



Title	自律走行車両の試作
Author(s)	今野, 繁雄
Description	技術部職員研修の研究・技術発表
Citation	北海道大学農学部技術部研究・技術報告, 1, 3-10
Issue Date	1994-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/35253
Type	departmental bulletin paper
File Information	1_p3-10.pdf



自律走行車両の試作

農業工学科 作物生産システム工学講座 今野 繁雄（作物・分析系）

はじめに

今日、日本の工業生産の発展には目ざましいものがあり現在、工業生産でのロボットの普及率は世界一となっている。農業機械の分野においても農業用ロボットや無人作業車両についての研究が活発に行われている。今回の自律走行車両の試作も将来の農業機械ロボット化に必要な基礎資料を得るために製作したものである。

尚、この自律走行車両は大学院修士論文のテーマでもある。

*自律走行車両の主要諸元及び計測項目について

表1

主 要 諸 元	
速 度 前進	0.0 m/s ~ 2.0 m/s
後進	0.0 m/s ~ 0.5 m/s
車 重	200 kg 程度
トレッド	900 mm
ホイールベース	1400 mm
機関出力	2 kw
軸出力回転数	64 r p m
前輪タイヤ	4.00-12 (ply)
後輪タイヤ	8.3/8-20.0 (ply)

表1の主要諸元及び計測項目をもとに指導教官、学生、技官の3者により、都合4回の打ち合わせを行い、原動機・車軸トルク・走行抵抗を計算によって求め以下の様に決定し使用する部品についても同時に決定した。

計測項目

車軸回転速度
ヨーレイト
実舵角
車両位置
駆動トルク

ロータリーエンコーダ
磁気方位センサー
回転式ポテンションメータ
視覚センサー
ストレインゲージにより検出

操作項目

クラッチ
ブレーキ
ステアリング
エンジン停止

I 走行抵抗

自律走行車両質量を200 kgとすると、車輪転がり抵抗係数C_rは表2に示す。

表 2

〔車輪転がり抵抗係数C_r（農業動力学）〕

アスファルト道路	0.04	軟らかい砂質土道	0.12
乾いた硬い土地	0.07	耕起直後の畑	0.20~0.30
硬い土盤の草生地	0.10	深い泥土	0.20~0.30
刈り取った牧草地	0.10	微砂	0.30~0.40

ここでは、C_r=0.20とすると

以上により、転がり抵抗Rは

$$R = C_r W = 0.20 \times 200 \times 9.81 = 392.4 \text{ [N]}$$

使用する後車輪径より、車輪半径 r は $r = 0.44 \text{ [m]}$

走行速度を 2.0 [m/s] とすると、車軸回転速度 n_a は

$$n_a = \frac{2.0}{2 \times 0.44 \times \pi} = 0.72 \text{ [1/s]} (= 43 \text{ [rpm]})$$

車軸トルク T_a を $T_a = r R$ とすると

$$T_a = 0.44 \times 392.4 = 172.66 \text{ [Nm]}$$

車軸出力を N_a とすると

$$T_a = \frac{1000 \times N_a}{2\pi \times n_a}$$

より

$$N_a = \frac{2\pi \times n_a \times T_a}{1000} = \frac{2\pi \times 0.72 \times 172.66}{1000} = \frac{780.7}{1000} \\ = 0.78 \text{ [Kw]} (= 1.07 \text{ [ps]})$$

II 軸出力トルク

諸元	エンジン	4 ps
	車輪径 (後輪)	890 mm
	車軸径	30 mm
	車軸材料	軟鋼
	許容ねじり応力	$\tau = 400 \text{ Kg f/cm}^2$
	横弾性係	$G = 81 \times 10 \text{ Kg f/cm}^2$
	車軸回転数	64 rpm

最大車軸トルク T は

$$T = \frac{\pi d^3}{16} \tau$$

(T はトルク、 d は軸径、 τ は許容ねじり応力)

これより、最大車軸トルク T は

$$T = \frac{\pi \times (30 \times 10^{-3})^3}{16} \times 400 \times 9.81 \times (100)^2 \\ = 208 \text{ [Nm]}$$

許容走行抵抗 R は

$$R = \frac{T}{r} \\ = \frac{208}{0.445} \\ = 467 \text{ [N]} (= 46.7 \text{ [kgf]}) \text{ となる。}$$

したがって、I より推定された、走行抵抗 392 [N] より十分大きいので、諸元のエンジン、軸径に決定した。

以上の設計資料をもとに、必要な部品の確保には予算の関係上、一部の部品を除いては、過去に廃棄処分された農業機械の部品のストックの中から選び使用した。

使用する部品の諸元について。

(1) エンジン

最大出力4 p s 常用出力3 p s 常用回転数1700 r p m

(2) 変速機

前進3段 後進1段 変速比は表3の通りである。

表3

	変速比
1速	0.0486
2速	0.0670
3速	0.1852
後進	0.0521

(3) 前輪アクスル 小型乗用トラクター用アクスル（アッカーマンリンク機構）

(4) 後車軸（デファレンシャル） 普通乗用車用 変速比 1：4

後車軸・変速機・エンジンを組み合わせた時の最終減速比は表4の通りである。

表4

	エンジン	変速機	デファレンシャル	最終減速比
1速	1：2	0.0486	1：4	0.0122
2速	"	0.0670	"	0.0167
3速	"	0.1852	"	0.0463
後進	"	0.0521	"	0.0130

出力回転数と推定速度は表5の通りである。

表5

定格回転数n=1700rpmより

	出力軸回転数（r p m）	速 度（m／s）
1速	20.7	0.96
2速	28.5	1.33
3速	78.5	3.67
後進	22.1	1.03

(5) 計測（センサー）関係

*前輪操舵角センサー ポテンションメータを前輪左右のナックル部にカップリングを介して取り付ける。

*後車軸駆動トルク検出 駆動軸にかかる歪をストレインゲージにより検出しスリップリングを通して計測機に入力する。

*後車軸回転速度センサー 左右の駆動軸に一回転100パルスのロータリーエンコーダを3倍に増速をして取り付け、ロータリーエンコーダ1パルス当たりの後輪の移動距離は、

$$\frac{2\pi \times 440}{300} = 9.2\text{mmとなる。}$$

*ステアリング 5相ステッピングモーターとウォーム減速機を使用。
ステッピングモーターで減速機を駆動し減速機に取り付けたドラック
リンクアームによりドラックリンクを介して前輪を操舵する。

*クラッチ 電動パワーシリンダー 24V駆動、ストローク100mm
静摩擦トルク 9.0kgf・m
動摩擦トルク 7.8kgf・m

以上の、諸元と設計資料を基に使用する部品の確保・確認の後自律走行車両の製作に進む事になるが、製作図面を引いていたのでは年内の自律走行車両の実験が間に合わない事になるため製作現場ではフリーハンドで略図を書き、各部品のマッチングを考えながら製作したものである。

メインフレームは3.2t×75mm×75mmの角パイプを使用し、各部品の保持・固定には3.2t×50mm×50mmの角パイプやアングル等を使用した。

図1は自律走行車両全体の概略図である。

図2は試作した自律走行車両の動力伝達記構図を示す。

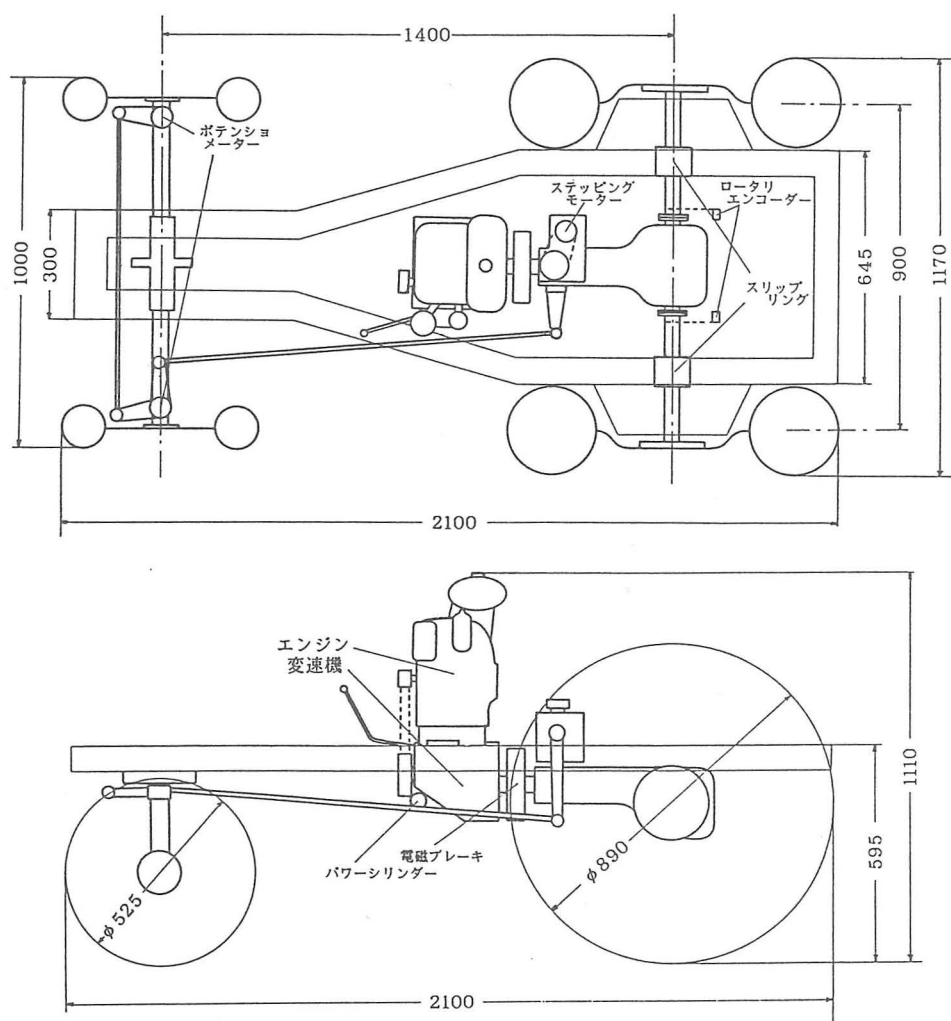


図1 自律走行車両概略図

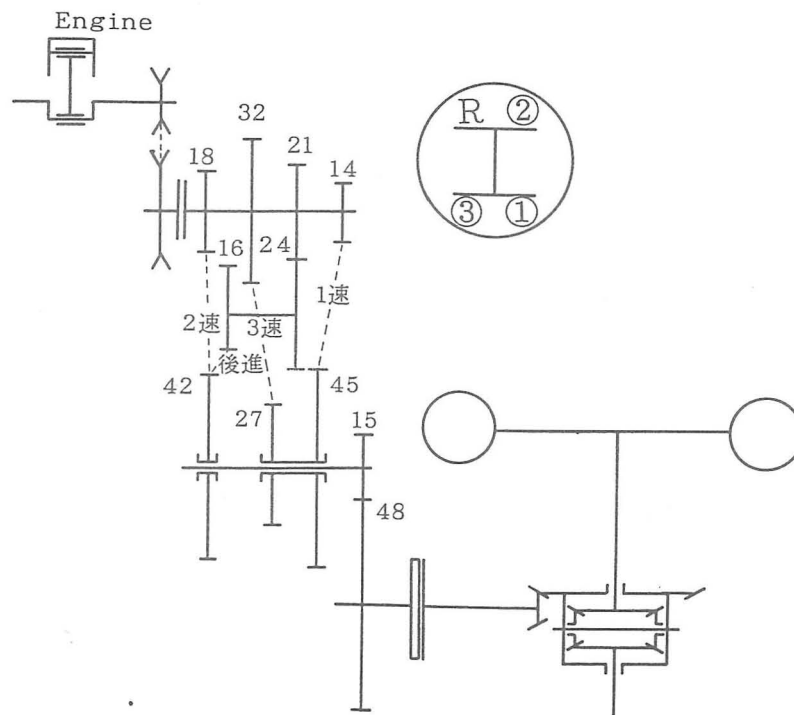


図2 動力伝達記構図

結果及び考察

試作が終わった自律走行車両の諸元は表6に示す結果となった。

表6 主要諸元

速 度	前進	0.40~1.21 m/s
	後進	0.43~0.92 m/s
車重		392 kg
重心位置 (後車軸から)		466 mm
前輪荷重 (車体のみ)		130 kgf
後輪荷重		262 kgf
トレッド		900 mm
ホイールベース		1400 mm
機関出力		3 kw
軸出力回転数 (1速)		20 r/p
最小回転半径 (前輪操舵角 35° の時)		200 cm
最大舵角		35°

車重が当初の計画からは大きく異なり約2倍の重さとなってしまった。これはストック部品の重量が予想より重くフレームもこれらに見合った強度の材料を使用した結果である。しかし、車速については1速、2速の変速と機関の回転数の調節により、前進で0.4 m/s から1.2 m/s まで任意に設定でき、農業用の自律走行車両の実験装置としては、満足のいく性能であった。

自律走行車両の試作は、今回で2機種目で最初の機体は市販されている小型トラクターに改造を加えて製作したが、機体本体の一部分にしか改造できず、アクチュエータやセンサー・計測機の取付には苦労したが今回は一部では制約があるものの自由裁量が効き、特に廃棄処分された備品を利用したことと、限られた予算での実験装置の製作には有効であり有意義である。

今回の自律走行車両製作に当たり多大な協力をいただいた、農学部附属農場農機具部若澤技官、報告書をまとめるにあたり協力いただきました車両システム工学講座野口先生、また、製作にあたり全面的にバックアップしてくれた作物生産システム工学講座高井先生、端先生、酒井先生、村上事務官に感謝しお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 田中 孝ほか7名 新版農業動力学 文永堂 1991
- 2) 農業機械学会編 新版農業機械ハンドブック コロナ社 1984
- 3) 大西 清 J I Sにもとづく機械設計製図 理工学社 1989
- 4) 株式会社椿本チェーン 椿本チェーン総合カタログ 1989
- 5) 株式会社オリエンタルモーター オリエンタルモーター総合カタログ 90～91
- 6) 三木プーリ株式会社 電磁ブレーキ・クラッチ シリーズカタログ 1990
- 7) 向野商事株式会社 向野商報 1991

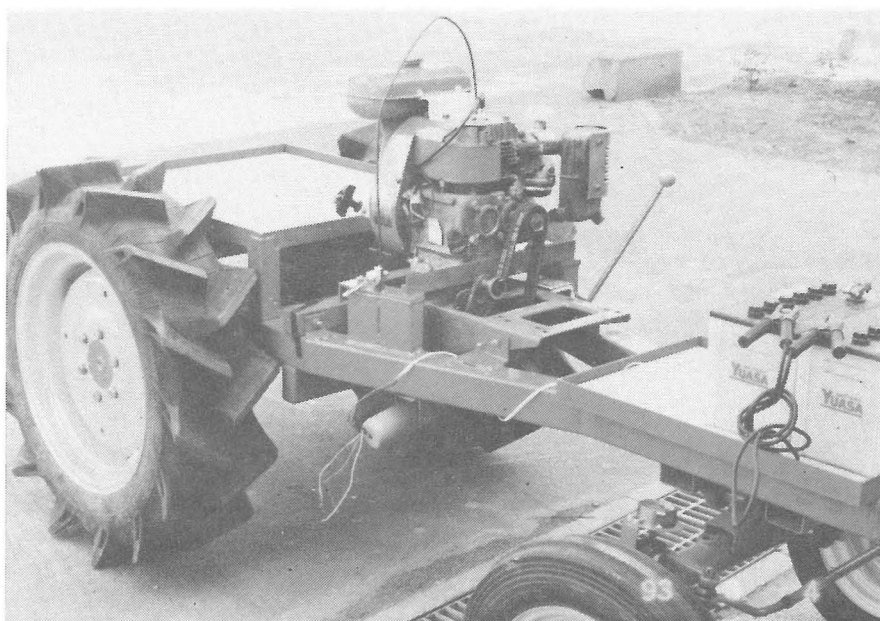


写真1 自律走行車両 エンジン部

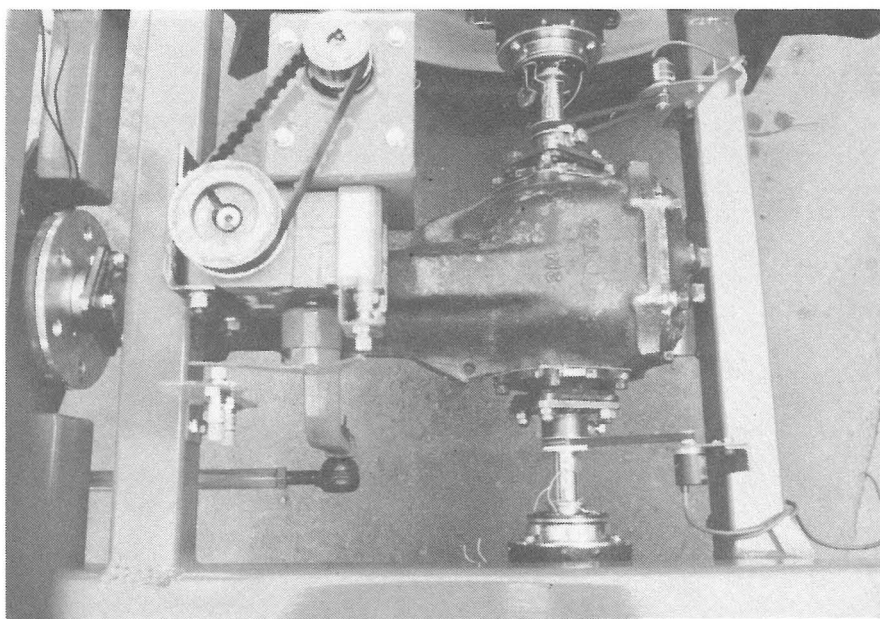


写真2 自律走行車両 ミッション部

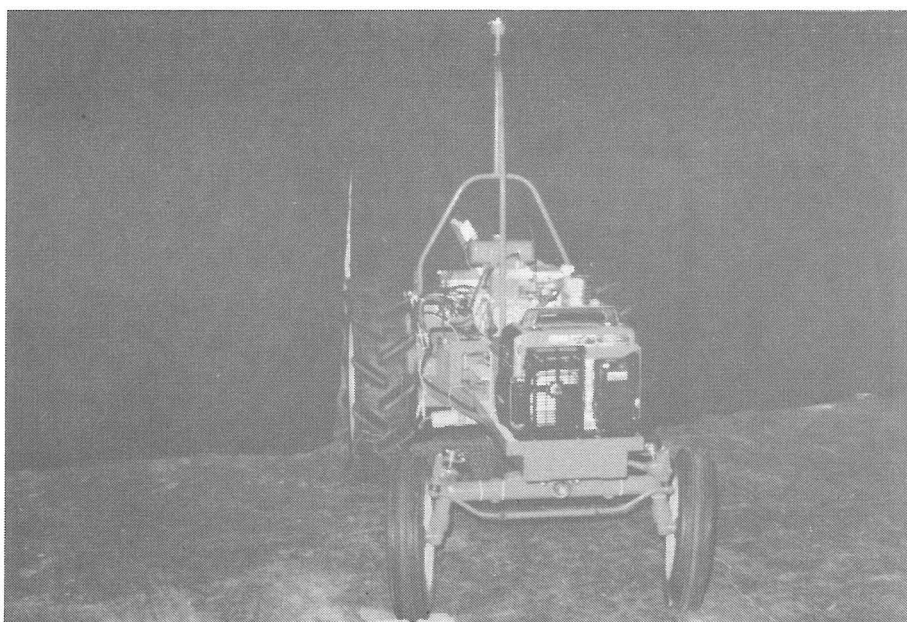


写真3 制御機器を搭載した自律走行車両（正面）

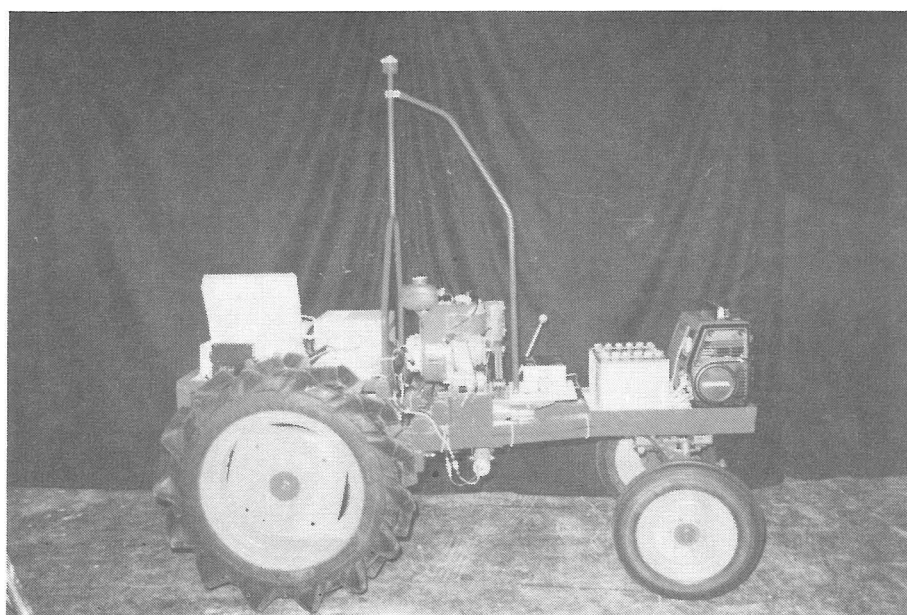


写真4 制御機器を搭載した自律走行車両（側面）