

クレーン起立外観検査 C-SAI

— 確実な点検で、安全作業を担保 —

Crane-Standing Appearance Inspection C-SAI

— Ensure safety operations with reliable inspections —

● 戸井田 実*
Minoru TOIDA



図1 クレーン起立外観検査 C-SAI 紹介リーフレット
Leaflet : C-SAI (Crane-Standing Appearance Inspection)

1 はじめに

現在、クローラクレーンは大型化、複雑化、高性能化が進み、事故や故障を未然に防ぐことを目的とした定期点検の重要性が増している。しかし、稼働する現場の広さ、工期、人員などの都合で十分な点検が困難なケースもある。住友重機械建機クレーン株式会社は、こうした状況の下、クレーンの安全な稼働に必要な点検作業の新たな手法として、ドローンの自動飛行による点検システム「クレーン起立外観検査 C-SAI」を開発した。

2 クレーン点検の課題と解決策としての C-SAI

クローラクレーンの定期点検を実施する際は、ブームを地上に伏せて行うよう一般社団法人日本クレーン協会出版の「移動式クレーン定期自主検査」の検査指針に明記されている。ブームを伏せるにはスペースの確保や作業員の手配に加

え、高所作業車なども必要となり、その準備から点検完了までに長時間を要する。その間はクレーン作業が行えないことから、現場の生産性を損ねる要因となっている。さらに、ブームを伏せた状態でも高所での点検箇所が多く残り、転落の危険もある。このほか、機械を熟知するベテラン検査員が不足するなかで「点検レベルの平準化」「点検結果の可視化」「経年変化の管理」も課題となっている。

これらの課題を解決すべく、高精細な撮影が可能なドローンの活用を検討した。しかし、クローラクレーンは構造が複雑なうえ、ブーム長さが現場ごとに違うなど、さまざまな要因によって手動操作によるドローン飛行は難易度が高く、ベテランパイロットでも近接飛行で等間隔撮影を行なうことは不可能だった。また、既存の自動飛行アプリは、固定構造物や位置の変動が少ないものを対象にしており、座標位置が常に定まらない構造物に対し、現場で即座に等間隔を維持しながら正確に自動飛行させるアプリは存在しな



図2 約2mの距離を維持しながら自動飛行するドローンと、実際のモニタ画像
Drone flying automatically while maintaining of about 2 meters and its actual monitor image



図3 実際の点検画像：ワイヤロープとシーブ
Actual inspection images : Wire rope and sheave



図4 実際の点検画像：接続ピンや割りピンの挿入状態
Actual inspection images : Status of joint pins and split pins inserted

かった。そこで、住友重機械建機クレーンは独自に、ドローンの自動飛行によるクレーン点検システムを開発した(図1)。

3 C-SAIの技術と特長

「稼働現場に則した、簡単かつ安全に」をコンセプトに開発したC-SAIの技術と特長を紹介する。

3.1 クローラクレーンの稼働現場に則した仕様

C-SAIでは、クレーンの正確な寸法データをもとに、作業姿勢のまま数cmの誤差で、約2mの距離を維持しながら近接飛行することが可能である(図2)。これにより、建設躯体や近接するクレーンとの接触リスクを低減でき、飛行ルートの制約を少なくした。また、現場の状況や点検内容に応じて、一時停止や手動操作への切替え機能も備えている。近接から自動撮影した2千万画素の高精細度画像から、ワイヤの素線切れや割りピンの状態、部材の錆なども目視と同等の点検が可能である(図3、図4)。

点検に要する人員は、現場状況により人数は変わるが、最

少でドローンパイロットと周辺監視者の2名で可能である。撮影時間は、350tつりタワー仕様機で約1時間と、お昼の休憩時間内に実施することが可能である。

3.2 事前準備が少なく、現場での素早い自動飛行が可能

C-SAIは、点検前日の自動飛行ルートの設定や当日のクレーンの位置および姿勢に制約されることなく、作業姿勢のまま即座に自動飛行プログラムを生成することが可能である。飛行ルートは、機種やブーム長さ・角度を入力する「機種仕様登録」、ドローンの飛行やカメラ設定を選択する「飛行情報設定」、クローラクレーンの現在位置や向きを決定する「位置登録」をアプリに入力すると自動生成される。これにより飛行準備が少なく、迅速な自動飛行が可能である(図5)。

また、各入力値は、選択した機械のスペック以外は選択できない仕様とした。これにより、入力角度が作業可能な角度から外れる場合は「入力範囲エラー」と表示され、人為的なミス未然に防止する(図6)。

クレーン機種仕様確認			
機種	6000SLX(SL-N)	タワーブーム種類	12mEXTタワー
フロント仕様	タワー	タワーブーム長さ	72.0 m
姿勢	作業姿勢	タワーブーム角度	80.0 °
シュー幅	標準	タワーブームフック	なし
		ジブ長さ	60.0 m
		ジブ角度 (対地角)	60.0 °
		ジブフック	160 t
		- 吊り具長さ (フック過巻状態=0m)	0.0 m
		ジブ先端ショートジブ	あり
		ジブ先端ショートジブフック	15 t
		- 吊り具長さ (フック過巻状態=0m)	0.0 m

変更 OK

図5 機種仕様登録画面
Model and specification registration page

クレーン機種仕様登録 - タワー入力	
タワーブーム種類	12mEXTタワー >
タワーブーム長さ	72.0 m >
タワーブーム角度	89 (°)
タワーブームフック	なし >
ジブ長さ	60.0 m >
ジブ角度 (対地角)	60.0 (°)
ジブフック	160 t >
- 吊り具長さ (フック過巻状態=0m)	0.0 (m)
入力範囲エラー (タワーブーム角度) タワーブーム角度の入力値が間違っています。 64.5 ~ 86.5 の範囲で入力してください。 OK	

OK

図6 入力ミス時の画面表示
Screen of input error



図7 片面自動飛行イメージ
Single-sided automatic flight image

3.3 狭い場所や地盤の傾きにも柔軟に対応

どのような現場にも対応できるよう、周回自動飛行のほか、狭い稼働現場でも安定して自動飛行を行う①片面自動飛行機能や、接地場所の傾斜状況に応じた②傾斜入力機能を装備した。

① 片面自動飛行機能 (4方向個別自動飛行)

これまで、極端に狭い現場での周回飛行では、飛行ルートと建築物などが干渉してしまい、飛行できないことがあった。C-SAI ではそのような状況においても、現場の空いたスペースを利用して、すべての面で点検を可能とする片面自動飛行機能を用意した(図7)。

② 傾斜入力機能

ブーム長さが100mを超えるクローラクレーンの場合、接地地盤の傾斜でブーム先端付近では大幅なズレが生じ、ブームに接触する可能性や撮影の距離に差が出てしまう。そのズレを補整すべく、真下まで下げたフックの位置を登録することで、ブームのたわみ量を考慮したブーム先端位置の特定を行う補正機能も用意した。

3.4 自動飛行の状態を常に監視し、異常を即座に検知

ドローンが計画通りに、正しく安全に飛行しているかを確認するフェイルセーフ機能として①本体位置座標確認機能と、②計画飛行ルート確認機能を装備した。

① 本体位置座標確認機能

クローラクレーンの座標位置を確定させる位置登録画面では、地図画面上にクローラクレーンのブーム方向と、予想されるドローンの飛行エリアを赤枠で表示するようにした。これにより飛行開始前に、敷地からの逸脱や飛行ルートが間違っていないかを確認することが可能である。

② 計画飛行ルート確認機能

各飛行階層のドローン位置を計画飛行ルートへ表示し、生成された飛行ルートに対してドローンがどの位置に存在するかをリアルタイムに把握することができる画面構成とした。また、一時的に手動飛行した後も、どの位置からでも安全に自動飛行ルートへ戻せるよう、飛行経路を可視化した。これにより部材との接触が回避できる。

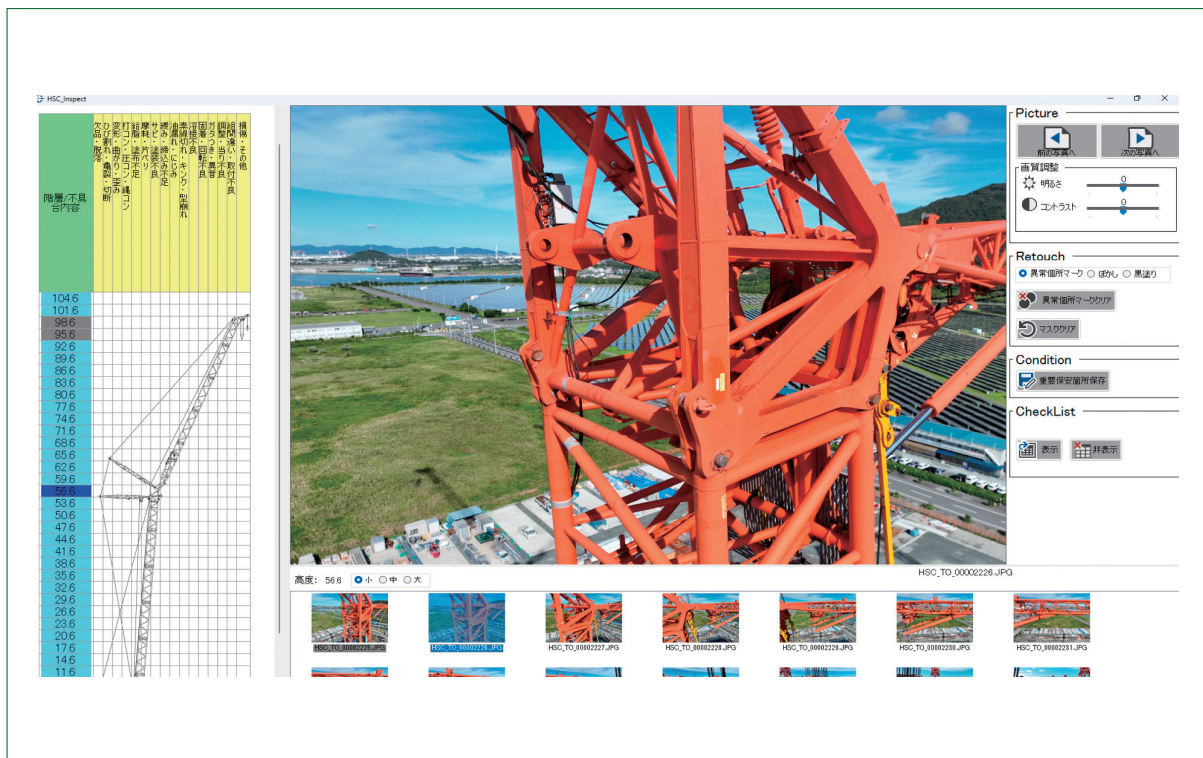


図8 専用診断ツール
Specialized diagnosis tool

4 点検結果の可視化と経年管理

撮影した画像は持ち帰り、専用診断ツールを用いて点検を実施する。点検報告書は、不具合箇所や状態をすぐに確認できるように起立状態図、不具合箇所画像一覧、重要保安箇所状態に分類・整理した高精細画像を付けて提供する。撮影箇所はドローンの撮影データに残る緯度・経度・高さ情報をもとに、部材のどの位置かを特定できるようにした。これらにより、経年管理も容易に可能となる(図8)。

5 日本クレーン協会の検査指針解説に追加

クローラークレーンの点検における現在の課題とそれらを解決するドローンを活用した点検技術が認められ、日本クレーン協会が出版する「移動式クレーンの定期自主検査指針の解説」令和6年8月1日改訂版では、参考資料-8に「ドローンを使用した検査について」が追加され、「ドローンを活用した画像により検査を実施する事で、機械の健全性と検査作業の効率化や安全性の維持・向上を図ることが出来る」と明記された。

6 おわりに

- (1) 住友重機械建機クレーンが独自開発した C-SAI は、移動式クレーンを安全に稼働させるための課題解決に重要な役割を果たすものである。
- (2) C-SAI は、座標位置が常に変化する構造物に対して、その場で自動飛行ルートの生成が可能で、生成後は直

ちに等間隔を維持しながら正確に自動飛行し、限られた空間や地盤の傾きにも対応できるシステムである。

- (3) ドローンが自動撮影した目視同等以上の高精細度画像を持ち帰り、専用診断ツールを用いて点検を実施する。撮影データに記録された緯度・経度・高さ情報をもとに経年管理も可能である。
- (4) 日本クレーン協会が出版する「移動式クレーンの定期自主検査指針の解説」令和6年改定版にも「ドローンを使用した検査について」が明記され、普及への道が開かれた。
- (5) 災害発生時の臨時点検や異常発生時の緊急点検のほか、タワークレーンや港湾クレーンなど、他分野においても広く活躍の場がある。正常で安全な作業のために、この技術の普及に注力する所存である。

※「C-SAI」は、住友重機械建機クレーン株式会社の登録商標です。