

## 8. 比例制御による

### ラジコンパワーショベルPC200R-2の開発

建設省北陸地方建設局 杉山 篤

(株)小松製作所 \*矢頭徳弘・浅山芳夫・本多 茂

#### 1. まえがき

小松ラジコンパワーショベルPC200R-2は、急峻な現場や作業条件が悪い場所の多い立山連峰の土石流防止用の砂防ダム工事の推進を図るため、建設省北陸地方建設局と共同開発し立山砂防工事事務所に導入した。

現在、転落、落石などの危険を伴う現場や、高温多湿、有害ガスなどの悪環境下での油圧パワーショベル運転が増加しており、このためオペレータの安全性確保、あるいは作業環境改善の立場からラジコンパワーショベルの需要は、今後増大して行くと考えられる。



写真1 バケット作業

写真1 バケット作業



写真2 ブレーカ作業

写真2 ブレーカ作業

#### 2. ラジコンパワーショベルの制御方式

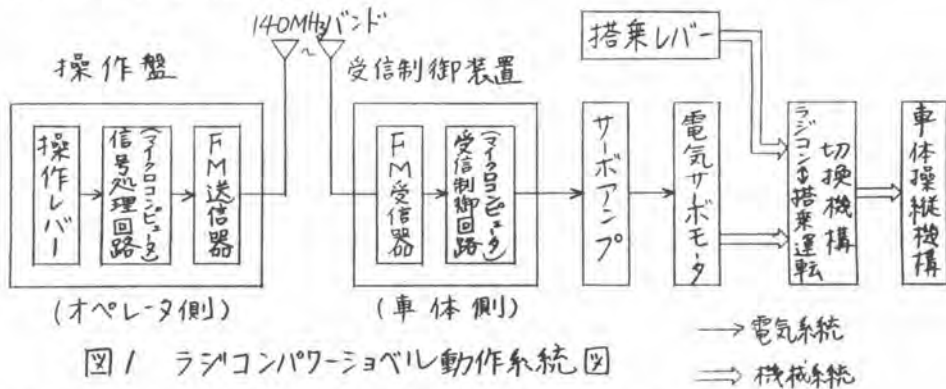


図1 ラジコンパワーショベル動作系統図

ラジコンパワーショベルは図1のような構成となっている。すなわち

- (1) 操作盤の操作レバーの動作指令信号がマイクロコンピュータで処理され、FM送信器から送り出される。
- (2) 受信制御装置では、FM受信器が動作指令信号を受け、マイクロコンピュータで処理され、サーボアンプに送られる。

(3) サーボアンプは、動作指令信号を増幅し、それを電気サーボモータに送る。

(4) 電気サーボモータは、ラジコン⇄搭乗運転切換機構と連結しており、ラジコン側に切換わると、電気サーボモータの動きが車体操縦機構に伝わる。

ゆえに動作指令信号どおりにパワーショベルをラジコン運転することができる。一方、搭乗レバー⇄ラジコン⇄搭乗運転切換機構と連結しており、搭乗運転側に切換わると、ラジコン装置と無関係にスタンダード車と同等の搭乗運転ができる。

尚、電気サーボモータは8個装着されていて、その制御内容は次のとおりである。

- (1) ブーム High Speed (2) ブーム Low Speed (3) アーム (4) バケット (5) 旋回
- (6) 右走行 (7) 左走行 (8) エンジンスロットル

### 3. ラジコンパワーショベルの概要

#### 3-1 主任様

ラジコンパワーショベルは、市場で実績の高い、小松PC200-2をベースマシンとしてラジコン装置を付加したものであり、その主要諸元を表1に示す。

本機は、作業機、走行、エンジンスロットル操作の全てにわたり、搭乗運転と同等の操作ができる。また、バケット自動水平保持機構や車体傾斜検出、エンジン異常検出などの安全機能も十分織り込んである。その他、アタッチメントとしてラジコン操作可能なブレーカも用意されている。

#### (1) 車両

運転整備重量	19,100kg(バケット装着時)
バケット容量	0.7m <sup>3</sup>
エンジン出力	108PS
回転数	2,150rpm
走行速度(平坦地)	3.7km/h
全長	9,250mm
全高	3,532mm
全幅	2,790mm

#### (2) ラジコン装置

使用電波	無許可微弱電波
周波数	141.92MHz
変調方式	FM変調
伝送方式	FSKデジタル直列伝送
制御有効距離	100m(見通し区間にて)
操作盤重量	3kg
操作盤使用時間	連続8h

表1 主要諸元

#### 3-2 操作盤の概要

操作盤は、オペレータの操作指令を電気信号に変換し無線で車体側に送り出す装置で、携帯容易なように小形、軽量化をはかっている。電源は充電可能なNi-Cdバッテリーを使用しているが、徹底した回路の低消費電力設計により、8時間以上の連続使用が可能である。

操作は上面パネルに取付けられた、レバースイッチ、ボリウム、トグルスイッチで行なうが、搭乗操作と同様な感覚で操作できる様に、車体の作業機の操作パターンと同一にしてある。また操作しやすい様に、作業機と走行のレバースイッチを共用するなどパネル面をシンプルにする工夫を行なっている。

信号処理回路は、マイプロコンピュータを中心に構成され、操作指令信号は、操作盤内のFM送信器によって、無許可で使用できる140MHz帯のFM微弱電波に変換されて操作盤前方のアンテナから送信される。

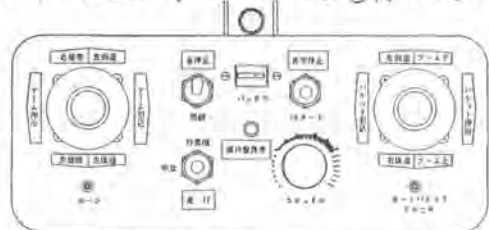


図2 操作盤

#### 4. 特長および機能

##### 4-1 モニタリングシステム

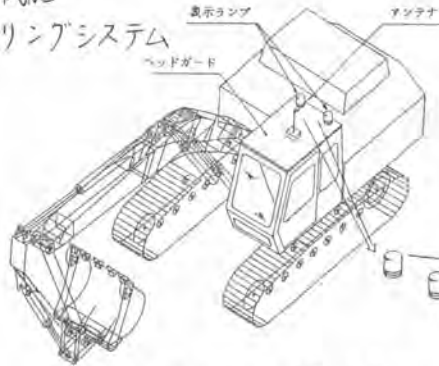


図3 モニタリングシステム

図3の様に、キャビン屋上の二個のランプで作業機の負荷状態、車両の異常がわかる。

##### 4-2 安全システム(フェイルセーフシステム)

以下の状況下ではエンジン停止し、油圧回路を中立にする。

- (1) 妨害電波や雑音などにより乱調が生じた時
- (2) 車体の制御範囲外に出た時
- (3) 電気回路に不具合が生じた時
- (4) オペレータが転倒した時
- (5) 緊急時に操作盤の非常停止スイッチをONにした時

##### 4-3 車に乗っているが如き操作感覚

アクチュエータに電気サーボモータを使用し、図4の様に比例制御を行なっているので、思い通りの複合動作が可能であり、掘削精度は搭乗運転と同等。またタイムラグもほとんど無い。

##### 4-4 ラジコンや搭乗運転ワンタッチ切換機構

(1) 図5の様にスロットルレバー兼用の切換えレバーを容易にラジコンや搭乗運転の切換えができる。

(2) 独自の切換機構により、ラジコン装置と無関係にスタンダード車と同等に操作できる。図6の作動原理を以下に説明する。

(a) ラジコン時には、油圧シリンダーで、電気サーボモータのロックを解除すると同時に、ラジコンレバーをロックする。この状態で動作指令(レバーを引っかく)によって動く電気サーボモータの動きを操作弁に伝達することができる。

(b) 搭乗運転時には、油圧シリンダーでレバーのロックを解除すると同時に、電気サーボモータをロックする。この状態でレバーの動きを操作弁に伝達することができる。

#### 1. 車に乗っているが如き操作感覚

##### (1) モニタリングシステム

① 負荷の状態がランプの点滅間隔でわかる。

負荷の状態	無負荷	刃先接地	過正負荷	過負荷
ランプ	点滅間隔小			点滅間隔大

② 車両の異常がランプ及びホーンでわかる。

異常の種類	異常の発生	表示
前後・左右どちらでも17°以上傾き	エンジン水温102℃以上 エンジン油圧0.5kg/cm <sup>2</sup> 以下	赤点滅 赤点灯
エンジン異常の発生がスローアクト	又異常時、エンジン、走行、旋回、作業機が停止する。	ピー、ピー

③ ラジコン装置の異常がスローアクト

又異常時、エンジン、走行、旋回、作業機が停止する。

ラジコン装置の異常	電機切れ	操作盤の故障
ホーン	赤点灯	赤点灯
エンジン	停止	停止
作業機走行旋回	停止	停止

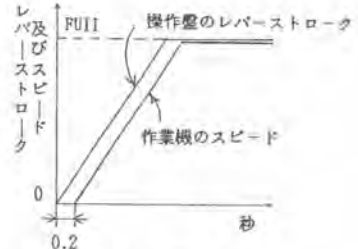


図4 比例制御



図5 ラジコンや搭乗運転の切換えレバー

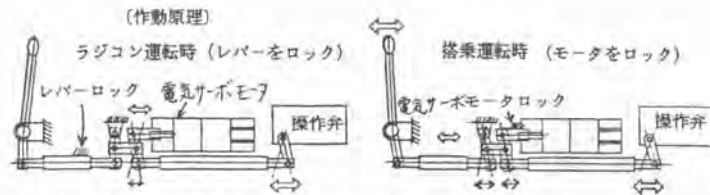


図6 ラジコンや搭乗運転切換機構

#### 4-5 水平保持機能の自動化

図7の様に、バケットを水平に保つたまぶーム、アーム、旋回の操作をすることができるバケット自動水平保持機能がある。これはブーム、アーム、バケットの各ピンに角度検出用のポテンシオメータを装着しており、受信器がこの信号を演算処理している。

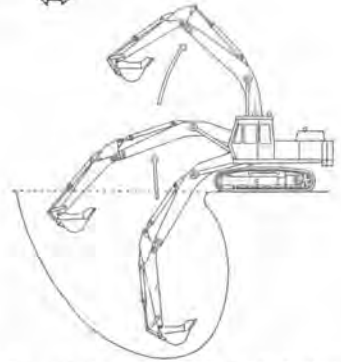


図7 バケット自動水平保持機能

#### 4-6 トラブルシューティングが容易

チェッカーを使用して操作盤、受信器、サーボアンプなどのトラブルシューティングが容易にできる。

#### 4-7 ブレーカ作業もラジコンが可能

小松KBH100-1油圧ブレーカが装備されており、搭乗運転、ラジコン運転とも可能である。

#### 5. 性能テスト結果

ラジコン操作は、電気ターボモータの採用によりファインコントロール性が良く、応答性も問題なく搭乗運転と遜色なく操作できた。

また、ラジコン操作時の制御距離は、ブームの陰にはらなければ100mであり、トラップのホーンなどの異常電波の影響も受けない。

また、ラジコン操作は、搭乗運転と比較して作業量(ダンプ積込み)で若干の減となったが、掘削溝を見るような工夫をしたり、ラジコンによる操作慣れで解消できると思う。

#### 6. あとがき

※上、本機の概略を述べたが、ラジコンパワーショベルの今後の活用方法としてつぎの二つが考えられる。

(1) 危険な現場や劣悪環境などで使用する。(図8参照)

(2) 一人のオペレータが数台のパワーショベルを同時に操作するマルチコントロールに使用する。

このマルチコントロールを十分に発揮するためには、掘削・積込作業や法面作業の自動化技術と確立する必要があり、今後も関係各位のご指導ご協力を得て、研究を進めてゆく所存であります。

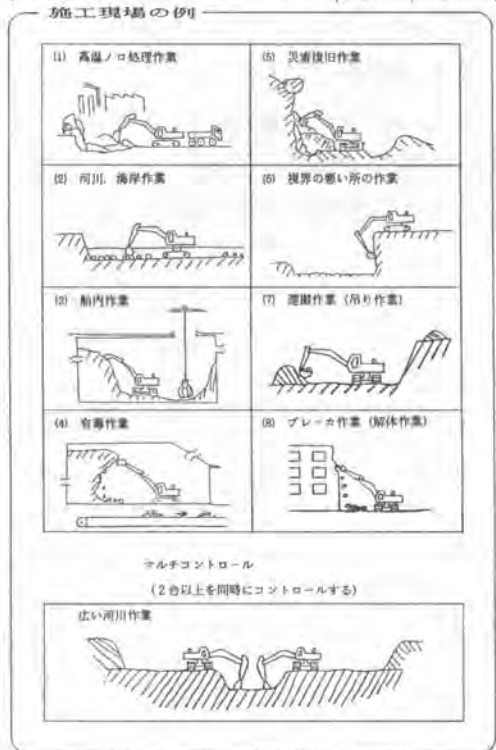


図8 施工現場の例