

# 小型乗用耕うん機「ラッキーくるり」の紹介

Introduction of Compact Tractor "Lucky KURURI"

高野 昌 克\*    市 川 勝 久\*    山 崎 信 男\*  
Masakatsu KONO    Katsuhisa ICHIKAWA    Nobuo YAMAZAKI

入 来 一 成\*  
Kazunari IRIKI

## 要 旨

同軸同時正逆転ロータリを搭載し、走行装置に2×2 HST (2-Pump 2-Motor Hydro Static Transmission) を装備した後二輪駆動の小型乗用耕うん機ラッキーくるりを開発した。

この乗用耕うん機では、ロータリの正逆転により耕うん反力が低減されるため、後二輪駆動の軽量な車体でも安定した耕うん作業が可能になった。また、2×2 HST によるノークラッチの無段階変速機構と左右後輪の回転速度がステアリングの切れ角およびシフトレバー操作に連動するコントロール機構を採用することにより、従来トラクタと比較して変速や信地旋回（後内輪を回転中心とする旋回）操作が容易となった。

以上の結果、軽量コンパクトで操作の簡単な乗用耕うん機が実現できた。

## ABSTRACT

A small 2-wheel rear drive farm tractor equipped with a 2-pump 2-motor hydrostatic transmission (2 X 2 HST) and a coaxial simultaneous counter-rotating rotary has been developed.

Tilling counterforces resulting from counter-rotating rotary operation are greatly reduced with this design. This permits easy and stable tilling operations even with small 2-wheel rear drive farm tractors having light bodies. The 2 X 2 HST has a no-clutch non-stage transmission. Steering angle and shift lever operation are linked with the left and right rear wheel rotational speed regulator by a controller mechanism. When compared with conventional tractors, speed changes and stand-still turning (turning the tractor by holding one wheel stopped while the other wheel turns so that the tractor pivots on the stopped wheel) are much easier.

The result of these innovations is a light-weight and compact farm tractor offering easy and simple operation.

## 1. まえがき

耕うん作業用機械としては乗用型のトラクタと歩行型の耕うん機があり、特にトラクタに対して、より軽量コンパクトで簡単に操作ができ、かつ低価格を要望する市場からの声がある。

- ・果樹園やハウスなどの狭い圃場では、トラクタは車体が大きいため作業がしにくい。
- ・畝立てなどの作業では、トラクタは車体重量が重いため畑の土を踏み固めてしまう。
- ・歩行型耕うん機での作業を、乗って楽に行いたいですがトラクタは操作がむずかしくまた価格も高い。

- ・農道の交通量も増加しており、自走による移動よりも軽トラックによる運搬の方が安全である。しかしトラクタは軽トラックに積載できない。

しかしながら、従来の全正転耕うんロータリを装備するトラクタには車両本体を前上方に押し出すロータリ耕うん反力が生じるため、四輪駆動とするか後二輪駆動であれば重量を重くして反力を抑えなければならない。よって、重量が重く車体サイズも大きくなるため低価格になりにくいという問題があった。

もう一方の操作性については、大部分のトラクタがク

\* 朝霞東研究所

ラッキークるりが必要なマニュアルトランスミッションを採用しており、信地旋回（後内輪を回転中心とする旋回）の際にはステアリングホイールを一杯に切り、片ブレーキを踏み続ける必要がある。そのため、トラクタの運転は操作が煩雑であり、また熟練が必要である。

ラッキークるりは、耕うん反力を低減させる目的の同軸同時正逆転ロータリ<sup>1)</sup>を採用し、後二輪駆動で軽量コンパクトな車体とし、軽トラックによる運搬を可能にした。また、後輪駆動用に左右一対のHST<sup>2) 3)</sup>（Hydro Static Transmission）、すなわち2×2 HST（2-Pump 2-Motor HST）と新開発のコントロールシステムを採用し、作業、走行、そして信地旋回の操作が簡単になった。さらに現存の低価格のトラクタに比較して75%の価格の乗用耕うん機を完成することができた。

従来型トラクタと歩行型耕うん機、およびラッキークるりの重量と価格をFig. 1に示す。図に示すようにラッキークるりは、歩行型耕うん機並の重量と価格でありながら、乗れる耕うん機を実現している。

## 2. 基本構造と技術要素

### 2. 1. 車両本体

当社の従来型トラクタであるマイティ 13R、TX320 との主要諸元の比較を Table 1 に示す。重量は、トラクタのなかでは軽量のマイティ 13R に比べても64%と軽量で

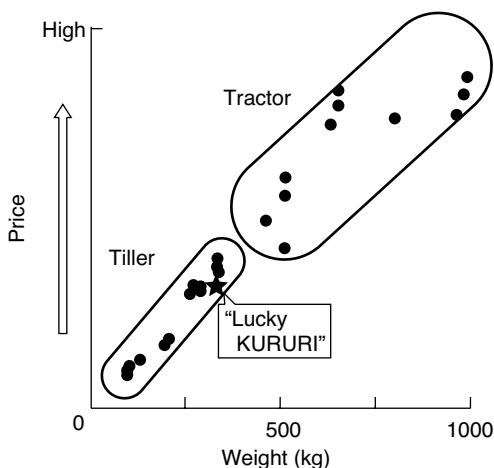


Fig. 1 Target Price and Weight for "Lucky KURURI"

Table 1 Specifications

|                                        |                | Lucky KURURI                                                   | Conventional tractor                 |                                        |
|----------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
|                                        |                |                                                                | Mighty 13R                           | TX320                                  |
| Engine power (kW)                      |                | 4.8                                                            | 7.4                                  | 23.5                                   |
| Engine displacement (cm <sup>3</sup> ) |                | 270                                                            | 389                                  | 1499                                   |
| Fuel                                   |                | Gasoline                                                       | Gasoline                             | Diesel                                 |
| Tire                                   | Front          | 4.00-7                                                         | 4.00-12                              | 8-16                                   |
|                                        | Rear           | 6-12                                                           | 7-14                                 | 13.6-24                                |
| Overall length (mm)                    |                | 1750                                                           | 2010                                 | 3180                                   |
| Overall width (mm)                     |                | 780                                                            | 965                                  | 1455                                   |
| Overall height (mm)                    |                | 1120                                                           | 1250                                 | 1980                                   |
| Wheel base (mm)                        |                | 930                                                            | 1195                                 | 1750                                   |
| Treads                                 | Front (mm)     | 600                                                            | 790                                  | 1130                                   |
|                                        | Rear (mm)      | 620                                                            | 760                                  | 1130-1575                              |
| Vehicle Mass with Rotary (kg)          |                | 325                                                            | 505                                  | 1540                                   |
| Transmission                           |                | 2-pump<br>2-motor<br>Hydro Static<br>Transmission<br>(2×2 HST) | Gear shift<br>8 forward<br>4 reverse | Gear shift<br>16 forward<br>16 reverse |
| Speed range                            | Forward (km/h) | 0-6.1                                                          | 0.7-11                               | 0.23-14.9                              |
|                                        | Reverse (km/h) | 0-2.8                                                          | 0.8-2.8                              | 0.20-13.4                              |
| Rotary (Tilling system)                |                | Coaxial counter-rotating tilling                               | Down cut (or Up cut) tilling         | Down cut (or Up cut) tilling           |

あり、車体サイズも小さく軽トラックでの運搬を可能にした。

一般のトラクタとの相違点は、Fig. 2 に外観を示すようにエンジンを車体の後部に搭載したことである。これによりフロント回りの構造が簡素化でき、車体前部の良好な視界の確保と、そして本機の取り廻し性を向上させることができた。エンジンは排気量 270cm<sup>3</sup>、出力 4.8kW の OHV 空冷汎用ガソリンエンジンである。

Fig. 3 にラッキークるりの主要部品の配置を示す。コントロールシステムは、ステアリングホイールとシフトレバーの操作に連動して各々のHSTを制御し、左右後輪の回転速度を変化させている。また、2×2 HSTによる駆動方式は、ノークラッチの無段変速機能に加え、左右後輪をそれぞれのHSTで駆動するため片輪がスリップする状況でももう一方の車輪は回転し、デファレンシャルギアのように片輪が空転して車体がスタックすることはない。したがって二輪駆動でも必要十分な走破性能を備え、デフロックは不要となった。

## 2. 2. 耕うんロータリ

Fig. 4 に、一般のトラクタに装備される全正転ロータリの耕うん反力と、ラッキーくるりに装備される同軸同時正逆転ロータリの耕うん反力を示す。

一般のトラクタに装備される耕うんロータリは車両の



Fig. 2 “Lucky KURURI”

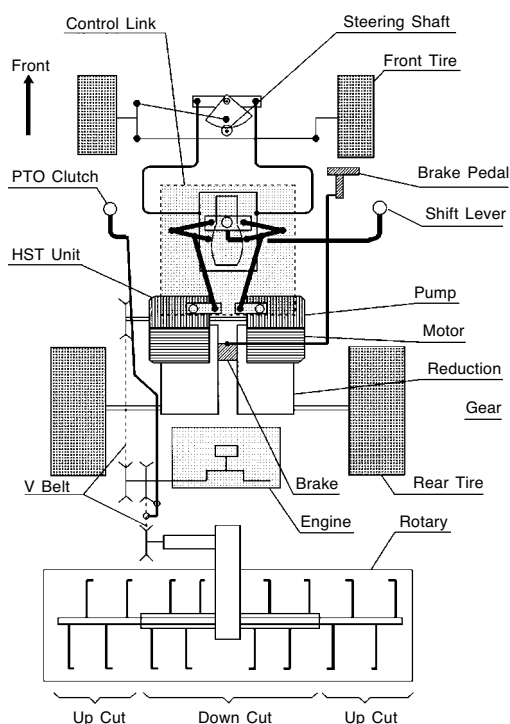
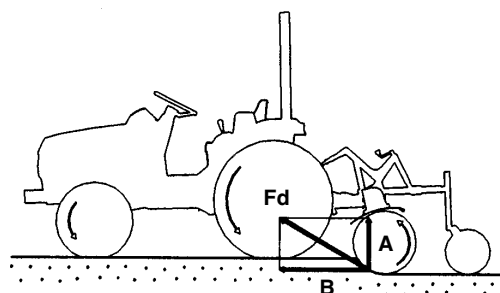


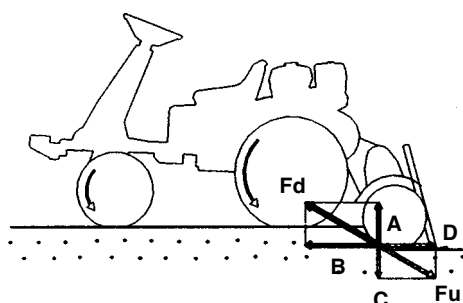
Fig. 3 Schematic Layout of Major Component

前進と同方向回転の全正転方式であるため、正転耕うん反力 $F_d$ が発生する。この反力は、本機の後輪を浮き上がらせ、前輪に回転力を与える。このためほとんどのトラクタでは四輪駆動を採用し、前輪のエンジンブレーキと重い車体重量によってこの反力に対応している。

同軸同時正逆転ロータリは Fig. 5 に示すように正転耕うんと逆転耕うんを同軸上で同時に行うものである。このため、正転の耕うん反力 $F_d$ と逆転の耕うん反力 $F_u$ は互いに打ち消し合う方向に作用する。 $F_d$ と $F_u$ の比は6:4に設定されており耕うん反力の合力は全正転方式の20%程度に低減される。また、ロータリの牽引抵抗は車両後方の向きに発生し、その大きさは全正転方式の耕うん反力の約20%である。この結果、車体前方に作用する同軸同時正逆転ロータリの耕うん反力は、車体後方に作用するロータリの牽引抵抗と相殺される。よって、車体に作用する力はほとんど0となるため、後二輪駆動の軽量な車体でも安定した耕うん作業を可能とする。



Conventional Tractor



“Lucky KURURI”

$F_d$  : Down cut Tilling Reaction Force

$F_u$  : Up cut Tilling Reaction Force

A, C : Vertical Force

B, D : Horizontal Force

Fig. 4 Tilling Reaction Force

### 2. 3. HST

HSTユニットはFig. 6に示すように、可変容量ポンプと固定容量モータの組合せで構成されている。後駆動輪の回転方向および回転速度の変更は、ポンプの斜板 (Swash Plate) の角度を変えることによりオイルの吐出方向と流量を変更しておこなう。図は前進時のオイルの流れを示し、後進時は図中の矢印と反対方向にオイルが流れる。

### 2. 4. コントロールシステム

ステアリングホイールの切れ角の大小と車速によって、

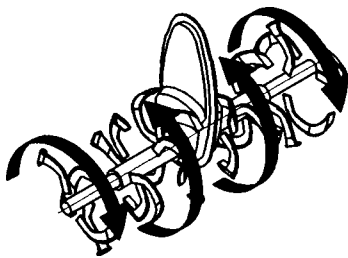


Fig. 5 Coaxial Counter-rotating Rotary

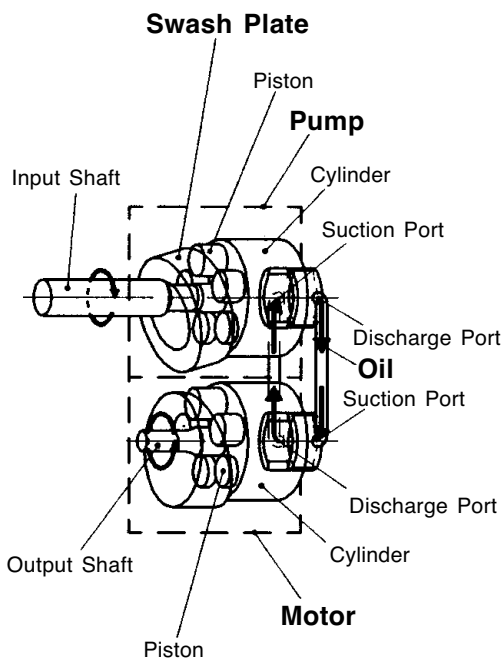


Fig. 6 HST (Hydro Static Transmission)

Table 2 Turning Condition Depending on Vehicle Speed and Steering Angle

| Rate of Steering Angle<br>Vehicle Speed | Small<br>0~50% | Large<br>50~100% |
|-----------------------------------------|----------------|------------------|
| Forward 2.8 ~ 6.1km/h<br>(Transporting) | ●              | ●                |
| Forward 0 ~ 2.8km/h<br>(Working)        | ●              | □                |
| Reverse 0 ~ 2.8 km/h<br>(Transporting)  | ●              | ●                |

- Turn Corresponding to Steering Angle  
□ Stand Still Turn

ステアリングホイールの切れ角に対応する旋回と信地旋回が行える構造とした。

Table 2にステアリングホイールの切れ角と車速別の旋回状態を示す。前進と後進の移動車速ではステアリングホイールの切れ角に対応した旋回を行う。作業車速では、ステアリングホイールの切れ角が小さいときは切れ角に対応した旋回を行うが、切れ角が大きくなると後内輪を中心とする信地旋回ができる。

Fig. 3のコントロールリンク部の拡大図をFig. 7に示す。中央部のコントロールロッドは変速レバーのシャフトに連結され、変速レバー操作により前後に移動し、またステアリングホイールを操作することによりケーブルとガイドプレートを介して左右に傾動する。コントロールロッドはロッドと左右のアームを介してHSTコントロールアームに連結される。

以上の構成により、ステアリングホイールの切れ角に対応する旋回と信地旋回は、変速レバーとステアリングホイールの操作に応じて連続的に変化させることができる。なお信地旋回の際の片ブレーキ操作は不要である。

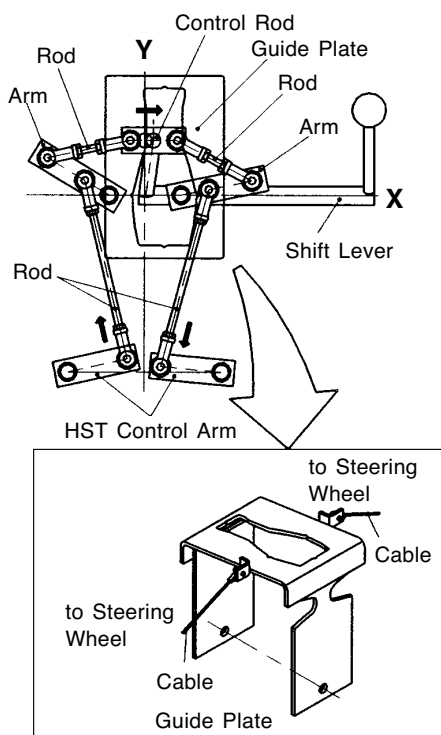


Fig. 7 Control Link

### 3. 実用性能

#### 3. 1. 耕うん性能

Fig. 8 に従来型トラクタ、マイティ 13R の耕うん性能（圃場の土壌硬度と可能な耕うん深さの測定値）との比較を示す。ラッキーくるりとマイティ13Rのエンジン出力、ロータリの耕うん幅とつめ径をTable 3に示す。土壌硬度は山中式土壌硬度計による測定値を用いており、耕うん車速はともに約1 km/hである。

土壌硬度がおおよそ0～600kPaの畑の耕うん作業において、ラッキーくるりの最大可能耕うん深さは一般の畑の標準耕うん深さの120mmを十分に上回っている。

土壌硬度の高い果樹園において、ラッキーくるりの最大可能耕うん深さは、土壌硬度が4000kPa程度までは果樹園の標準中耕深さの50mmを満足する。また、土壌硬度5000kPa以上では、マイティ 13R より深い耕うんが可能となっている。

以上の結果により、ラッキーくるりは実用上十分な耕うん性能を持つことが確認された。

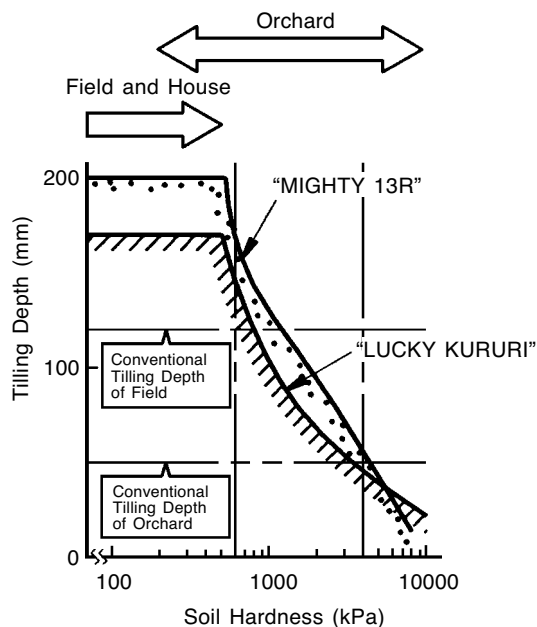


Fig. 8 Soil Hardness and Tilling Depth

Table 3

|                       | “Lucky KURURI” | “MIGHTY 13R” |
|-----------------------|----------------|--------------|
| Engine Power (kW)     | 4.8            | 7.4          |
| Tilling Width (mm)    | 900            | 1100         |
| Tilling Diameter (mm) | 340            | 400          |

#### 3. 2. 走行／旋回性能

Fig. 9 に摩擦係数が0.5～1.0程度の路面においての車速ごとの前輪の転舵割合に対する後駆動輪左右回転速度比の実走行値の一例を示す。

1 km/h と 2.5km/h の前輪の転舵割合に対する後駆動輪の左右回転速度比は、ともにほぼ信地旋回直前までニュートラルステア値に沿った値である。6 km/h では前輪の転舵割合が増加するにつれてニュートラルステア値との差が増加するが、転舵割合の増加に対応した左右回転比の減少を示しており、実走行中のオペレーターのフィーリングには違和感はない。

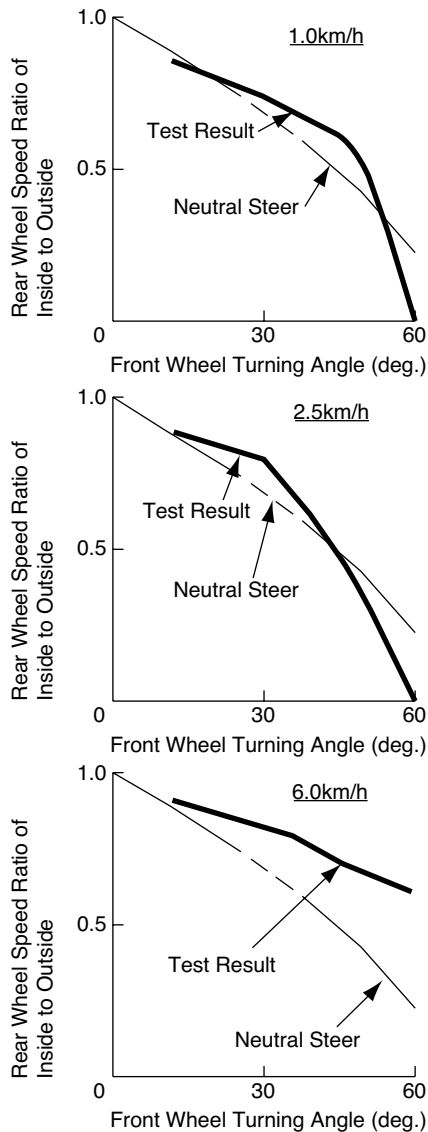


Fig. 9 Front Wheel Turning Angle vs. Rear Wheel Speed Ratio

#### 4. まとめ

小型乗用耕うん機ラッキーくるりの特徴をまとめると以下の通りである。

- ・耕うん反力を低減させる同軸同時正逆転ロータリの搭載は、安定した耕うん性能と二輪駆動で軽量コンパクトな乗用耕うん機を可能にした。
- ・2×2 HST とコントロールシステムの採用により、ノークラッチの無段変速機能に加えて信地旋回の操作も簡単に行えるようになり操作性が大幅に向上した。

この結果、果樹園やハウスなどの狭い圃場でも作業がし易くなり、また、従来型トラクタと比べて畑作業の際に畑の土を踏み固めにくくなった。さらに、低価格で軽トラックで運搬することができ、今後応用分野の拡大が期待される。

#### 参考文献

- 1) T.Kokuryou, M.Nagaoka, H.Kobayashi and M.Takeuchi, "Development of Coaxial Counter-rotating Rotary Tilling System" SAE Paper 951818 (Presented at the SETC '95)
- 2) S.Nishimura, H.Makita and M.Ishimoto, "Hydro Static Transmission for Riding Mower" SAE Paper 891785 (Presented at the SETC '89)
- 3) K.Misawa and T.Ishikawa, "Small Hydrostatic Transmission for Walk-Behind Lawn Mower" SAE Paper 911291 (Presented at the SETC '91)

#### ■ 著 者 ■



高野 昌克



市川 勝久



山崎 信男



入来 一成