

IoT を活用した建設機械用アタッチメントの稼動管理システム (TO-MS) の開発

AIで故障予知・稼動監視を実現，未来型アフターサービスの提供によるランニングコストの低減

柘 植 一 慶・井 手 紀 行

建設機械で既に市場導入されている稼動管理システムに対し，建機に搭載されるアタッチメントにおいても同様に稼動管理を行い，建機+アタッチメントのトータルで管理したいというニーズが高まってきた。そこでこのニーズを満たす TO-MS (TOKU Management System) (以下「本システム」という) の開発にチャレンジした。本開発は，このニーズを具現化するために始めたものであり，未だ課題をかかえた開発途上ではあるが，IoT 並びに AI を活用する事で実用化の目途がたったので，今回その具体的な内容を紹介させていただくものである。

キーワード：IoT，AI，稼動管理，建設機械，アタッチメント，メンテナンスコスト

1. はじめに

2000 年以降，建設機械業界では，建機の長期稼動やレンタル化が進んだことから，ダウンタイムを無くしたり，稼動管理，配車管理を向上させるニーズが高まり，この対応として，建機メーカーは独自の稼動管理システムを導入してきている。

一方，その建機に搭載されて使われる，油圧ブレーカに代表される建機アタッチメント (写真—1) においては，①単価が建機に比べて安いこと，②アタッチメントそのものの稼動時間が不明であること，により「壊れるまで使う。」，「壊れたら修理，交換する。」というのが慣例であった。

その結果，修理費等のユーザのランニングコスト負担は高くなり，従って，どうせ壊れるなら安いもので十分というユーザも多く，価格競争の商品になっているのが現状である。

しかしながら近年，建機の稼動管理システム同様の

管理を行うことで，「建機+アタッチメント」のトータルでランニングコストミニマム化を進めたいというユーザニーズが高まってきた。

本開発は，このニーズを具現化するために，システム開発を進めているものであり，課題や解決の手段，そのプロセスを含めて以下に紹介する。

2. 建設機械の稼動管理システムとの違いと，それによる課題

建機の稼動管理システムは，一般的には，建機が自身で搭載しているエンジンや油圧ポンプ，モータといった駆動源の圧力や回転数などの基礎データをセンサーを使って測定し，その数値が予め設定された閾値に対し，逸脱したかどうかを，これも車体に搭載された，機械稼動に必要な電子制御用エッジデバイスを活用して，その可否判断させることで成り立っている。またそのさまざまな計測データを IoT を使ってメーカー独自のクラウド上に蓄積させ，これを履歴管理することで，故障予防・保全に活用されている。

従って，これまでのところ，AI による学習機能は使われていない。

一方，建機用アタッチメントにおいては，以下のような違いがあり，この違いが独自の稼動管理システムの構築をより困難にさせている。

①アタッチメントそのものは駆動源そのものを持たない。そのため建機の駆動源の稼動情報ではアタッチメントの実稼動時間を特定できない。又建機の駆動



写真—1 油圧ショベル+ブレーカの稼動写真

(1) 計測要素を構成する「IoT センサーデバイス」 (図—2 参照)

・計測する要素として以下を有する。

- ①アタッチメントを駆動させる作動油の油圧センサー
 - ②建機の作業機先端部分の振動センサー
 - ③アタッチメントの個体識別のための IC タグ
- ・又、計測されたデータは無線通信により、オペレータキャブ内にあるゲートウェイに通信伝達する。

(2) 計測したデータを分析し、判断をする「IoT ゲートウェイ」(図—3 参照)

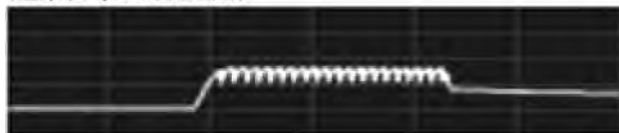
・多量なデータ分析には、AI による機械学習を用いた。具体例として、オペレータの種々の操作の仕方が異なった場合の、油圧波形の違いを図—4 に示す。

AI により、この違いを即座に判断させ、通常ではない操作に対し、オペレータに警告を発することができる。

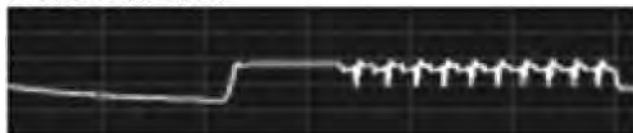


図—3 IoT ゲートウェイ

通常打撃の油圧波形



空打ちの油圧波形



過小流量打撃の油圧波形

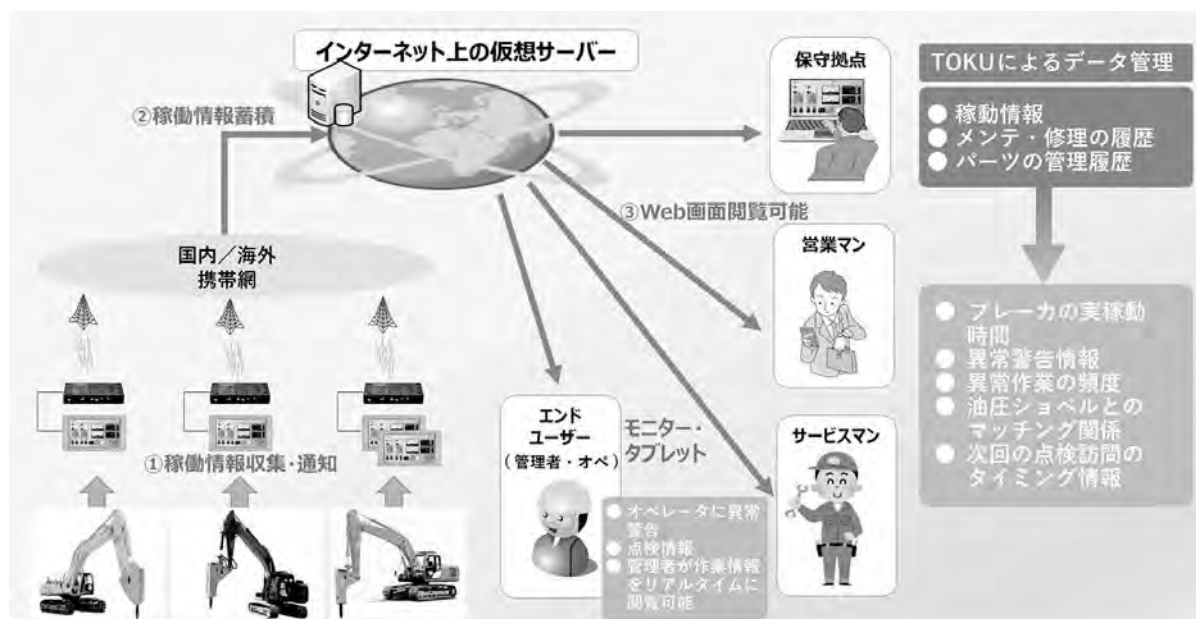


図—4 油圧波形の例

・この分析結果は、3G 通信を使って、独自に設定したクラウドに上げると共に、必要に応じてオペレータにも通信伝達する。

(3) 多量な時間毎の判断結果を履歴として蓄積しておく「IoT クラウド」(図—5 参照)

- ・ゲートウェイからの情報を履歴として蓄積し、必要に応じて、オペレータ、ユーザ管理者、自社サービスに情報提供する。
- ・又、市場の多くの機械からもたらされた個々の情報を基に、常に判断基準を最適化することで、学習効果のレベルアップを図っている。



図—5 IoT クラウド想定図

No	表示項目	具体例
1	稼働管理の情報提供	・ 実稼働時間(1日、累積等)の表示 ・ 稼働場所の表示(経歴含む) ・ 修理・メンテナンス履歴の検索 ・ ・
2	定期メンテナンスのアナウンス	・ 定期メンテナンス ・ グリースのタイミング ・
3	消耗品交換時期のアナウンス	・ オーバーホール時期 ・ チゼルブッシュ/ホルダブッシュ/チゼルの寿命 ・ スペーサ/防振ゴムの摩耗寿命 ・ オートグリースのカートリッジ交換時期 ・
4	異常作業の告知、警告	・ 連続打撃時間の警告 ・ 空打ち作業の警告 ・ 掃き作業の警告 ・ 極端な斜め打撃作業の警告 ・
5	ブレーカが異常状態であることのアナウンス	・ 打撃力低下(油圧ショベルの設定不良) ・ 打撃数低下(油圧ショベルの設定不良) ・
6	緊急作業停止の警告	・ ブレーカのオーバーヒートの感知 ・ ・

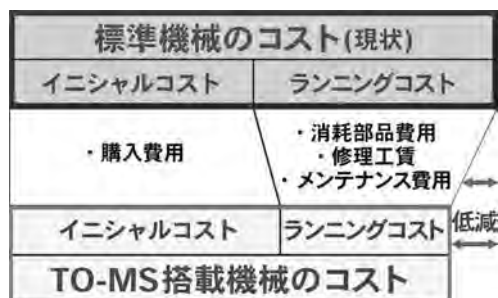
図ー6 技術検討項目

4. 本システムによる効果の予測（ユーザメリット）

本システムによるメリットは、アタッチメント独自の稼働時間のみならず、定期メンテナンスや消耗部品交換のアナウンス、異常作業の警告、又故障予知として、さまざまな機械異常の兆候が現れたら、それを即時に知らせることで、機械の故障被害のダメージを軽減し、早期修理に繋げる。具体的に技術検討している項目を図ー6に示す。

また、メーカーのサービス部門も、同じこの情報を同時に監視できるので、メーカーのタイムリーな訪問・連絡による、早期修理、メンテナンスにつなげることが出来る。

これらの活動を通じ、ユーザが機械の購入後、発生する日々のメンテナンスコストを大幅に削減することで、油圧ブレーカのトータルライフコストを10%以上低減することを目指す（図ー7）。



図ー7 トータルライフコストのイメージ

5. 開発の進捗状況

- ・ 本開発は、約2年前にその基礎的研究からスタートした。
- ・ この先行研究を通じて、油圧ショベルに搭載された油圧ブレーカの種々の稼働情報をデータとして取り込み、これをAI機能を使って分析することで、前述のようなさまざまな状態を識別することが可能となった。又、その識別に必要とされる各センサーの仕様も明確になった。
- ・ 又、同時に各種センシング要素をマウントする油圧ショベルや油圧ブレーカのさまざまな部位の振動状態を計測することで、その振動に耐えうる要素機器の信頼性の確認も完了している。
- ・ 現在は、この先行研究の結果を織り込んだ試作品を製作完了し、これを使って、基礎研究と同じ結果が出ることの確認を社内テストで実施している段階である。
- ・ さらに、実際の作業現場で効果を確認すべく、さまざまな業種のユーザにおいて、実用テストを開始するところである。これを通じて、数多くのデータを収集することで、より精度の高い判断能力を求めていくものである。例えば、ショベル、ブレーカの経年変化による波形データの変化と不具合の発生の相関を知り、より適切なタイミングでの告知をすることが考えられる。



図ー8 大割圧碎機, 小割圧碎機, フォークグラップル (つかみ機)

6. これまでの結果と残された課題

これまで、稼働システムの、機能確認とそのレベルUPを目標に進めてきた。これについては、今後、市場での実用テストでユーザにより評価されると思われる。

- ①しかしながら、本システムの実用化には、コスト面を考慮する必要がある、今後は実用テストを通じて、現在のシステムの中から、必要不可欠な機能を選別し、コストパフォーマンスの高い製品に仕上げる必要がある。
- ②又、建機の稼働システムとの合体（相互情報交換）については、建機各社との技術的議論は始めているものの、各社それぞれとの個別対応となる。この技術的対応が今後の課題となる。

7. 今後の進め方

- ・現在の実用テストは、6～10ヶ月を目処に実施し、データの収集とAIのレベルUPを含め、商品としての仕様を決定する計画である。
- ・その結果を踏まえて商品化を進め、2018年度前半の市場導入を目指す。
- ・これまで本システムは油圧ブレーカのみを対象として開発してきたが、本来油圧を媒体としているアタッチメントには全て適用でき、又ユーザもさまざまなアタッチメントを保有しているので、このシステムを油圧ブレーカ以外のアタッチメント、例えば油圧クラッシャーやフォークグラップルなどの機械にも適用拡大する必要がある（図ー8参照）。

8. おわりに

アタッチメントメーカは建機メーカとは異なる企業であり、その規模も小さいことが多い。しかしながらユーザから見れば、「建機+アタッチメント」で始めてひとつの仕事をする機械（システム）となるわけであり、その稼働管理は一元化したいという要望が強い。本システム TO-MSはこのユーザニーズを実現すべく、取り組んできたものであり、今後は、このシステムを建機メーカとのタイアップ、すなわちサードパーティー情報として、建機の稼働システムと情報共有することのみならず、アタッチメントの同業他社とも協業・提供することで、本システムの業界グローバルスタンダード化を目指したい。

このテーマのように、今後とも常にユーザニーズに貢献できることを目標として取り組んでいく所存である。

謝 辞

最後になりましたが、この開発にご協力頂いている建機メーカ様、ユーザ様、並びに共同開発を担って頂いている安川情報システム(株)様、(株)スカイディスク様に深く御礼申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】
 柘植 一慶（つげ かずよし）
 東空販売(株)
 専務執行役員



井手 紀行（いで のりゆき）
 東空販売(株)
 営業本部 開発マーケティング室
 室長

