に大型化した車輪で効果を確認した。この車輪で試験したところ、前記の車輪より接地圧が大きくなっているにもかかわらず、比較的大きな駆動力を得ることができた。このことから、駆動性を向上するには、接地圧を多少犠牲にしても、突起高さの確保が重要なことが分かった。

しかし、走行前に砂粒を平たんに整えたうえで直進走行させても、車両が旋回しやすく不安定な挙動を示した。これは、接地面の微妙な変化により車輪の沈み込みが不均一となり、車輪の回転によりさらに車輪の下が掘りこまれさらに、各車輪の駆動力が不均衡となることから発生しているものと思われた。ミニ駆動機構においては、軟弱な土壌の路面自体が接地面積や接地圧の変化を吸収してくれることを想定して、サスペンション機構を省略したが、不安定な土壌においてサスペンション機構が重要な役割を果たしていることが分かった。

2.3 改良車輪による駆動性能の検証

前記の結果を基に、サスペンション機構を持つ中耕除草自動機のプロトタイプ 2 号機の車輪を作成し、実際にフィールドにて走行試験を行った。当初の車輪は車輪内径 $\phi 145\text{ mm}$ 、車輪外径 $\phi 180\text{ mm}$ (中央部突起高さ 17.5 mm) であったが、この車輪では、前後進時においては一定の駆動力は得られていたものの、大きな窪みがあった場合走行できなくなる場合があった。このことから、車



図 2 改良車輪駆動試験

輪内径 $\phi 150\text{ mm}$ 、車輪外径は株間を考慮し $\phi 190\text{ mm}$ までサイズアップを行った。突起高さについては、中央部は 20 mm とわずかなアップであるが、車輪形状の樽型の両端部をさらに絞り込み、両端部の突起高さを 30 mm 程度と大きくした。

この車輪により、実圃場で走行試験したところ、車輪径の $2/3$ 程度がはまり込む大きな轍であっても安定して走行可能となり、横方向の駆動力も大きく向上した。

3.まとめ

作製したミニ駆動機構を用い、車輪の形状やサイズ検証したところ、らせん状車輪の突起高さが駆動力の向上に重要な役割をはたしている事が分かった。また、走行安定性には、各車輪の接地圧の均等化が必要であり、このためには、サスペンション機構が重要な役割を果たしていることが分かった。上記内容を基に、開発中の中耕除草自動機の車輪を改良したところ、走行性能及び安定性の向上を図ることができた。

キーワード：水田、アルキメディアンスクリュ、走行安定性

Study on Running Stability of a Drive Mechanism Using Archimedean Wheels

Mechanical System Section; UENO Minoru* and, KANAMORI Naoki

In a drive mechanism using Archimedean wheels, the improvement of the driving force and stability were studied. First, it has been found that the height of the fins on the wheel surface plays the important role for the improvement of the driving force. Further, the running stability is closely related to the equalization of each wheel ground contact pressure, therefore the improvement of the suspension mechanism is required. Based on the above points, it was possible to improve the running performance and stability.