

6. 4脚クローラ式不整地移動機構の開発

○日立建機 石井 啓範

1. はじめに

掘削機械として開発されてきた油圧ショベルをベースとして、ビル等の各種解体や、産業廃棄物処理などの様々な作業に対応した特殊な作業機械が開発されてきている。さらに近年、林業分野において、倒木・造材・集材作業用に専用アタッチメント搭載した“高性能林業機械”の普及が進んでいる(写真-1)。図-1は高性能林業機械の稼働台数を表すグラフであり、1990年代からその稼働台数が着実に増加していることがわかる。これらの林業機械は山岳部での作業となるため、今後、林業機械の活動範囲をさらに広げることが求められると考えられる。しかし、既存の油圧ショベルの足回り(固定2クローラ)では不整地への対応に限界がある。また林業以外で、例えば、地震等の災害復旧作業においても、不整地路面への対応能力が求められている。そこで作業機械の適用範囲のさらなる拡大を目指し、不整地対応をターゲットとした新しい移動機構を開発することとした。

2. 4脚クローラ式不整地移動機構

不整地に対応した移動機構として、様々な方式が考えられた。そこで、各種方式に対し、不整地移動に要求される項目を用いて、比較評価を実施した。その結果、移動機構として4脚クローラ方式を採用した。開発した4脚クローラ式不整地移動機構の外観写真

を写真-2に、外形寸法図を図-2に、作業範囲図を図-3に、移動機構部の構造図を図-4にそれぞれ示す。以下、移動機構の詳細について述べる。

2.1 脚クローラ機構

移動機構のセンタフレームには、前後左右端部にそれぞれ脚ユニットが設けてある。脚ユニットとは、脚根元ブラケットから先端のクローラユニットまでの部位の総称であり、大別して、脚根元ブラケット、脚フレーム、クローラユニットから構成されている。脚ユニットは、センタフレームに対し上下揺動自在に設けられており、脚ユニットとセンタフレームを繋ぐ脚上下シリンダによって駆動する。各脚ユニットを上下に揺動することにより、上部旋回体の姿勢を変化させることが可能となる。脚上下ユニットの可動角は60[deg]であり、最大脚上げ高さは750[mm]である。その結果、前後左右約20[deg]の傾斜地においても上部旋回体の姿勢を水平に保つことができる。

脚フレームは脚根元ブラケットを中心に左右揺動自在に設けられており、脚根元ブラケットと脚フレームを繋ぐ脚左右シリンダによって駆動する。ここで、前左右脚を左(右)側に、後左右脚を同じく左(右)側に駆動することによって、本移動機構を中折れ型のステアリング姿勢とし、旋回動作を行うことができる(図-5a)。本姿勢による旋回動作では、通常の2クローラが行う左右クローラの速度差による(超)信地旋回のようにクローラを横方向に滑らせることが無いため、路



写真-1 高性能林業機械
(プロセッサ)

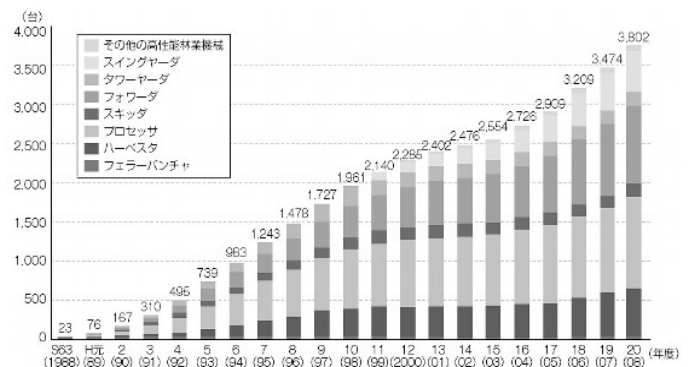


図-1 高性能林業機械の稼働数

面に与えるダメージを軽減することが可能となる。また、前後右脚を右側に、前後左脚を左側に駆動することによって、作業姿勢とすることができる(図-5b)。本姿勢では、クローラを左右外側に張り出すことによって、特に横方向の支持多角形を拡大することが可能となり、作業時の安定性の向上を図ることができる。

脚フレームの先端には、クローラユニットが設けられている。クローラユニットは脚フレームに対し受動的に揺動する構造となっており、クローラユニットの揺動に

より不整地への倣い動作を実現している。

最後に自由度について述べる(図-6)。本移動機構は各脚ユニットが上下左右の能動 2 自由度脚(J1, J2)を有し、各クローラユニットが脚フレームに対する受動1自由度(J3)と、走行用の自由度(J4)を有している。したがって、1 脚当り能動 3 自由度、受動 1 自由度となり、移動機構全体で能動 12 自由度、受動 4 自由度の構成となっている。

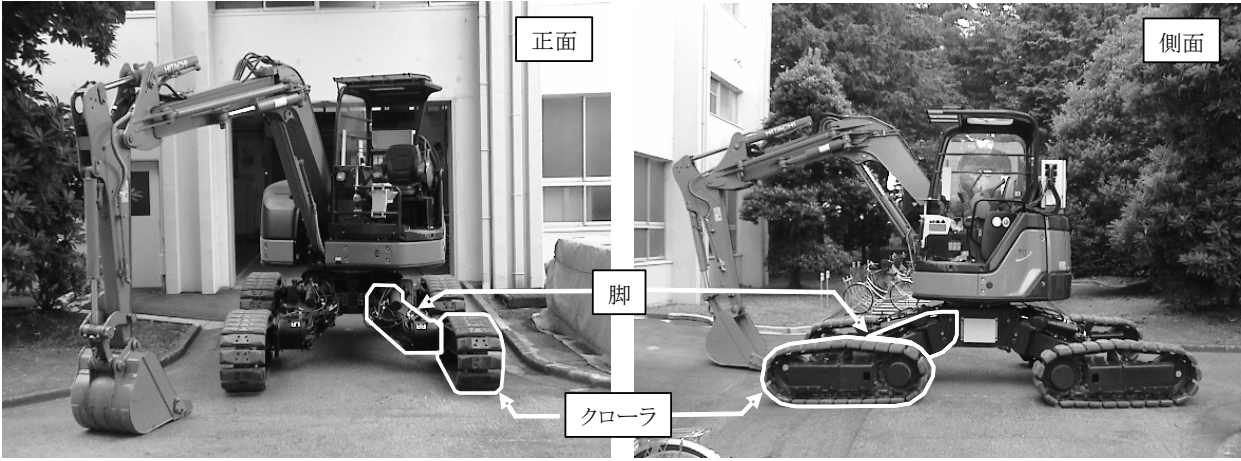


写真-2 4脚クローラ移動機構外観写真

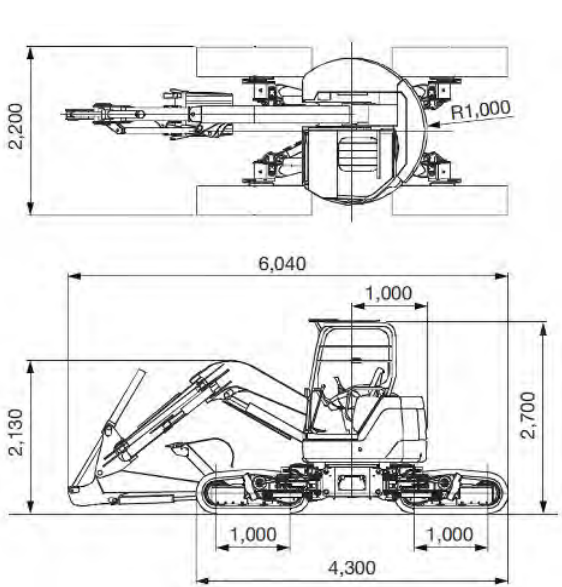


図-2 外形寸法図

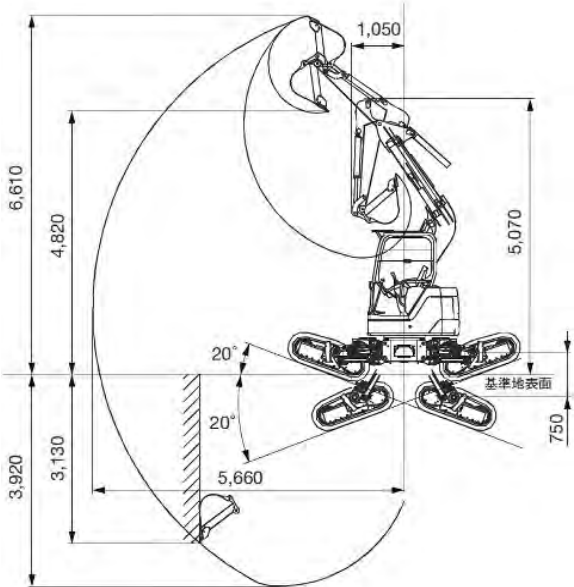


図-3 作業範囲図

2.2 全体システム

次に本機のシステム関係について説明する。図-7に本機システムの概略図を示す。

まず、本実験機のシステム全体について述べる。本機の油圧システムはロードセンシングシステムを採用している。原動機(ディーゼルエンジン)によって駆動される油圧ポンプは上部旋回体用コントロールバルブに接続され、上部旋回体用コントロールバルブには上部旋回体用のアクチュエータが接続されている。さらに、上部旋回体用コントロールバルブの出力ポートの一部が、センタジョイントを経由して移動機構用コントロールバルブに接続されている。さらに、移動機構用コントロールバルブの各セクションが移動機構用の各アクチュエータに接続されている。

また、移動機構用コントロールバルブはソレノイドによる電磁駆動方式を採用しており、この電磁弁を駆動するためのバルブ用コントローラもまた、移動機構に設けてある。本コントローラは上部旋回体からスリッピングを経由して給電されている。また、上部旋回体に移動機構の制御用コントローラを配置しており、上下のコントローラはスリッピングを介してCAN(Controller Area Network)で接続されている。上部コントローラには上部旋回体の運転席に設けてある操作装置が接続されており、操作装置からの信号を基に上部コントローラが演算した移動機構各アクチュエータの駆動信号は、CAN を経由して下部コントローラに伝達される。また、下部移動機構の姿勢角や負荷圧を計測するセンサは下部コントローラに接続されており、これらのセンサ情報は CAN を経由して上部コントローラに伝達される。

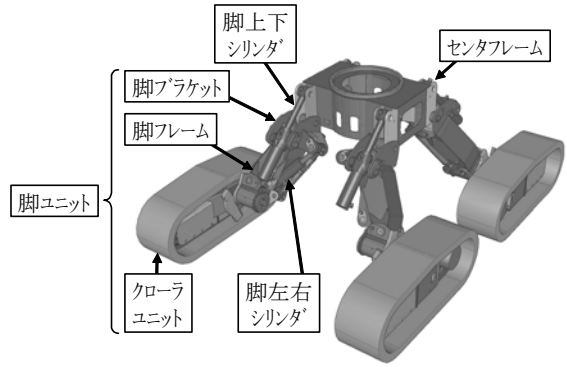


図-4 移動機構構成図

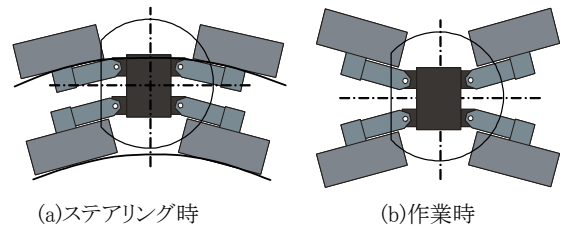


図-5 脚姿勢

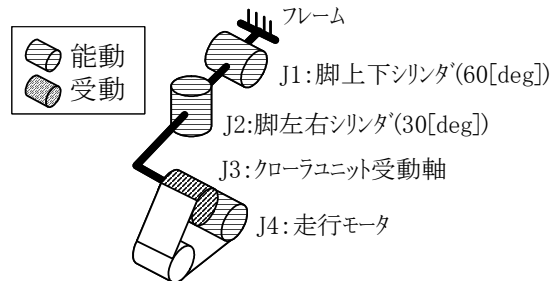


図-6 自由度配置図

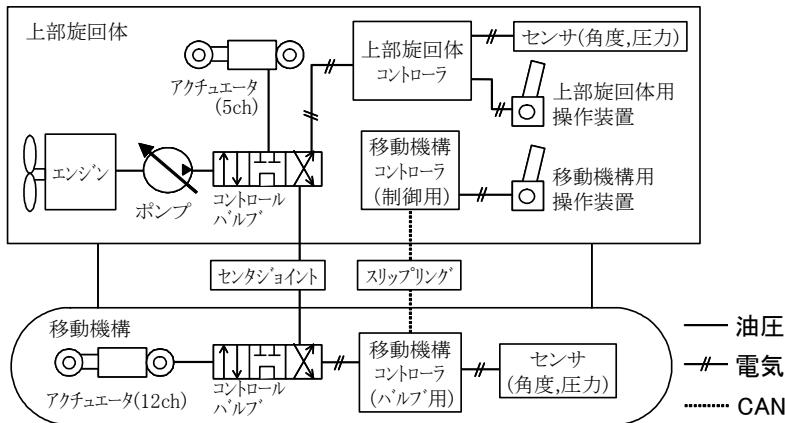


図-7 システム概略図

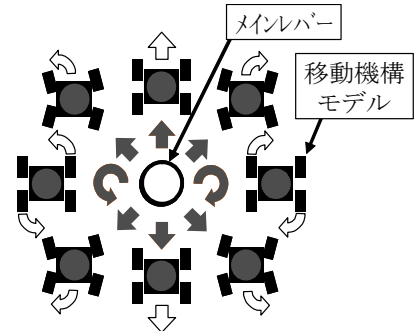


図-8 操作方式

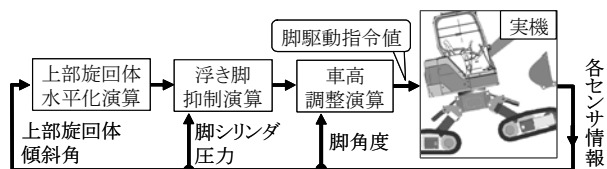


図-9 姿勢水平制御ブロック線図

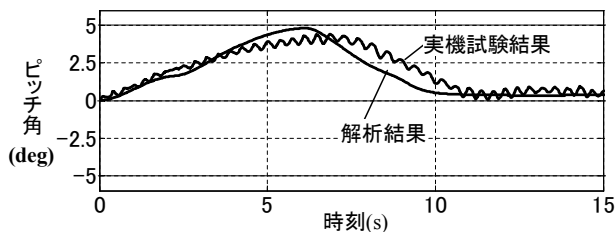


図-10 姿勢水平制御実験結果



写真-3 姿勢水平制御実験

2.3 操作装置

2.2 で述べたように、移動機構の操作装置は上部旋回体に配置された制御用コントローラに接続されている。操作装置本体は、上部旋回体の運転席内の前方部中央付近に配置している。本移動機構の操作方式は、フロントとの複合動作による瓦礫の乗越え動作等を考慮し、1本のレバーにより指示する方法としている(図-8)。3自由度のジョイスティックの前後自由度によってクローラの前後進速度を指令し、左右自由度によって脚左右シリンダのステアリング角を指し、さらに、ジョイスティック自体の回転自由度によって、左右のクローラに対し逆方向の速度指令を与える構成としている。

3. 姿勢水平制御

本機は不整地における作業を想定している。通常の油圧ショベルの場合、傾斜地等で作業を行う際に、上回りが傾斜した姿勢で作業せざるを得ず、作業性や安全性の低下に繋がっていた。そこで本機は、作業性の向上を目的として、上回りの姿勢を自動的に水平に保つ“姿勢水平制御機能”を有している。

3.1 姿勢水平制御の構成

本制御の主要な構成を図-9のブロック線図に示す。

まず上部旋回体水平化演算部にて、上部旋回体の傾斜角から上部旋回体を水平化するための各脚への駆動指令値を演算する。次に浮き脚抑制演算部にて、脚上下シリンダの圧力から判別した接地力

が弱い脚について、脚駆動指令値を調整する。さらに、車高調整制御部にて、車高を不必要に変化させないように、駆動する脚の優先順位を設け脚指令値を調整する。

3.2 実機実験

制御手法の実証実験として、上部旋回体の姿勢水平制御を実機実装し、17[deg]斜面の登坂実験を行った。

この時の機体の様子を写真-3に、上部傾斜角度の推移を図-10に示す。これらの図から、上部傾斜角に応じて脚を駆動させ、上部傾斜角を不感帯の1[deg]まで水平化していることがわかり、本制御方法の有効性を確認した。

4. おわりに

本報告では、林業や災害復旧作業等、不整地における作業を対象として開発した4脚クローラ式不整地移動機構および、考案した上部旋回体姿勢水平制御方式について述べた。

今後は実用化に向けて、実現場でのフィールドテスト等を行って行くのと同時に、本業機の開発を通して得られた技術を他の作業機械に展開し、将来の製品開発に結び付けていく予定である。

参考文献

- 1) 林野庁, 平成 21 年度森林・林業白書, (社) 全国林業改良普及協会, P16, 2010