

ハイブリッド除雪機「HS1390i」の開発

Development of Hybrid HS1390i Snow Thrower

花房実美*

Jitsumi HANAFUSA

山本隆弘*

Takahiro YAMAMOTO

脇谷勉*

Tsutomu WAKITANI

乾 勉*

Tsutomu INUI

要 旨

取り扱い性、操作性の向上を基本コンセプトに一般家庭向けのハイブリッド除雪機「HS1390i」を開発した。除雪作業部はエンジンで駆動し同時に発電、走行を2モーター駆動としコンピュータ制御による走行と作業負荷に応じた速度自動制御を行うことでスムーズな走行と作業を可能とした。加えて、ハンドルを走行系フレームに装着して、操作系を定位置に置くことが可能となり、作業者の負荷を大幅に低減した。また、電気式操作系の採用により各種操作レバーの操作荷重低減をはかった。従来の除雪機に対し、除雪量当たりの燃料消費量が向上し、市場競争力の強い製品が完成した。

ABSTRACT

Honda has developed the HS1390i hybrid snow thrower for general consumer use based on the key concept of improved handling and operability. The snow clearing system is driven by an engine that simultaneously generates power for two drive motors. Computer-controlled travel motion together with automatic control of speed according to work load make for smoothness of travel motion and work alike. Operator load has been reduced significantly by mounting the driving levers on the driving system frame and placing the operating controls in a fixed location. In addition, the use of an electric operating system reduces the amount of force required to operate the various controls. With fuel consumption per volume of snow removed that is better than previous models, this product will be strongly competitive in the market.

1. はじめに

雪国で生活している人々にとって雪かき作業は重労働でつらい作業となっている。ホンダはこのつらい重労働を軽減するために、1981年にアメリカ向け家庭用小型除雪機HS35を開発し、この分野に参入した。国内では、1982年に家庭用小型除雪機HS50(5馬力クラス)を販売し、現在は世界約20カ国のお客様に使われ、累計販売は50万台を超える実績となった。

現在、国内では、ガソリンエンジン搭載除雪機(6馬力)からディーゼルエンジン搭載除雪機(25馬力)のラインアップを揃え、除雪機全体の約40%のシェアを占めるトップメーカーとして業界をリードするに至っている。

近年、地球規模での温暖化現象と言われ、積雪量が増加し、重雪(比重の高い雪)地域が拡大傾向にあり、重雪の除雪作業は、重労働となってきている。

もっと速く、楽に、簡単に終わらせたいという要望から中

型除雪機(10馬力クラス)の需要が増加傾向にある。

昨今の高齢化社会の到来と、除雪作業の人手不足など、除雪機を取り巻く環境が変化している。

このような市場のニーズに対応すべく「HS1390i」を開発したのでここに紹介する。

2. 開発のねらい

開発コンセプトは、「誰にでも楽に扱える高性能除雪機」と定めた。

具体的には、

- (1) 2モーター走行機構の採用により旋回性と微速調整を向上させ、高い取り扱い性を実現する。
 - (2) 電動化とエンジンとの連携で除雪作業の効率を向上する。
 - (3) 電気制御化で操作系の荷重低減と操作性向上する。
- をねらいとした。



Fig. 1 External view of HS1390i

3. 基本構成と主要諸元

一般に、従来の除雪機の駆動系は除雪作業部と走行部で構成される。除雪作業部は雪を破碎し中央に集めるオーガ部と集めた雪を最大20m近くまで飛ばすブローア部で構成されエンジンからベルトで駆動される。走行部は、ギア方式あるいは HST(Hydro Static Transmission)方式による変速機と雪上での走破性能と除雪作業部を雪に押し当てるためのトラクションを発生させるクローラにより構成される。

今回の HS1390i では除雪作業時、大きな出力を必要とする除雪作業部をエンジン駆動とし、デリケートな操作が必要な走行部を左右独立の2個のモータで駆動するハイブリッド駆動系で構成した。外観をFig. 1に、またハイブリッドシステムの概略図を Fig. 2 に示す。走行系をコンピュータ制御することでスムーズな走行と負荷に応じた円滑な作業が可能となり、経験を要する除雪作業を初心者にも扱いやすく行えるようにした。また、後進時に除雪部であるオーガハウジングが自動的に上昇するオーガ自動上昇機能、ハイト量の変化にかかわらずハンドル高さが一定に保たれるハイト機構、低荷重の各種操作レバー等の採用で、作業者の負担を軽減した。主要諸元を Table 1 に示す。

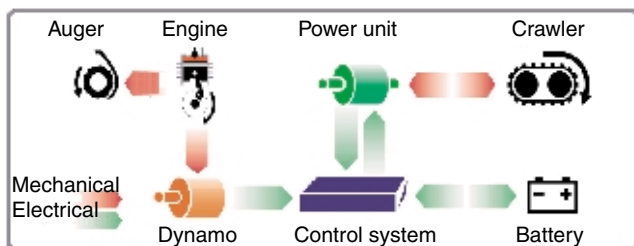


Fig. 2 Hybrid system

Table 1 Major specifications

Items		Specifications
Overall length	(mm)	1 650
Overall width	(mm)	920
Overall height	(mm)	1 350
Dry weight	(mm)	250
Engine model name		Gx350
Engine type		Air cooled, 4-stroke, single cylinder gasoline engine (OHV)
Maximum power	(kW)	9.6
Snow-clearing width	(mm)	920
Snow-clearing height	(mm)	680
Maximum Snow-clearing volume	(ton/h)	80
Drive system		Independent left and right drive motors
Speed control		Revolution feedback PWM

3.1. 走行系の構成

走行系パワーユニットは、モータ、電磁ブレーキ、減速機、ホイールシャフト、回転センサ、温度センサで構成し、動力源はバッテリー、オルタネータから電力を供給する。モータ回転を減速機で減速し、ホイールシャフトからホイールを介して、クローラを駆動している。

上記構成のパワーユニットを左右独立して2個装備している。走行系システムを Fig. 3 に、Fig. 4 にモータと減速機のレイアウトを示す。

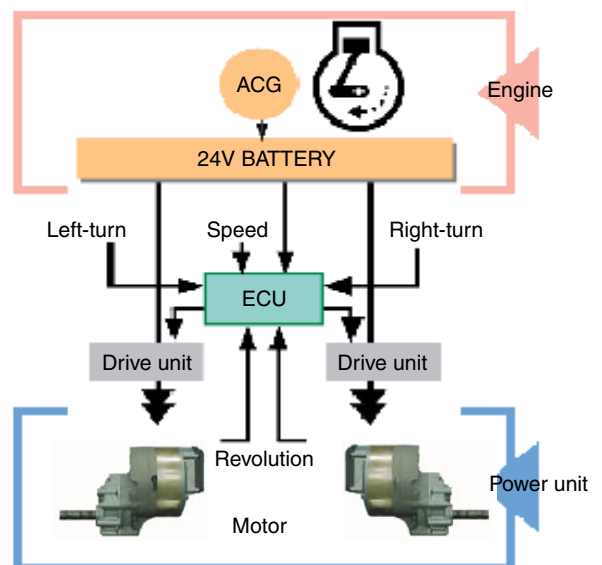


Fig. 3 Driving system

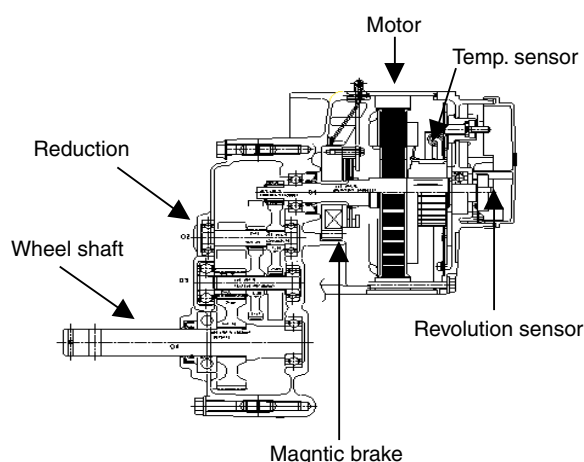


Fig. 4 Power unit layout

3.2. 作業部の構成

除雪機の作業部は、雪を破碎し中央に集めるオーガ部と集めた雪を最大20m近く先まで射出するためのブロワー部で構成されている。この部分は、作業量・除雪深さをコントロールするため、走行フレーム系に対し独立して昇降させることが要求される。

作業部はエンジン出力をダイレクトに使用するため一般的にエンジンをマウントしたフレーム系に装着される。従来機種では、走行駆動系の制約から操作系（ハンドル）もこのフレームに固定され、作業部の昇降に伴いクローラ駆動軸を支点として上下していた。HS1390i ではハンドルを走行系フレームに装着、操作系を定位置に置くことで、作業者の負担を大幅に低減している。Fig. 5に作業姿勢イメージ比較を示す。

また、作業機昇降の支点をハンドル取り付け点付近としたことで、作業部の昇降量を大幅に増加させた。Table 2に作業部昇降量とハンドル高さを示す。なお、作業部の昇降

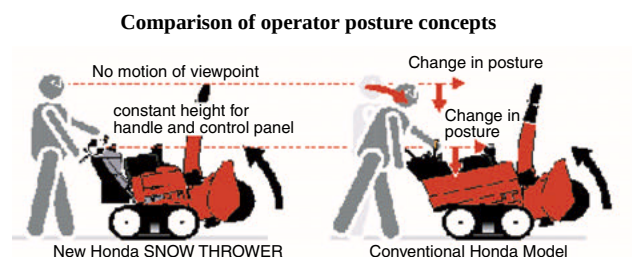


Fig. 5 Outline of figure

Table 2 Comparison of operation posture (Unit: mm)

	Lift height Auger	Handle height (Max/Min)
HS1390i	220	830/830
Conventional	125	890/620

は、操作パネル上のレバースイッチによりモータ内蔵の油圧ユニットを伸縮させて行なう。

3.3. 操作系の構成

除雪作業の操作系は、走行・除雪クラッチを作動させながら、除雪量（スピード、深さ）をコントロールし、さらに投雪方向（上下・左右）を定めると言う非常に忙しく、熟練を要する。さらに従来は、操作類の多くがロッドやワイヤ作動クラッチ機構のため、操作荷重も大きく作業者にとっては大きな負担となっていた（操作の煩雑さを解消するためのエンジン負荷連動車速制御の採用は前述の通りである）。HS1390iでは、これらの解消のため以下の2項を実施した。

3.3.1. レバーレイアウトの適正化

従来コントロールパネル上にあった旋回レバーを左右ハンドルグリップ部に設置した。又従来、副変速（2速）+HSTのためH型のゲートだった車速レバーは電動化により1速無段化で基本的にI型ゲートとした。これらによりコントロールパネル上のレイアウトの自由度が生まれシュータ・オーガコントロールレバーを含め、各コントロール類を使いやすく配置した。

Fig. 6 にレバー配置図を示す。

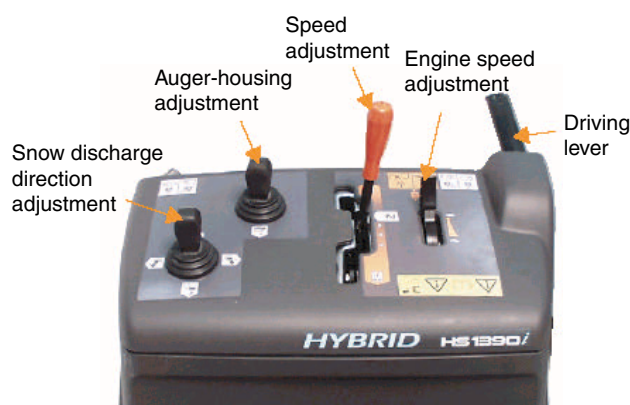


Fig. 6 Control panel

3.3.2. 操作荷重の低減

足回りの電動化により車速コントロールレバー・左右旋回レバーは電気式ボリュームに、また、作業部には電磁クラッチを採用して ON/OFF スイッチとし、走行クラッチレバーも電気式に置換でき、操作荷重をいずれも大幅に低減した。

Table 3 に各レバーの操作荷重を示す。

Table 3 Force required to operation control (Unit: N)

	Speed lever	Turn lever	Driving lever
HS1390i	11	16	15
Conventional	41	46	43

4. コンポーネント技術

4.1. モータ

偏平円盤型のモータは、一般的なモータの積厚・電機子外径比1:1に対し、1:8.75の偏平比率とした。電動四輪車いす「モンパル ML100」⁽¹⁾に搭載しているモータをベースとしている。主要諸元を Table 4 に示す。モンパル ML100に対して、巻線仕様を波巻から重ね巻、ブラシ数を2から6に増やし出力、耐久性の向上を施している。

ブラシ近傍に配置したサーミスタで温度をモニターし、モータ過熱を保護している。

電磁ブレーキをモータ出力軸に配し、モータケースは減速機ケースを兼ねた一体構造とした。

Table 4 Specifications of motor

Motor	Rated power (V/W)	24/600
	Armature (mm)	Φ140 × 16 (31 slots)
	Winding	Wave class B
Sensor	Revolution	2-phase magnetic pickup
	Temperature	Thermistor

4.2. コントロールシステム

システムは、16ビットマイコンを採用したECU(Electric Control Unit)と、左右2個の8ビットマイコンドライブレユニットで左右モータの連携コントロールを行なう。

上記走行制御以外にも、作業部とエンジン PTO 軸の動力伝達を行う電磁クラッチのON/OFF制御、スタータモータのインターロック制御、各種デバイスの制御等にECUを使い、トータルコントロールシステムを構成した。

4.2.1. ドライブユニット

FET(Field Effect Transistor)を2個並列使用したフルブリッジ構成とし、モータの正逆転と回転速度を制御している。アルミニウム製のケースで放熱フィンを構成し冷却効率を上げることでモータ出力を引き出している。ECUからの信号をインターフェースを介し8ビットマイコンで処理

しモータを PWM(Pulse Width Modulation)制御している。保護機能として、電圧監視、温度監視、電流監視機能を有し異常時には ECU に対し信号を出力する。Fig. 7 にドライブレユニットを示す。

4.2.2. ECU

(1) 走行コントロール機能 ECU は、走行車速を決定する車速レバー、旋回時に使用する左右の旋回レバーにそれぞれ電圧検出センサを設け、エンジン回転数、i コントロール(制御モードセレクト)スイッチにより走行制御モードを決定している。

Fig. 8 にコントロールユニットを、Fig. 9 にコントロールシステム図を示す。

走行速度制御は、モータ内蔵のホール IC 回転センサから回転数と回転方向をフィードバックするデジタル PI (Proportional Integral)制御を採用した。Fig. 10にスピードコントロールシステムを示す。

左右それぞれのモータからの回転信号をECUにて判定し2モータの連携制御を行なう。連携制御を分類すると、直進制御、前後進制御、旋回制御、エンジン負荷連動制御となる。

a) 直進制御 左右モータ独立の回転制御のみでは直進性が確保できない条件がある。例えば、段差上り時の重量アンバランス時、または、登坂等によるモータ過負荷時である。

上記への対応として、モータ回転数差が発生した場合に低回転側のモータ回転数に同期させる。また、登坂条件で片側モータ回転数が低下した場合には直進時の指令速度を2モータともに低下させる制御を組み込んでいる。また、車速レバーの分解能を変更、作業スピード域での微妙な速度調整を可能とした。

b) 前後進制御 除雪作業の作業形態では前後進を頻繁に繰り返す場合がある。この場合、個々のモータ制御では、モータ固有のパラツキで前後進に切換わるタイミングずれにより本機の斜行が発生する。

これに対応するため、左右モータの回転数を常に比較し、停止判定速度により前後進の切り換えタイミングを同期させる。

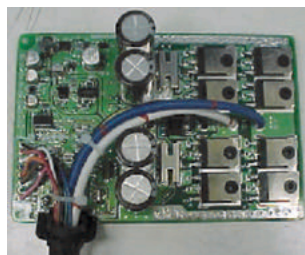


Fig. 7 Drive unit



Fig. 8 Control unit

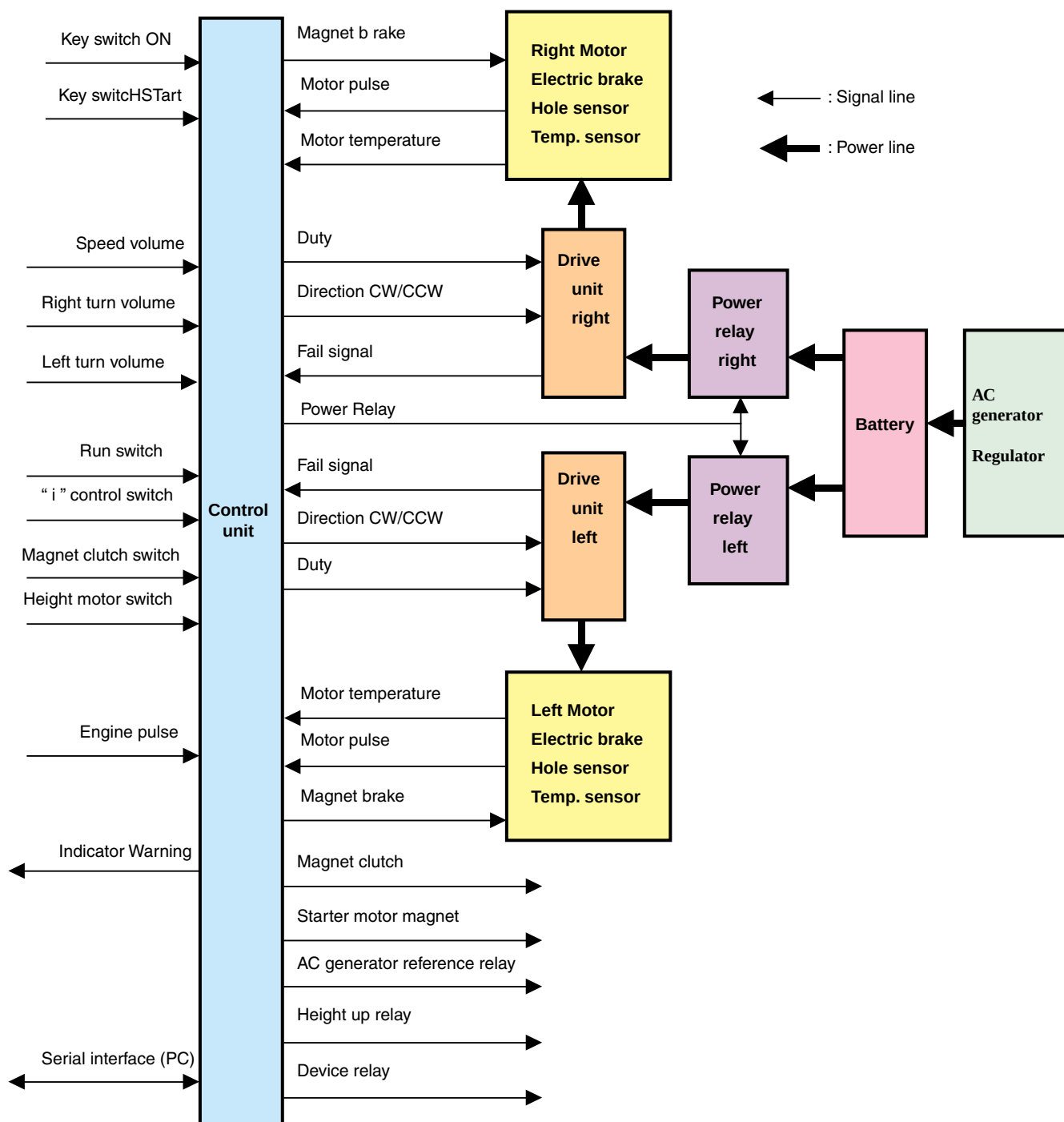


Fig. 9 Control system diagram

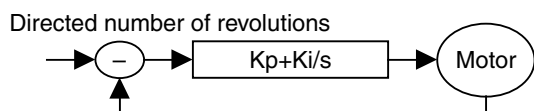


Fig. 10 Speed control system

c) 旋回制御 車速レバー、旋回レバーの握り込み量に応じて左右モータ回転数を最適に制御する。移動車速域では緩やかな旋回、作業車速域では信地旋回(ゼロターン)を可能にした。

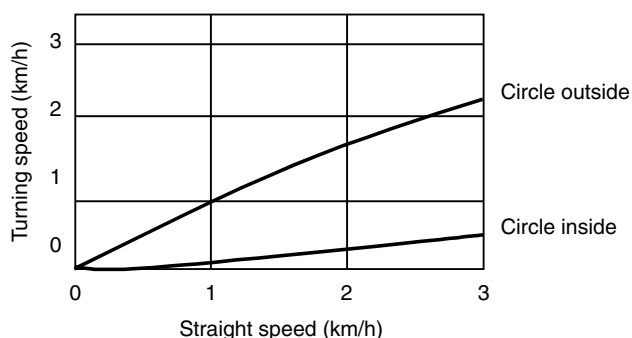


Fig. 11 Turn control

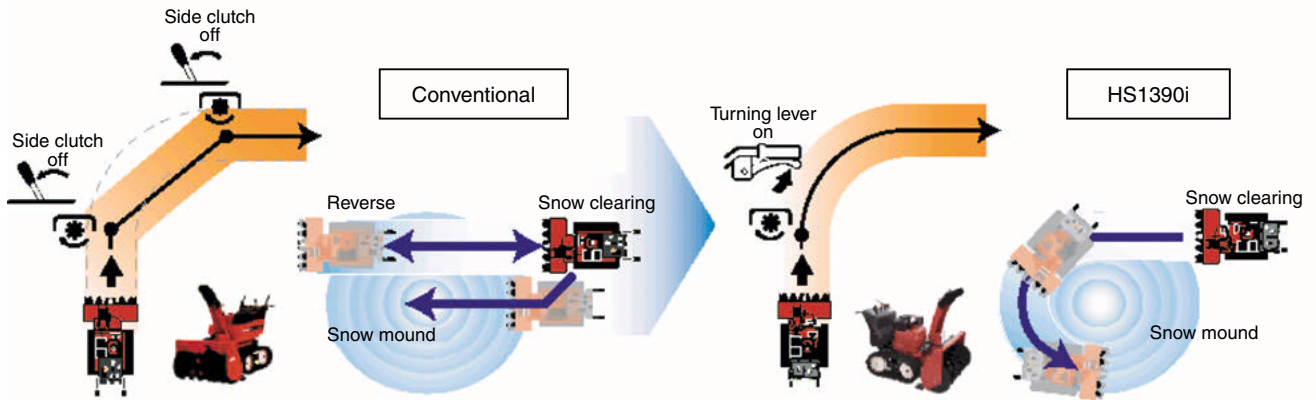


Fig. 12 Outline of turn control

Fig. 11は片側旋回レバーを握った場合の旋回外側、内側モータの車速特性を示す。車速3 km/h では旋回外側の車速を低下させることで緩やかな旋回、低速域(1 km/h以下)では旋回内側をゼロまで低下させる。

Fig. 12 は従来機との旋回比較である。

d) エンジン負荷連動車速制御 i コントロールスイッチを ON に入れて作業している場合に、エンジン回転数に連動して車速を調整する制御を行なう。具体的には、エンジン回転数に連動し設定車速の10%まで低下させる制御を有している。

この機能により、エンジンの停止やエンジン回転数の低下による作業能力の低下を抑制し大幅に作業性を向上した。

Fig. 13 に作業時エンジンセット回転数3500rpmでエンジン回転数低下時の車速低減率特性を示す。例えば、作業車速0.5km/hでエンジン回転数2400rpmまで低下した場合は車速0.05km/hとなる。

除雪作業では、Fig. 14に示すように除雪深さにより車速が自動調整され、作業者が車速レバーを操作する必要がなくなった。また、初心者が作業する場合は本機能を働かせることにより、従来モデルに比較して、作業燃費(除雪量/燃料消費量)で最大10%程度の改善が確認された。

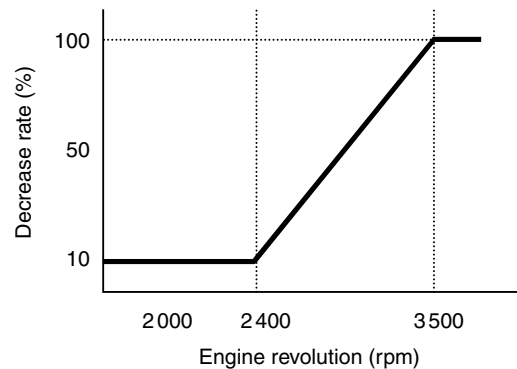


Fig. 13 Speed control

e) 駐車ブレーキ機能 走行モータのモータ軸に電磁ブレーキを内蔵する。走行中は通電開放し、走行クラッチOFF又は、車速レバーニュートラル位置にて遮断し、駐車ブレーキをかけるシーケンスとする。尚、頻繁な前後進作業時に、車速レバーがニュートラル位置を通過する場合は電磁ブレーキ作動をキャンセルすることで前後進切換がスムーズに行なえ、作業性を向上した。

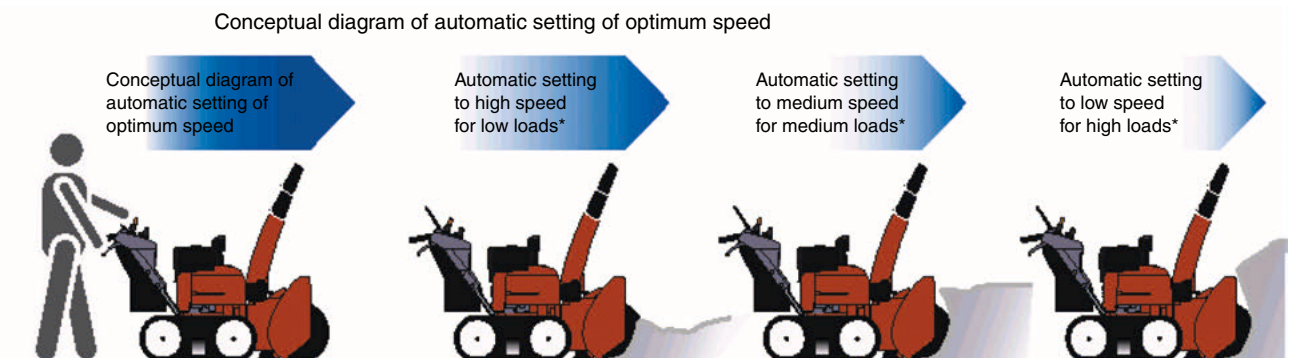


Fig. 14 Outline of speed control

(2) センサ位置補正機能 ECU は車速レバー、左右旋回レバーに装着しているセンサ電圧の初期値を取り込む機能を有している。これにより、機械的誤差を吸収した。

(3) 保護機能・故障検出機能 モータ、ドライブユニットの損傷を防止するため保護機能を設定した。保護動作は、コントロールパネルに設けた左側の赤色、オレンジ色の2色のランプで警告する。オレンジランプを点滅モードとしオペレータに警報する。保護動作時には出力ダウン、出力停止の2モードでの保護とし出力ダウン時には低速での走行

は可能である。故障発生時はコントロールパネルに設けた赤ランプを点灯、オレンジランプの点滅回数で故障箇所を表示している。Fig. 15 は操作パネルでキー ON、自己診断中のランプ全点灯状態である。

(4) スタータ・電磁クラッチ制御機能 スタートインターロックや電磁クラッチインターロックを採用し、適確で円滑な作業を提供した。ECU でそれぞれスタータマグネット、電磁クラッチの ON/OFF を制御した。

(5) ハイトモータ制御機能

a) 自動ハイト機能 作業量、除雪深さをコントロールするため、作業部を上昇下降させる油圧ハイトモータを搭載した。頻繁な上昇下降操作を補助するため、i コントロールスイッチが ON の場合は車速レバー後進において2秒間の自動上昇作動を行う機能を組み込んだ。下降操作はオペレータのマニュアル操作となる。Fig. 16 は除雪作業時操作の従来機との比較である。

b) タイマ機能 ハイトモータを長時間操作した場合の電流消費を抑えるためにタイマ機能を有した。具体的には上昇/下降スイッチの操作入力を ECU で積算するタイマとスイッチ連続操作時に停止するタイマを設定した。

(6) パソコンモニタポート 完成機出荷検査でのモータ制御出力、レバー類の電圧値を確認するポートを設定した。モータトランスミッション機構での負荷電流評価が可能となり品質向上にも貢献している。将来的にはパソコン点検ツールとしての利用方法も視野にいたれた設計とした。

Self-Diagnosis monitor

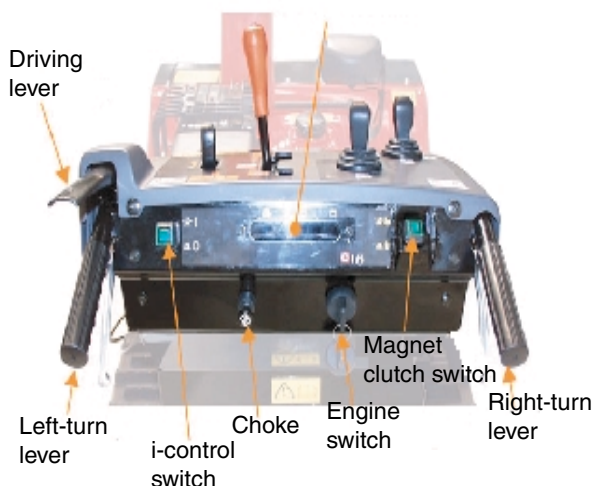


Fig. 15 Control panel

4.3. 電源システム

モータ効率を考慮し電源システムに 24V を採用し、スタータモータを始めエンジン電装補機含めた全てのデバイスの 24V 化をはかった。充電系には走行消費バランスを確保するため新設定の 24 V 系オルターネータを採用し、出力は 24V40A 仕様を設定した。

Operation mode schematic

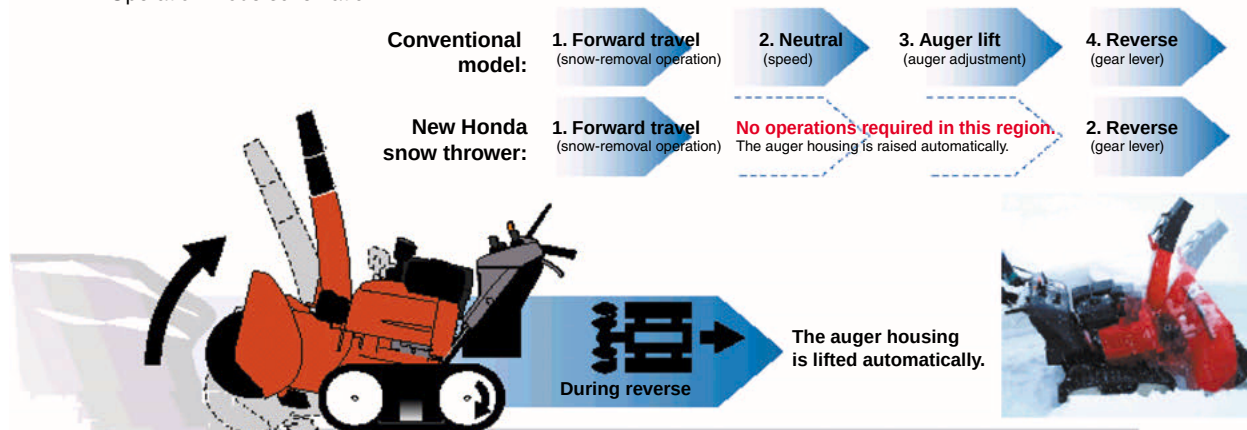


Fig. 16 Outline of HIT control

5. まとめ

エンジンからの発電で電力を供給する2モータ走行システムを搭載したハイブリッド除雪機 HS1390i の開発では、以下の内容を達成した。

- (1) 走行駆動系に2モータパワーユニットを左右独立して、それぞれに駆動用ドライブユニットを配置し、ECUで制御するコントロールシステムを確立したことにより、旋回性が向上し、微速度調整が可能となり、高い取り扱い性を達成した。
- (2) エンジン負荷と走行駆動系をコンピュータ制御することにより、除雪作業時の車速が自動調整され、作業者が車速レバーを操作する必要が少なくなり、作業者の負担を軽減し、作業燃費の改善が確認された。
- (4) オペレータポジションの改善により作業者の負担を軽減し、作業部の昇降量を増加させることにより、走破性を向上した。
- (5) 電気制御化により操作系の使いやすい配置と操作荷重低減を実現した。
- (6) 車速レバー後進で作業部を自動上昇作動させることにより操作手順が簡略化し、作業性を向上した。
- (7) ECUに各機能を監視させ、故障発生時には故障箇所を表示させ、メンテナンス性を向上した。

6. おわりに

HS1390i はお客様の使い易さと効率的作業を迫及した結果、ハイブリッドと言う、エンジン／機械とモータ／電気を融合した新しい駆動系を発想した。そこに、CPUによる自動制御を組み合わせたことにより、ハイブリッドのメリットを最大限に生かせ、より使いやすい商品とすることが出来た。又、汎用機としての新たなパワーユニットとして更なる可能性を築いたと言える。

この除雪機が雪国のお客様の負担を少しでも軽減することを願うものである。最後に本開発にあたっては、社内外の方々の多大なるご協力を頂いた。ここに心から感謝の意を表する。

参考文献

- (1) 保坂 淳, 乾 勉, 前坂 清富: 電動四輪車いす「モンパル ML100」の開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.12, No.1, p.21-26 (2000)

■ 著 者 ■



花房 実美



脇谷 勉



山本 隆弘



乾 勉