

(論文内容の要旨)

収穫時の田面は落水するが高水分である。このため、我が国で開発された自脱コンバインは履带式走行部を採用している。水田は四方が畦で囲まれ、水深を一定範囲に保持するため区画を大きくすることができない。したがって、自脱コンバインは狭い水田の枕地で頻繁な旋回作業を要求され、実用化当初から旋回性に優れたトランスミッションが求められてきた。履帯車両の旋回性を向上するには、静油圧駆動装置（以下 HST）と遊星歯車機構を組み合わせた「強制ディファレンシャル方式トランスミッション」（以下、強制デフ式 T/M）を採用することが考えられる。しかし、高価であること、ハンドル操作が前進時と後進時で逆操作になることなどから電子制御を必要とし、特殊な車両に採用されるにとどまっている。

本論文は「円錐リンク機構」の発明によってこの欠陥を改善し、強制デフ式 T/M を通常の車両と同じ感覚で操作可能としたもので、以下の 6 章からなっている。

第 1 章では、従来から自脱コンバインに採用されている T/M と強制デフ式 T/M を比較し、強制デフ式 T/M が旋回性に優れていることを明らかにした。しかし、強制デフ式 T/M は(1)前進時と後進時で旋回操作が異なる、(2)停止状態でハンドルを操作するとスピントーンする、(3)ハンドル切れ角一定で車速を変化させると旋回半径が異なる、という 3 つの問題点を有することを明らかにした。

第 2 章では、これら 3 つの問題点を実機の簡易操舵システムを用いて再現し、これらの欠陥は通常自動車やトラクタを運転している農家には許容できないレベルにあることを明らかにした。さらに、強制デフ式 T/M を搭載した履帯車両を、自動車と同じ感覚で操作するために必要となる機能を示した。

第 3 章では、必要な機能を付加するための「円錐リンク機構」について述べた。この機構は円錐の頂点から底面の円周上の点（以下、底円）までの距離は常に等しいことを利用する。停止状態では円錐リンク機構は円錐状態で、底円上の全ての点と円錐頂点までの距離は変わらない。このため、ハンドルを操作して底円を回転させても、旋回用 HST の斜板の傾き角は変化しない。前後進変速レバーを操作すると底円が傾く、この傾斜により底円上の点と円錐頂点の距離が変化する。これを利用して前後進用 HST の斜板の傾き角を変えて変速する。前進時または後進時で底円が傾いているときは、底円上の位置により円錐頂点までの距離が変化するので、ハンドル操作にて底円上の点を回転させると、旋回用 HST の斜板の傾き角は変化し車両は旋回する。前進時と後進時では底円の傾く方向が逆となっているので、同じ操作をしても斜板の傾き角が逆となる。このため、強制デフ式 T/M にもかかわらず、通常の車両と同じようにハンドルを操作すれば通常の旋回が可能となった。

この「円錐リンク機構」を用いることで、第 1 章で述べた 3 つの問題は解消される。この機構は電子制御を使用していないため、低価格で信頼性が高く、自脱コンバインに「強制デフ式 T/M」を搭載することを可能にした。

第4章では、さらに性能向上を図るために改良した点について述べた。HSTは中立位置で不安定となる。また、微小な斜板傾き角のときに容積効率が低下し、確実に旋回することが難しい。この不安定さの原因は、円錐リンク機構のストローク、走行と旋回の負荷特性、及びHSTの圧力の不安定さから生じることを明らかにした。

次にこれらの問題解決のために、長穴連結、中立デテント機構、オーバーストローク機構を、円錐リンク機構に取り付けた。さらに最新のコンピュータ解析技術を駆使した非円形歯車を取り付けて、ハンドルの動きに対して底円が最適な回転運動を行うようにし、強制デフ式T/Mを搭載した自脱コンバインのハンドル操作の感覚を、自動車のハンドル操作とほぼ一致させた。

第5章では、従来のT/Mを搭載した自脱コンバインでは旋回半径を一定に保つことが困難であったが、強制デフ式T/Mを用いたことにより可能となったことを利用して、走行系の動力の測定を行った。さらに、定常的作業時の転がり抵抗係数、横滑り抵抗係数を見かけ上変化するものとみなし、車速、トレッド・接地長比、機体質量、及びハンドル切れ角度率を決定すれば、所要動力が求められる計算式を作成した。

最終章の第6章では、本研究により得られた知見を総括し、開発した強制デフ式T/M及びこのT/Mを乗用車感覚で操作するための「円錐リンク機構」の特長を示すとともに今後の履帯車両のトランスミッションの方向について述べた。

(論文審査の結果の要旨)

自脱コンバインは畦で囲まれた狭い水田の枕地で旋回作業を行なう。このため畑作
用農業機械や建設機械と比べて高度な旋回性能を要求される。静油圧駆動装置（以下、
HST）と遊星歯車変速機を組み合わせた「強制ディファレンシャル方式トランスミッ
ション」（以下、強制デフ式 T/M）は旋回性に優れているが、前進と後進で操作の方向
が異なることをはじめ多くの欠点を要する。この問題を解消するためには高価な電子
制御を用いる必要があるため、強制デフ式 T/M は特殊な履帯車両にしか使用すること
はできなかった。

本研究は「円錐リンク機構」の発明と非円形歯車等を用いてこれらの問題を解消し、
安価で信頼性の高い旋回機構を実用化した。これにより、農家の一般ユーザーが自動
車と同じ感覚で強制デフ式 T/M の利点を活用できるようになった。評価すべき点は以
下のとおりである。

- (1) 履帯車両にこれまで用いられてきた各種旋回方式の比較を行い、強制デフ式 T/M が
他の方式と比べて優れている点を明らかにした。この方式が持っている操舵系の問題
点を示し、自動車と同じ感覚で操作をするために必要な機能を明らかにした。
- (2) この問題を解決するために「円錐リンク機構」を発明し、構造が簡単で信頼性の高
いリンク機構でこれらの問題点を解決した。
- (3) HSTは、油圧ポンプとモータの不安定さのため、中立位置で不安定となる。この原因
は、円錐リンク機構のストローク、走行と旋回の負荷、及びHSTに生じる圧力から生
じることを解析し、円錐リンク機構だけでは実質に満足できる挙動は得られないこ
とを明らかにした。これらの問題を、長穴連結、中立デテント機構、オーバースト
ローク機構、非円形歯車を円錐リンク機構に取り付けて解決した。
- (4) 強制デフ式 T/M を用いたことにより可能となった旋回状態での動力測定を行い、車
速、トレッド・接地長比、機体質量、及びハンドル切れ角度率を決定して求められ
る自脱コンバインの所要動力を求める計算式を作成した。これにより、機体のスペ
ックを決定すれば、定常状態で動作している所要動力を求めることが可能となっ
た。
- (5) このシステムを実際の商品に展開し、その優れた旋回性能と湿田走行性により、市
場で好評を得ている。

以上のように本論文は、円錐リンク機構の発明により、強制ディファレンシャル方
式トランスミッションの問題点を理論と実際の両面で解決したもので、フィールドロ
ボティクス、農業システム工学の発展、並びに収穫作業の効率改善に寄与するところ
が大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成20年8月22日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結
果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。