

# 21. 油圧ショベルの動力系の電子制御

日立建機(株) 和泉 鋭 機 \*田 中 康 雄・青 柳 幸 雄

## 1. まえがき

建設機械は非常に厳しい環境の中で使用されるため、電子技術の応用が遅れている。しかし徐々に過酷な条件に耐えうる半導体、センサ等が開発されてきて、マイクロコンピュータに代表されるメカトロニクス化が始まってきた。当社では、大型油圧ショベルUH16標準機(表1)をベースに、省エネルギーと作業性向上を図ったUH16マイコンショベル(図1)を開発した。本機は、主動力源であるエンジン・油圧ポンプ系を電子化したもので、エンジンの燃料噴射量を電子ガバナを用いて制御し、更に油圧ポンプも電気油圧制御して、双方を総合的に制御したのは世界でも初めてのことである。

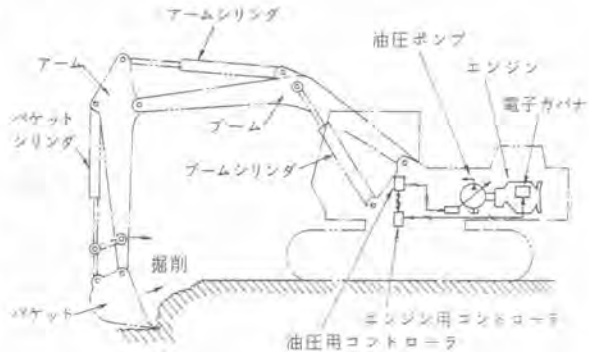


図1 マイコンショベル概念図

表1 UH16の主仕様

項目	
標準バケット容量	1.6 m <sup>3</sup>
全装備重量	41.0 t
エンジン定格出力	250 PS
最大掘削深さ	7.73 m

## 2. エンジン・油圧ポンプ系の制御

図2に主動力系の構成を示す。

まず、油圧動力源のポンプとしては、旋回専用の閉回路駆動用ポンプと、フロント・走行のアクチュエータ駆動用の2個の主ポンプを用いている。主ポンプの傾転量を制御するレギュレータには、電磁比例弁を用いており、マイコンで直接制御できるようになっている。

電子回路としては、エンジン用と油圧用の2台のコントローラを使用しており、相互にデータのやりとりをしている。いずれのコントローラにも8ビットのCPUを使用している。両コントローラの演算処理の1部を図3に示す。

エンジン用コントローラは、スロットルセンサで設定した目標回転数 $N_{r1}$ と、油圧用コントローラからの目標回転数 $N_{r2}$ との最小値を目標回転数 $N_r$ として、これと実際の出力回転数 $N_e$ との偏差量(以下では、回転数偏差 $\Delta N$ と称す)を演算し、これによって出力すべき燃料噴射量を、ついでラック位置を演算して、噴射ポンプのラック位置を最適に制御する。従って、エンジンの出力は図3のAの様になる。ここで、回転数偏差を同図に示すように、最大燃料噴射量となる状態を $\Delta N=0$ とすると、エンジンの制御は次のように表現できる。即ち、エンジンにかかる負荷が小さい時には $\Delta N>0$ であり(図

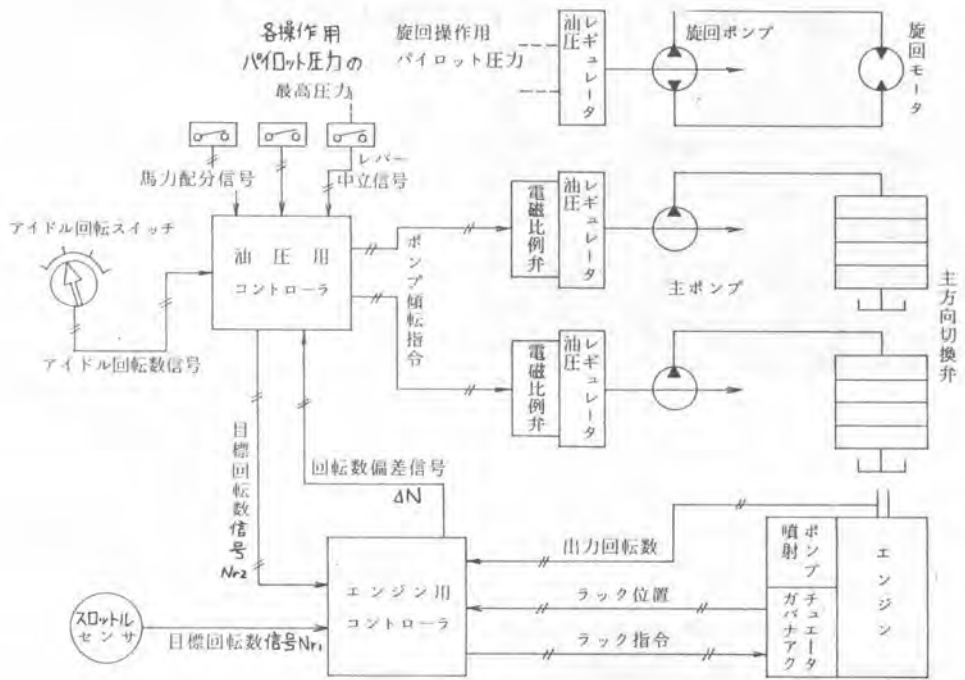


図2 エンジン・油圧ポンプ系の構成

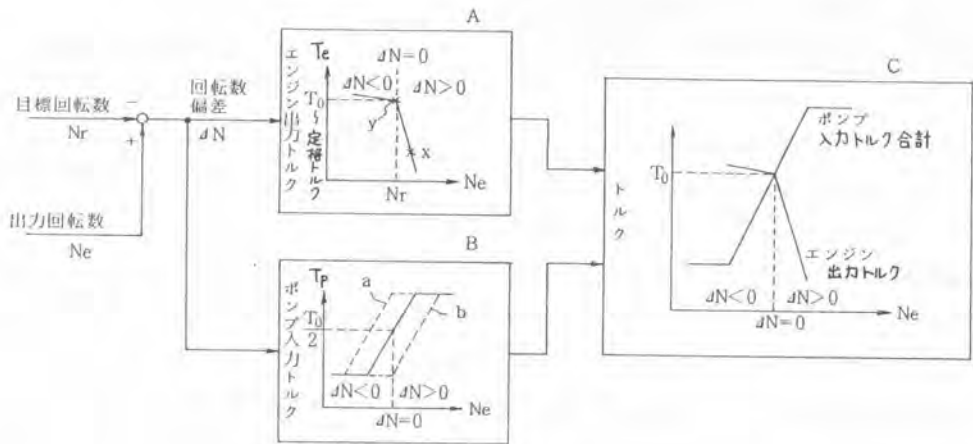


図3 制御ブロック図

中 x) , この状態から主ポンプの負荷を上げていくと、負荷の増大とともにエンジン回転数が低下し、回転数偏差  $\Delta N$  が減少する。そこで、燃料噴射量を増加し、エンジン出力を増加させるが、最大噴射量に達した (y 点;  $\Delta N=0$ ) 後は、エンジン出力を増加させることはできないので、更に大きい負荷がかかるとエンジンは停止に至る。従って、回転数偏差  $\Delta N$  は、エンジンの負荷状態を示す量であること、また  $\Delta N=0$  の状態は、エンジンの出力できる限界であることが判る。そこで、油圧用コントロ

ーは、この回転数偏差を入力信号としてポンプの傾転量を最適に制御することができる。以上の電子制御により、下記の機能追加、性能向上がなされた。

### 2.1 回転数偏差検出方式全馬力制御

油圧用コントローラでは、前述の回転数偏差  $\Delta N$  を演算処理し、電磁比例弁を制御して図3のBに示したように、油圧ポンプの出力を制御する。従って、エンジンと油圧ポンプの出力特性は同図Cのようになる。即ち、エンジン出力に余裕のある場合 ( $\Delta N > 0$ ) には油圧ポンプの入力を上げるように、エンジンが過負荷状態にあるときは ( $\Delta N < 0$ ) 油圧ポンプの入力を下げるように制御するので、重負荷時にはエンジン出力の最大限まで有効利用できることになる。この様に、エンジンと油圧ポンプとを同一の負荷信号で関連させて制御するので、機器のばらつきに関係なく正確な馬力制御ができる。

また、図2に示したように、旋回系に閉回路を採用しているので、旋回制動時には油圧ポンプによってエンジンが駆動されることになり動力回収が可能である。応答波形例を図4に示す。これは、旋回制動時にアームを操作した例であるが、点線で示した通常の場合と比較してポンプ吐出圧力やアクチュエータの動きは全く同じであるが、燃料噴射量が減少している。これは、

回転数偏差検出方式全馬力制御によって、旋回制動時のエネルギーがアーム等の他のアクチュエータに利用できることを示している。

### 2.2 馬力配分制御

従来の馬力制御では2台の主ポンプの出力馬力は等配分であったが、電子制御により各アクチュエータに最適な割合で馬力配分することが可能となった。例えば図1に示すようにアームとバケットを同時に操作して掘削動作をする場合には、アームとバケットのアクチュエータ容量の差のために、馬力を等配分したのではバケットが早く回転してしまう。そこでレバー操作信号から馬力配分信号を得て、この信号によって図3のBに示すようにアーム側にはa、バケット側にはbの特性で油圧ポンプ出力を制御することにより最適な掘削動作をすることができる。

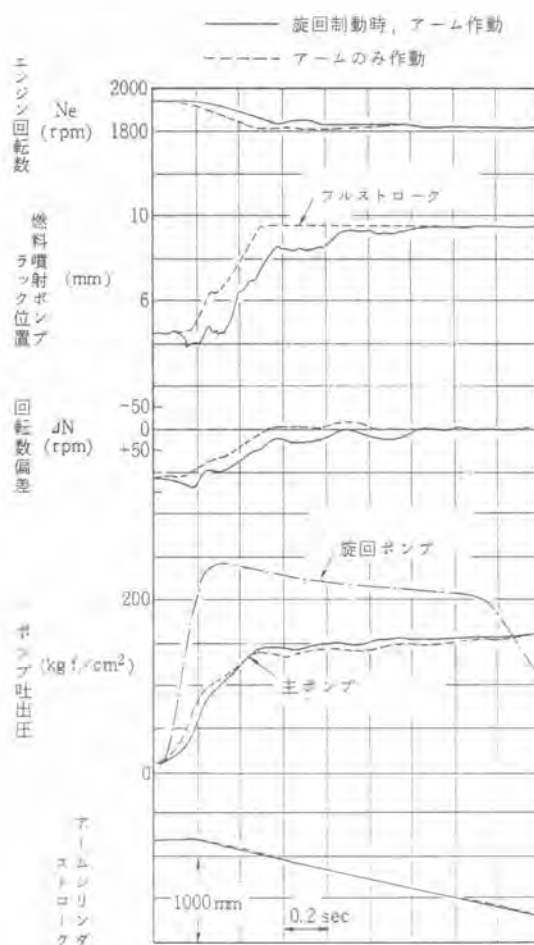


図4 動力回収の応答波形例

### 2.3 電子アイドル制御

操作レバーが中立の時、即ち油圧ショベルが作動していない場合、エンジン出力は小さくてよい。このため、レバーの中立を検出し自動的にエンジン回転数を低速にする電子アイドル制御を採用し、省エネルギーを図っている。作動を説明する。油圧用コントローラにレバー中立信号が入ると、所定の時間を経過した後、目標回転数 $N_{r2}$ を、目標回転数 $N_{r1}$ からアイドル回転数まで徐々に下げて、エンジン用コントローラに出力する。従ってエンジンは低速で駆動される。この状態でレバーを操作すると、目標回転数 $N_{r2}$ は、ただちに目標回転数 $N_{r1}$ (高速)に復帰する。この時回転数偏差検出方式全馬力制御を行なっているため、油圧ポンプの出力を適度に下げておいてエンジンを加速するため、エンジンの回転数上昇が早く、また黒煙を排気したりすることもない。図5に示すようにアイドル回転数から、0.3 ~ 0.7 secで定格回転数まで上昇しており、遅れを感じることはない。一方、本方式の全馬力制御を行なわないでアイドル制御を行なうと、油圧ポンプに大きい負荷がかかった状態でエンジンを加速するので3~5 secの遅れを生じて操作感覚が悪くなり、作業性も低下する。

### 2.4 エンジンの保護

エンジンの電子制御により、冷却水温+エンジン油温+ブースト圧が異常の場合には自動的に低速回転数に落とし、エンジンを保護するシステムが組み込まれている。

### 2.5 故障診断機能

万一、故障が生じた場合には、故障箇所をモニタランプの点滅間隔と回数による信号で明らかにし、ダウンタイムを少なくして、稼働率を向上するシステムが組み込まれている。

以上述べた諸制御により、作業量が増え、燃料消費量を節約できる。ユーザテストの結果では、ロングランでの燃料消費量が標準機に比べて約15%節減でき、ユーザに高く評価されている。

### 3. おわりに

当社で開発した動力系の電子制御について報告したが、建設機械のメカトロニクス化は未だ緒にいたばかりであり、今後様々な方面へ多様化して発展していくと考えられる。何よりもユーザニーズにあった開発が肝要であり、なお一層ユーザの御指導をお願いするものである。

- 1) 参考文献 M.Wakabayashi 他2名, SAE paper, No.340510, (1984)

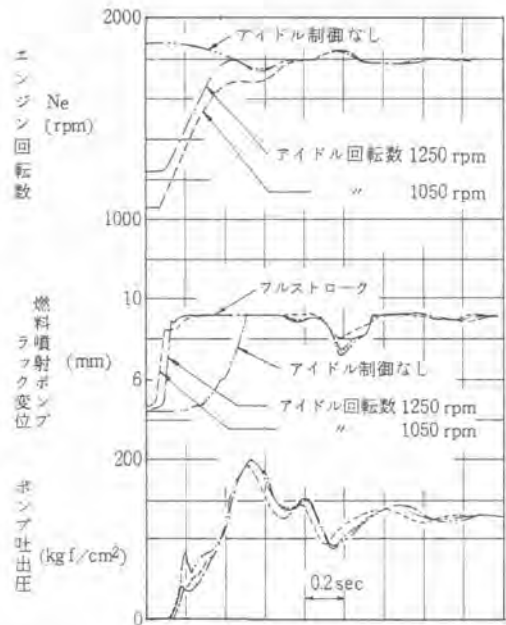


図5 電子アイドル制御の応答波形例