

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19580294
 研究課題名（和文）レンジエクステンダ方式ハイブリッドシステム搭載の低重心構造農作業
 車輛の開発研究
 研究課題名（英文）Development of a Range-Extender Type Hybrid System for Highly-Stable
 Farm Transport Machine

研究代表者

山下 淳 (YAMASHITA JUN)
 愛媛大学・農学部・教授
 研究者番号：40036405

研究成果の概要：

農用エンジンの排出ガス規制や燃費低減化への対応技術として、エンジンとモータの組み合わせによるレンジエクステンダ方式ハイブリッド作業車両を開発した。本車の特長は、不整地走行するため低重心構造にしたこと、伝動機構を簡略化するため車輪にホイール・イン・モータ(190W)を2個、連結するトレーラ車輪に2個、計4個（4WD）使用したことである。搭載バッテリー（容量2880Wh）のみで走行する一充電走行距離は35.4km、作業機駆動には2.8kWの作業用電力使用が可能である。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：燃費低減，排出ガス規制，ハイブリッドシステム，レンジエクステンダ方式，低重心構造農作業車両，電動作業機，ホイール・イン・モータ，バッテリー

1. 研究開始当初の背景

近年、地球環境悪化の防止策として、農業分野にも農用エンジンに対する排出ガス規制強化が及んでいる。例えば19kW以上560kW未満の公道を走行しないディーゼル特殊自動車についても「特定特殊自動車排出ガス規制に関する法律」が2006年4月に施行された。このこともあり、近年では市販トラクタや作業用車両を対象に電動化のための技術開発が盛んに行われている。例えば、エン

ジンと電動モータとの二つの動力源を備え、状況に応じて動力源を切り替えて走行するハイブリッド式農作業車両の開発が試みられている。しかしながら、電動車両のみでは一充電走行距離が短いこと、また、従来のハイブリッド方式では走行装置への動力伝達機構がエンジンとモータと別系統のため、機構の複雑さに加え、バッテリーへ電力供給するため常時エンジンを作動させなければならないという問題があった。また、この方式で

は蓄電された電力は走行モータ駆動のみの使用であり、さらにバッテリーの搭載位置が高く、重心位置が高いため、傾斜地等不整地走行での転倒が危惧されるなど解決すべき課題は数多い。これら問題解決のため開発したのが本研究のエクステンダ方式で、かつ蓄電された電力を外部出力することができるハイブリッドシステムと、これを搭載して各種電動作業機用動力車としての使用も可能にしようとする低重心構造で汎用性のある作業用車両である。

2. 研究の目的

本研究は、近年対応が迫られている農用エンジンの排出ガス規制や燃費低減化への対応技術として、また、都市近郊や大型園芸施設内外で行う機械作業時におけるエンジン騒音や排気ガスによる雰囲気汚染防止等への対応技術として、内燃機関、発電機、バッテリー、コントローラ、電圧変換機、及び電動モータから構成されるレンジエクステンダ方式ハイブリッドシステム搭載の農作業車両を開発することを目的とした。すなわち、本システムは作業車両の走行動力源としての使用のみでなく、蓄電された電力を外部出力することで各種電動作業機駆動のための電源として、さらに車体そのものもユニークなバッテリー配置により低重心化をはかり、勾配を有する不整地走行をも可能にしようとする自走式作業車両を開発するものである。

3. 研究の方法

本研究で新しく開発したハイブリッドシステム及び、これを搭載する作業用車両の具体的開発事項は次の通りである。

- (1) 航続距離を延長するため、搭載エンジンでバッテリー容量の補充を行うエクステンダ方式ハイブリッドシステムとする。
- (2) 発電機による電力と、外部電源から供給される電力とを、バッテリーに選択的に充電できるようにする。
- (3) 搭載エンジンは自動起動と手動起動の切り替えを可能とし、自動ではバッテリー電圧(28V→21V)が低下すると自動で起動するようにする。
- (4) 発電された電力を汎用電源(交流・直流)として外部出力し、各種の電動作業機駆動用として利用する。
- (5) 左右の走行車輪の間にバッテリーを入り込ませることで低重心化をはかる。

以上を開発することで、例えば園芸施設内では走行のみでなく各種の電動化作業が遂行できるようにするので、作物や作業員への排ガスによる汚染が防止できる。また、施設設置の200V電源や家庭用の100V電源など外部電源から電力供給できるようにするので走行不能に陥ることはない。一方、電源車

としての利用は都市近郊で行うエンジン騒音を防止すると共に、作業員への安全性を確保することになる。加えて、動力伝動機構がシンプルであるがゆえに故障が少なく信頼性が高いし、車両の低重心化により畝のり面など傾斜面で安定走行ができることなど多くのことが期待できる。

4. 研究成果

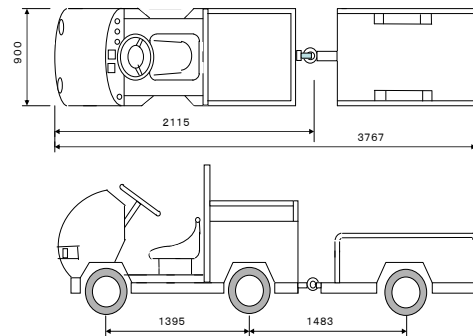


図1 開発したハイブリッド車

表1 ハイブリッド車の主要仕様

全長	2115mm	積載量	300kg
全幅	900mm	駆動方式	ホイールインモータ
全高	1007mm		2WD, 4WD
車両質量	371kg	モータ出力	190w×2、4
ホイールベース	1395mm	発電機出力	2.8KVA
フロント・トレッド*	744mm	最小旋回半径	2455mm
リア・トレッド*	654mm	転倒角	42.4°

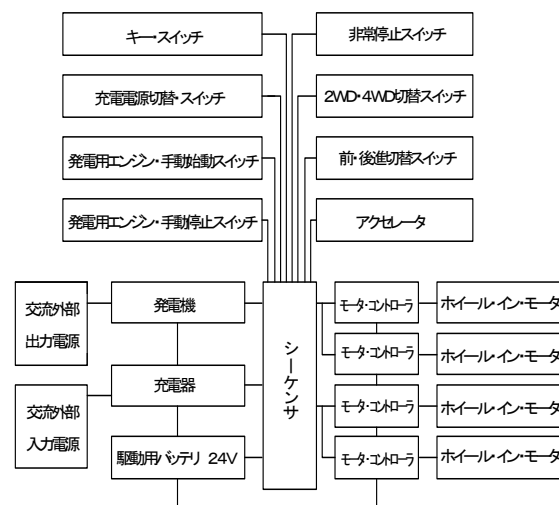


図2 ハイブリッドシステム・ブロック図

図1は、開発したハイブリッド車と作業機の一つとして試作したトレーラ車両である。

本車の特長は、機体下・左右の走行車輪の間に密閉式鉛電池(12V, 60Ah)を4個搭載したことで、転倒角 42.4° と低重心化できたこと、伝動機構を簡略化するため、車両及びトレーラの車輪にホイール・イン・モータ(190W)をそれぞれ2個、合計4個装着したことである。したがって、車両単体では2WD、トレーラを連結すれば切換えスイッチで4WDを選択・使用することができる。

開発したハイブリッドシステムに関しては、レンジエクステンダ方式とし、シーケンサによりプログラム制御・管理するようにし、次の4つの機能を搭載することとした。

(1) 走行駆動システム：これは発電機駆動用ガソリンエンジン(2.8kW)と、発電された電力を蓄電するバッテリーと、エンジン停止状態でもバッテリーの電力で走行用モータを駆動するシステムである。

(2) 自動充電システム：搭載バッテリーの充電は、発電機で発電された電力または商用電源から供給される電力とを選択できると共に、バッテリー電圧降下時には自動で発電用エンジンを始動するシステムである。

(3) 電力供給システム：これは発電機によって発電された電力を外部へ取り出して電動作業機を駆動するシステムである。

(4) 走行機能スイッチ：走行開始、前・後進切替え、モータ回転速度調整、緊急停止等を行う走行機能に関するスイッチである。

本ハイブリッド車の性能評価を次の4項目について行った。

(1) 電圧降下に伴う自動充電

バッテリーの電圧降下時(28V→21V)に自動で発電機が作動するか調査した。この実験は、室内にて車両を宙吊りにし、無負荷運転とした。通常200kg積載時には約255Wを消費する。本実験の目的は、電圧降下に伴う自動運転状況のチェックであるので、ここでは電圧降下を促進するため、自動車用電球(12V, 55W)を8個用いて440W消費させることにした。その結果、約150分後に電圧が21Vに降下すると同時に発電用エンジンが作動し、充電を開始することを確かめた。

(2) 車両単体(2WD)における走行電力

車両単体が2WDにて平坦なコンクリート路面を積載量及び車速を変えて走行したときの走行電力を調べた。車速は速いほど、積載量が大きいほど走行電力はほぼ比例して大になった。本実験の結果から、1回の充電で走行可能な距離を計算で求めた。無積載、車速 0.63m/s (2.27km/h)時の走行電力は187Wである。したがって、搭載バッテリー

(容量2880Wh)のみで走行する一充電走行距離は約35kmになる。作業機使用においては、

走行電力をバッテリーのみで供給する場合、2.8kWの作業電力が使用できるようになっている。

(3) トレーラ連結時(4WD)における走行電力

一般に機械式動力伝達機構を有する車両単体の場合、4WDは2WDに比べて動力消費は大きくなると考えられるが、本車の場合、逆に4WDで走行電力が小さくなった。本車は、車両単体で2WD、トレーラを連結して4WDとなる。したがって、駆動系がそれぞれ単独で働くため、車両はトレーラ側から押される傾向となり、結果としてトータル電力は2WDに比べて小さくなった。

(4) 旋回特性及び転倒角

車両旋回半径は2455mm、トレーラ車両では大きくなりがちな内輪差も420mmと小さくできた。作業機への電力供給を行いながら走行することを想定した補機重量割合の多い車両であり、さらにトレッドの小さい車両でありながら低重心設計した結果、転倒角は 42.4° を確保することができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 6件)

- ① Joel M.ALCARAZ, Jun.YAMASHITA Kazunobu.SATO, Development of a series hybrid-electric crawler farm transporter -Driving range, energy consumption, and drivetrain efficiency-. Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery(JSAM),71(3), 印刷中, 2009.査読有
- ② Jun.YAMASHITA, Joel M.ALCARAZ, Kazunobu.SATO, Development of a series hybrid-electric tractor-trailer combination -Driving-range and energy consumption-, Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery Kansai Branch, 105:42-45, Feb. 2009. 査読無
- ③ Joel M.ALCARAZ, Jun.YAMASHITA Kazunobu.SATO, Development of a range-extender type hybrid crawler tractor for agricultural transport. Proceedings of the 4th international symposium on machinery and mechatronics for agricultural and biosystems engineering(ISMAB), pp.PM13-18, 2008,Taichung,Taiwan,R.O.C. 査読有
- ④ Joel M.ALCARAZ, Jun.YAMASHITA Kazunobu.SATO, Seiichi Arima.

Development of a hybrid crawler tractor for agricultural transport. Journal of the Japanese Society of Agricultural machinery-Kansai Branch, 103:34-37. Feb. 2008. 査読無

- ⑤ Joel M.ALCARAZ, Jun.YAMASHITA Kazunobu.SATO, Development of a hybrid agricultural transport vehicle. Proceedings of the International Agricultural Engineering Conference, IAEC 2007, Ref 305, December 3-6, 2007, Bangkok, Thailand. 査読有
- ⑥ Joel M.ALCARAZ, Jun.YAMASHITA Kazunobu.SATO, Seiichi.Arima. Development of a hybrid tractor for greenhouse operation. Journal of the Japanese Society of Agricultural machinery- Kansai Branch,101, 44-47, Feb. 2007. 査読無

[学会発表] (計9件)

- ① Jun.YAMASHITA, Joel M.ALCARAZ, Kazunobu.SATO, Development of a series hybrid-electric tractor-trailer combination -Driving-range and energy consumption-, 農業機械学会関西支部、2008年9月19日、神戸
- ② Jun.YAMASHITA, Kazunobu.SATO, Joel M.ALCARAZ, Kiyoyama, Development of hybrid utility vehicles for agricultural farm operation, 日本農作業学会、2008年5月16日、39-40、さいたま
- ③ 佐藤員暢、山下 淳、山田貴代、Joel M.ALCARAZ、ハイブリッド作業車両の電力消費特性、日本生物環境工学会 2008年大会、2008年9月7日、164-165、愛媛
- ④ 佐藤員暢、山下 淳、緒方雅彦、山田貴代、Joel M.ALCARAZ、バッテリー試験装置の試作、日本生物環境工学会 2008年大会、2008年9月7日、166-167、愛媛
- ⑤ 山下 淳、佐藤員暢、Joel M.ALCARAZ、山田貴代、レンジエクステンダ方式ハイブリッドシステム搭載の低重心構造農作業車両の開発研究—試作車両の概要—、第67回農業機械学会年次大会、2008年3月27日、宮崎、73-74、2008.
- ⑥ Joel M.ALCARAZ, Jun.YAMASHITA Kazunobu.SATO Development of a range-extender type hybrid-electric crawler tractor for agricultural transport(Part 1)- Design, Fabrication, and Energy Efficiency-, 第67回農業機械学会年次大会、2008年3月27日、75-76、2008
- ⑦ Joel M.ALCARAZ, Jun.YAMASHITA

Kazunobu.SATO Development of a range-extender type hybrid-electric crawler tractor for agricultural transport(Part 2) -Driving-range performance and energy consumption-, 第67回農業機械学会年次大会、2008年3月27日、宮崎、77-78、2008

- ⑧ Joel M.ALCARAZ, Jun.YAMASHITA Kazunobu.SATO, Design, construction, and performance evaluation of a hybrid transport vehicle-A range-extender type crawler with engine-electric motor hybrid-, 農業環境工学会 2007年合同大会、2007年9月11日、東京
- ⑨ Joel M.ALCARAZ, Jun.YAMASHITA Kazunobu.SATO Development of a hybrid tractor for agricultural transport. 農業機械学会関西支部、2007年8月7日、愛知

[図書] (計0件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)
○取得状況 (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山下 淳 (YAMASHITA JUN)

愛媛大学・農学部・教授

研究者番号：40036405

(2) 研究分担者

有馬 誠一 (ARIMA SEIICHI)

愛媛大学・農学部・准教授

研究者番号：60335891

佐藤 員暢 (SATO KAZUNOBU)

徳島工業短期大学・自動車工学科・教授

研究者番号：60141701

(3) 連携研究者

なし