

大型油圧ショベル用モニタ

高橋 豊

建設機械用モニタの多くがカラー液晶ディスプレイを使用したものになり、燃料残量計や水温計などの表示だけでなく後方カメラ映像も表示できる多機能タイプになったが、機械に何か異常が発生したときには故障診断ツールを接続して故障箇所を探すことが一般的である。ここでは故障診断ツールを組み込んだ車載モニタを紹介する。

キーワード：建設機械、油圧ショベル、モニタ、故障診断

1. はじめに

土木・採石・鉱山などでは土砂、岩石の掘削および積込作業に油圧ショベルが数多く利用されている。掘削・積込・均しなど多くの作業を1台でこなすことができる油圧ショベルは便利な機械であるが、環境性能向上と作業性能向上を両立するためエンジン、油圧の制御は複雑になってきている。エンジンは排ガス規制をクリアするため電子ガバナを搭載したディーゼルエンジンが主流である。エンジン制御の電子化が始まった初期の頃、制御情報はブラックボックスと化し、エンジンコントロールユニットが出力する故障情報は赤と緑のLEDの点滅や故障コードと呼ばれる英数字の表示のように専用の辞書がなければ解読できないものが多かった。専用の故障診断ツールの開発が進み、メンテナンススタッフによる故障診断は容易になった



図-1 鉱山で稼働する大型油圧ショベル

が、専用の故障診断ツールをもたないオペレータにとっては相変わらず故障箇所を見つけることは困難であった。作業中に機械のモニタに警報が出たときに迅速な対処ができるようにするため、オペレータが確認できる車載型の故障診断装置が求められていた。

2. 予防保全のためのモニタリングと故障診断

大型油圧ショベルに搭載されるモニタに故障診断機能が必要になった背景には、大型油圧ショベルが稼働する環境が関連する。石炭、金、銅、鉄などを採掘する大規模鉱山で稼働する運転質量190t以上の大型ショベルの多くは、1日20時間以上稼働し、運転手の交代と燃料、油脂類の補給および鉱山の非稼働日以外は機械が止まることがない。採掘現場は地下数百メートルの深さのすり鉢の底であったり、海拔数千メートルの高地であったりする。広大な鉱山では、鉱山入口の事務所から良く整備された広い鉱山内道路を四輪駆動のオフロード車で20分以上走った先が採掘現場というところも珍しくない。稼働時間は月間500時間、年間6,000時間。大型油圧ショベルを長時間連続稼働させるには、機器に不具合が発生しないようにする予防保全とそのための機器のモニタリングが必要となる。

(1) 電気・電子部品の信頼性確保

モニタリングを行う上で、電気・電子部品が正常に機能し、センサ情報が正しく伝わることが重要である。鉱山という粉塵と振動が多い環境の中で電子機器の耐久性と信頼性を確保するために、コントロールユニット

ト自体の耐久性とケーブル接続方法の確立を図った。

大型油圧ショベルはエンジンを制御するコントロールユニットと油圧機器を制御するコントロールユニット、運転室内のディスプレイとディスプレイに各種情報を表示するコントロールユニットを搭載している。これら最重要部品であるコントロールユニットには埃の浸入を防ぎ、耐震性、放熱性を確保するためアルミの鋳物をベースにした筐体を使用した。コントロールユニットに接続するケーブルのコネクタには信号の寸断防止を図るため、振動に強いコネクタを採用した。エンジンの熱で温度が上がる部位には耐熱性の高い電線および電線保護チューブを使用し、車体の振動で電線が振れやすい部位はケーブル固定方法を工夫し、センサ情報がコントロールユニットに確実に伝わるようにした。

(2) 稼働記録の集計と稼働状況のモニタリング

大型油圧ショベルに装着したセンサ情報をコントロールユニットに取り込み記憶し、データをダウンロードすることで機械がどのように稼働したかを知ることができる。

Windows パソコン（以下 PC）の小型高性能化と携帯情報端末（以下 PDA）の普及が進み、モニタリング機器として使用されるようになり、油圧ショベルのコントロールユニットのデータをサービス員が専用ソフトをインストールした PDA でダウンロードして PC に取り込むことができるようになった（図-2）。



図-2 PDAによるデータダウンロード

これにより、エンジン稼働時間、作業時間、走行時間、作動油温度、平均燃費、警報履歴やフォルト履歴（センサの故障や通信異常の情報）などの稼働記録は PC 上で数値データとグラフで見ることができるようになった（図-3）。衛星通信を利用した方法でも主要な稼働データを見ることができるようになり、稼働記録の集計は容易になった。

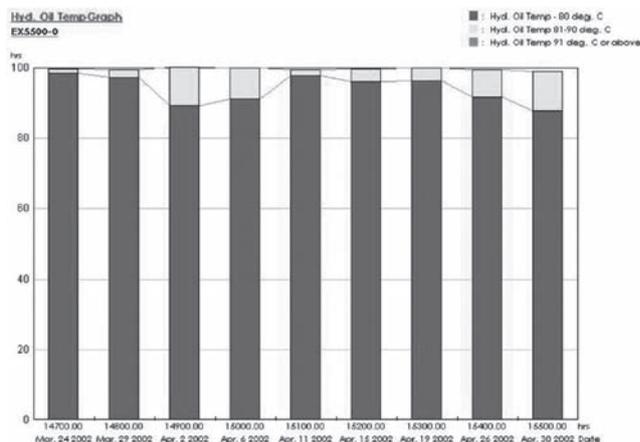


図-3 PC上のグラフデータ（作動油温度）

しかし、故障診断を行うためには、稼働中の機械の状況をモニタリングする必要がある。一般に使用される PC や PDA は粉塵や振動に弱いので、機械が停止している間にデータをダウンロードする作業では支障はないが、稼働中の機械の状況をモニタリングするには防塵・防振対策が必要となる。そこで、機械が停止している間に過去の稼働データをダウンロードする際は PC や PDA を使用し、稼働中のデータ記録と故障診断は車載モニターで行うよう機能分担を図り、粉塵や振動が多い大型油圧ショベル特有の環境の中でもモニタリングと故障診断が行えるようにした。

(3) 車載型故障診断装置の技術的な背景

大型油圧ショベルに車載型の故障診断装置を搭載するにあたり、警報発生部位を分かりやすく示すことが重要と考え、文字だけでなくイラストや図を組み合わせる表示を行うことにした。イラストや図などの画像データは文字データに比べてデータ量が多いため、大きなデータを高速処理することが必要であり、イラストや図に示した線 1 本 1 本がきれいに見えるようにするためには、解像度の高いディスプレイも必要であった。コントロールユニットに使用される電子部品の高性能・低価格化が進み、処理速度の速い演算装置（CPU）、大容量のデータの読み書きが可能なメモリ（RAM）、高精細のカラーマルチ液晶ディスプレイなどが入手しやすくなり故障診断画面がイラストや図などの画像入りで表示できるようになった。車載型の故障診断装置を搭載したことにより、通常サービス員以外には持つことがない専用ソフトをインストールした PDA を使用しなくとも、稼働中に表示された警報の詳細な内容を故障診断画面で確認することができるようになった。

3. モニタリングシステムの特徴

(1) コントロールユニットのネットワーク接続

大型油圧ショベルはエンジンコントロールユニット、油圧コントロールユニットなどいくつかのコント

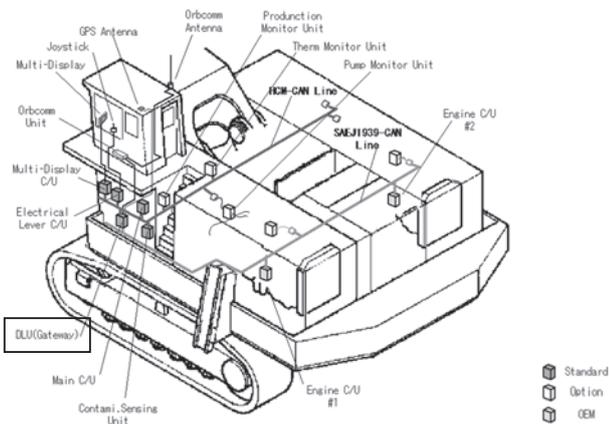


図-4 コントロールユニットの配置とネットワーク接続

ロールユニットを搭載しており、図-4に示すように、コントロールユニット間で通信を行えるようなネットワークを構成している。Data Logging Unit(図-4ではDLUと表記)と呼ぶコントロールユニットは、各コントロールユニットと通信してデータを随時取得・記録する機能をもつ。運転席内には表示システムとして図-5のような10インチカラー液晶マルチディスプレイを搭載した。このディスプレイは通常はエンジン回転数やラジエータ水温などの基本情報を表示し、モード切り替えによって警報箇所と警報内容、対処方法を図と文書で表示する。また、警報発生前後の不具合に関するデータを表示できるようにし、従来のように記録データをDLUからPDAでダウンロードしなくてもデータの確認を行える構成とした。ディスプレイが座席から離れているため操作キーは別置きにして着座位置での操作をしやすくした。

(2) 警報と故障診断画面

ディスプレイの表示画面として、図-6の例では通常画面の画面下部分に左エンジンの冷却水がオーバーヒートしていることが表示されている。画面を切り替えると、イラストと写真で点検場所、文書で点検内容を見ることができる。メカニック向けにさらに詳しい点検要領を表示した例を図-7に示す。図-7は冷却水レベルが低いことを示す警報画面で、さらに画面を切り替えると、電気系統の点検要領を絵と文で見ることができる。

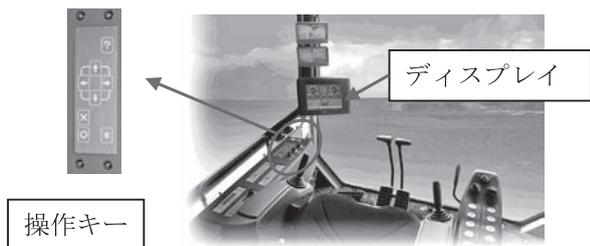


図-5 運転席内の配置

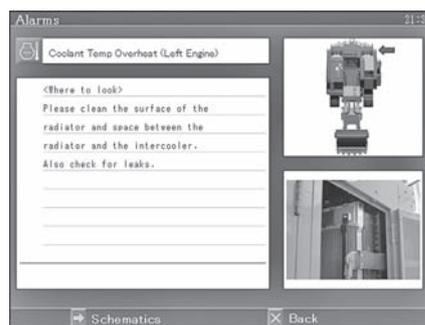


図-6 通常の画面(左)と警報内容表示画面(右)

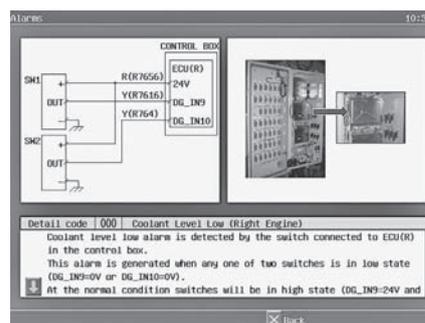
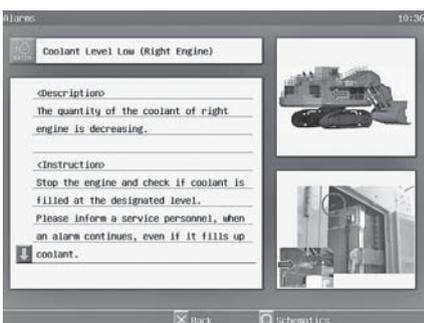


図-7 点検場所と点検内容説明画面(左)と故障診断画面(右)

オペレータまたはメカニックが運転室内のモニタ画面で警報内容と点検箇所、点検作業内容を確認できるようにすることで、警報の原因を突き止めるまでの時間短縮を図った。

(3) スナップショット

大型油圧ショベルにはエンジンや油圧機器の状態を検出するためのセンサが取り付けられており、以前は10箇所程であった検出箇所が現在は50箇所を超える。車載型故障診断装置を使用し、オペレータならびにメカニックが運転室内のディスプレイで警報部位と対応方法を確認できるようになったが、不調に陥った機械の修理を行うためには警報発生の原因を特定することが必要である。

機器の異常が起きてモニタ画面に警報が出る前には何らかの兆候が現れているものと考えられ、機器の異常が起きる前後の情報を分析することで何故異常が起きたかを知る手がかりが得られる。異常が起きたときの前後の情報を記録するスナップショット機能は重要である。

スナップショット機能として自動と手動の2種類を設定した。どこかの部位で何か異常が起きたときに異常の前後の状況を自動保存する機能が自動スナップショットである。異常が発生したときに、その異常に関するセンシング項目のデータを異常が発生する前5分間と発生後1分間自動的にDLUに保存し、後

からデータ呼び出して液晶ディスプレイに表示させることができるようにした。図-8のように液晶ディスプレイには記録時間内の最大値、最小値およびデータの変遷を再生することができ、異常の原因を判断するための参考にすることができる。

手動スナップショットでは、図-9のように故障診断を行いたい項目を選択し、その項目に関するセンシングデータを液晶ディスプレイにリアルタイムに表示させるとともにDLUにデータを記録させることができるようにした。故障診断部位と診断項目を指定し、自動スナップショットよりもさらに詳しいデータを取ることができる。

自動スナップショットと手動スナップショットの機能を活用することで、特殊なツールを接続することなく機器の状態を数値で確認でき、故障診断を迅速に行うことができる。

例えば、作動油のオーバーヒートが起きた場合、原因がどこにあるかを特定しなければ修理は行えない。作動油タンクの油温度をモニタリングすることで、油温上昇からオーバーヒートを予想することはできるが、作動油温度が上昇した原因を特定することはできない。オイルクーラを油圧駆動ファンで冷却している油圧ショベルでは、表-1に示すような項目をモニタリングすることでオーバーヒートの原因を特定することができる。



図-8 自動スナップショット画面

表-1 作動油オーバーヒートに関連するモニタリング項目

センシング項目	用途
外気温度	不具合の予兆を特定するための基本温度
作動油タンク油温度	不具合の予兆を特定するための基本温度
オイルクーラ出口油温度	オイルクーラ効率判定
オイルクーラ前面空気温度	オイルクーラ効率判定
オイルクーラ入口圧力	バイパスバルブの作動状態判定
ファンモータの制御状態	ファンモータの駆動状態判定

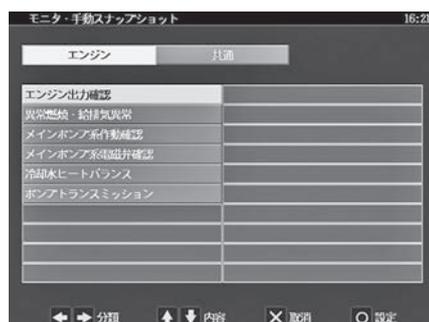


図-9 手動スナップショット画面 (項目選択画面 (左) と選択した項目の表示)

オイルクーラ前面空気温度、オイルクーラ出口油温度、外気温度からオイルクーラの効率をモニタリングし、さらに、オイルクーラを保護する目的で設置されているバイパスバルブ（オイルクーラ回路の圧力が一定圧力以上になると作動油タンク側へバイパスする機能をもつ）が正常に作動しているかどうかを判定するために、オイルクーラ入口圧力を検出。オイルクーラ冷却用のファンモータの不具合を判定するためファンモータの制御状態をモニタリングすることで、オイルクーラ本体、バイパスバルブ、ファンモータのどの部位がオーバーヒートの原因か特定することができる。このようなモニタリングを特別な計測機器を装着することなく、運転室内のディスプレイを使用して行うことができるようになり、サービス員にとって有効なツールとなった。

4. おわりに

油圧ショベルの作業環境は、熱帯地から寒冷地までさまざまであり、使われ方も顧客ごとに異なる。このため、油圧ショベルを構成する部品の通常使用温度の

範囲やダストの状況、エンジンおよび油圧機器への負荷の大きさや負荷変動量も異なる。部品の設計寿命だけでは交換時期を適正化することは難しいため、機械が正常に稼働している時のデータとの違いを追跡調査して、致命的な故障が発生する前に異常の前兆を見つけて部品交換を行うことが、機械の高稼働率維持と維持修理費低減、コスト／トン低減につながる。機械に搭載されるモニタは単に今の状態を表示するだけでなく異常を検知し致命的な故障を未然に防ぐツールとしてますます重要になっていくものと考えている。

JCMA

《参考文献》

古野：車両モニタシステム，油空圧技術，Vol.43, No.10, 2004, 18/22
藤田：超大型油圧ショベルの電子制御化，油空圧技術，Vol.48, No.4, 2009, 26/30

【筆者紹介】

高橋 豊（たかはし ゆたか）
日立建機㈱
マイニング事業本部
技術サポートグループ
技術課長



平成 21 年度版 建設機械等損料表

■内 容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- ・損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- ・各機械の燃料（電力）消費量を掲載
- ・主な機械の概要と特徴を写真・図入りで解説
- ・主な機械には「日本建設機械要覧（当協会発行）」の関連ページを掲載

■ B5判 約 730 ページ

■ 一般価格
7,700 円（本体 7,334 円）

■ 会員価格（官公庁・学校関係含）
6,600 円（本体 6,286 円）

■ 送料 沖縄県以外 600 円
沖縄県 450 円（但し県内に限る）
（複数お申込みの場合の送料は別途考慮）

社団法人 日本建設機械化協会

〒 105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>