

# データサイエンス技術による予兆保全とリモート診断の実現 装置データとIQ-501の融合による更なる進化

Realization of Predictive Maintenance and Remote Diagnosis Using Data Science Technology

石川 哲也\*  
Tetsuya ISHIKAWA

赤司 裕紀\*\*  
Hironori AKASHI

源田 大輔\*\*\*  
Daisuke GENDA

吉村 和俊\*\*\*\*  
Kazutoshi YOSHIMURA

松本 英樹\*\*\*\*\*  
Hideki MATSUMOTO

山本 雄介\*\*\*\*\*  
Yusuke YAMAMOTO

佐々木 俊行\*\*\*\*\*  
Toshiyuki SASAKI

鳥居 優子\*\*\*\*\*  
Yuko TORII

滝上 睦子\*\*\*\*\*  
Chikako TAKIGAMI

横尾 麻美\*\*\*\*\*  
Asami YOKO

森 智英\*  
Tomohide MORI

## 要旨

COVID-19は今までの経済活動を大きく変える要因となっており、オフィス向けMFPや商業印刷向けプロダクションプリンターの保守点検作業にも大きく影響を与えている。アフターコロナの世界においても、この状況が元の状況に戻ることはなく、顧客と非対面、もしくは対面を限定した機器運用と管理が求められ続けると考える。

このような背景の下、コニカミノルタは機器の状態データをリアルタイム監視する「定常的な予兆保全システム」に対して、コニカミノルタ独自の出力画像センシング技術であるインテリジェントクオリティオプティマイザー (IQ-501) から得た画像状態データの活用と、予兆保全しやすさを考慮した機械設計の導入により、予測精度の向上とシステム適用範囲の拡大に取り組んできた。

また突発的な故障や品質不具合の要因を解析する「要因箇所診断システム」に対して、用紙の挙動解析、物性センシングに応じた対処策のユーザー通知を導入し、市場での顧客品質の向上に取り組んできた。

本レポートでは、従来の予兆保全技術に対する進化の具体的な事例を報告する。又、予兆保全を実現する情報共有システムについても紹介する。

今後も、市場での顧客品質向上を実現する最適な保守タイミングを提供することで、機器のアップタイムの増大と印刷品質の確保の両立を進め、顧客の事業拡大に貢献していく。

## Abstract

COVID-19 is a major factor in changing economic activities up to now, greatly impacting the maintenance and inspection work of MFPs for offices and production printers for commercial printing. Even in the post-coronavirus world, this situation will not be returned to the way it was before, and we believe that devise operation and management with non-face-to-face or limited face-to-face contact with customers will continue to be required.

Given current situation, Konica Minolta, utilizes image status data from Konica Minolta's unique output image sensing technology, Intelligent Quality Optimizer (IQ-501), for a "steady predictive maintenance system" for monitoring device status data in real time. In addition, through using a mechanical design that makes predictive maintenance easier, we improved the prediction accuracy and expanded the system scope.

In addition, we introduced user notifications in response to paper behavior analysis and physical sensing as a "diagnosis system for locating factor" that analyzes the causes of sudden failures and quality defects. In this way, we improved solution quality in the market.

Here, we report a specific example of the progress of conventional predictive maintenance technology. We also introduce an information sharing system that realizes predictive maintenance.

From now on, by providing optimal maintenance timing to improve product quality for customers in the market, we will both increase devise uptime and ensure print quality. In this way we will continue to contribute to the expansion of our customers' businesses.

\* 情報機器開発本部 EP画像技術開発センター 第1プロセス開発部

\*\* 情報機器開発本部 第1製品開発センター 第11製品開発部

\*\*\* 情報機器開発本部 プロフェッショナルプリントサービス開発センター 第1プロフェッショナルプリントサービス開発部

\*\*\*\* 情報機器開発本部 デバイス制御開発センター 第1デバイス制御開発部

\*\*\*\*\* 情報機器開発本部 デバイス制御開発センター 第2デバイス制御開発部

\*\*\*\*\* 情報機器開発本部 DWサービス開発センター 第1DWサービス開発部

\*\*\*\*\* 情報機器カスタマーサポートサービス統括部 サービスイノベーション推進室

## 1 背景

COVID-19は今までの経済活動を大きく変える要因となっており、オフィス向けMFPや商業印刷向けプロダクションプリンターの保守点検作業にも大きく影響を与えている。アフターコロナの世界においても、この状況が元の状況に戻ることはなく、顧客と非対面、もしくは対面を限定した機器運用と管理が求められると考える。

## 2 目的

機器の状態データをリアルタイム監視することによる定常的な予兆保全システム、突発的な故障の要因箇所診断システムを開発し、市場での顧客品質の向上に取り組んできた。

Fig. 1 に示すように従来のサービス形態では、顧客先でのトラブル発生時にはCustomer Engineer (CE) はマシンの詳細状態が分からないまま顧客先に訪問するため、メンテナンスに必要な部品が不足することで再訪問につながるケースや、事前の要因特定が不十分であることで不具合から復旧までの作業時間が長く掛かる等、非効率な作業が行われていた。

そこで、予測情報を用いたサービス保全を実施しマシンをリアルタイムで監視しリモートで顧客先のマシン状態を常時把握することで、トラブル発生前にCEが事前メンテナンスを行いトラブルの発生を回避、またトラブル発生時もデータ分析を用いたリモート診断によりCEが不具合要因の特定を行い、顧客先での作業時間低減を実現する予兆メンテナンスを実施している。

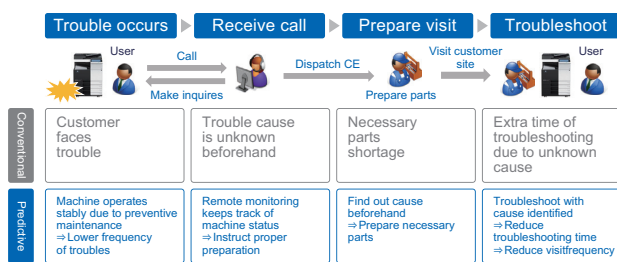


Fig. 1 Conventional maintenance and predictive maintenance. Predictive maintenance can be performed and trouble can be avoided by using predictive maintenance to constantly assess the machine status remotely. In addition, even when trouble occurs, the work time required for the customer can be reduced by identifying the cause of the problem by remote diagnosis.

## 3 予兆保全技術

### 3.1 IQ-501による画像状態監視と状態診断

#### 3.1.1 画像状態監視機能

インテリジェントクオリティオプティマイザー (IQ-501) は、印刷物の画像を読み取るスキャナーと分光測色計を搭載し、熟練した作業者に代わって機器の調整を自動で行うシステムである (Fig. 2)。我々は、このシステ

ムを応用し、毎日の画像調整時に画像状態診断を同時に実施するAuto Quality Adjustment (AQA)を開発した。AQAは定常的に機械状態を監視するため、顧客は濃度や色が適切に調整された高い品質の印刷物を安定して出力できるだけでなく、CEによるリモートでの画像診断結果に応じた適切な予防保守の提供を受けることができる。我々は、CEのサービス時間を短縮することで顧客のダウンタイムを極小化し、顧客の印刷業務の効率化に貢献することを目指している。



Fig. 2 Production printing system with IQ-501. The Intelligent Quality Optimizer (IQ-501) is a system equipped with a scanner that scans printed sheets and a spectrophotometer. It automatically adjusts the printer in stead of skilled workers.

#### 3.1.2 画像状態の数値化技術

適切なタイミングで保守を実施するためには、機械の状態を数値化して定量的に評価することが課題であった。我々はその課題を検討し、スキャン画像から画像解析により抽出した画像特徴量と、画像の目視評価値の関係を統計モデルで解析し、画像ノイズの状態レベルを定量化する技術を開発した (Fig. 3)。目視評価値はトナーの色や濃度によって影響を受けるが、モデル内部の係数により調整可能とし、自社の複数のシステムで活用している。

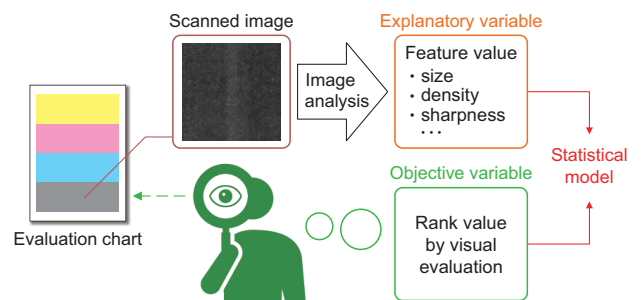


Fig. 3 Image condition evaluation by image analysis and statistical modeling.

We have developed a technology to quantify the status level of image noise, by using a statistical model to analyze the relationship between the image feature values extracted from the scanned image and the visual evaluation value of the image.

#### 3.1.3 画像状態を活用した故障箇所診断

更にIQ-501で解析した画像特徴量と機器の状態データから画像トラブルの要因となった故障箇所を特定する技術を開発した。この技術は、画像トラブルを単色・多色の色情報により分類し、単色の問題と診断された場合は、更に候補部品を絞り込むためにデータサイエンスを

活用した (Fig. 4)。これらの画像診断技術と前述した画像状態監視を組み合わせて、顧客が画像不具合に遭遇する前に、CEが最短時間で適切な保守を実施する仕組みを構築した。

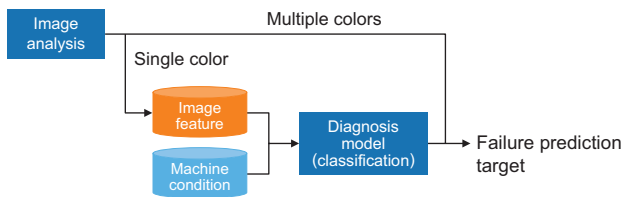


Fig. 4 Failure parts prediction by image analysis and machine condition data.

Image troubles were classified based on the color information obtained by image analysis, and data science was used to identify candidate components for image troubles determined to be monochromatic.

### 3.2 画像形成プロセスユニットの寿命予測モデル

#### 3.2.1 予測モデルの進化

従来型のマシン内部から収集したデータを利用した寿命交換予測モデルは、新製品ローンチから学習に十分なデータが蓄積されるまでの期間、顧客やCEに寿命交換予測サービスを提供できていなかった。このため、新製品に対し、ユニット開発時の寿命律速を元にしたルールベースのモデルを展開することにした。このモデルでは寿命律速のみならずIQ-501から取得した画像状態と組み合わせで診断することで、市場での使われ方のデータが得られないことを補完し、製品ローンチと同時にサービス提供を果たすことができた。

従来のモデルと現在のモデルの違いを Fig. 5 に示している。現在のモデルでは実運用を通して収集した実績データを分析し、モデル利用率向上を目的とした改善も実施している。

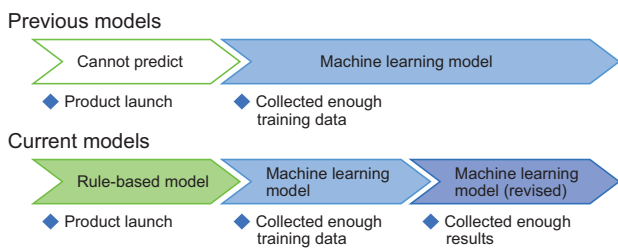


Fig. 5 Lifespan replacement prediction model of image formation process unit.

The conventional lifespan replacement prediction model cannot provide services to customers and CEs in the time from the launch of a new product until sufficient data has been accumulated for learning. For this reason, we decided to develop a rule-based model for each new product based on the lifespan determination at the time of unit development.

#### 3.2.2 ルールベースモデル

新製品ローンチから学習に十分なデータが蓄積されるまでの期間に使用するルールベースの例として、ある製品の感光体寿命予測の例を Table 1 に示す。この例では

感光体の使用量を表す部品マイレージがある閾値  $M_A$  に満たない場合は交換不要と判断し、予測結果スコアを0にする。閾値  $M_A$  は感光体があまり使用されていない状態を表す閾値である。また感光体が寿命に達したことを表す閾値  $M_B$  以上であれば交換と判断し、予測結果スコアを1にする。閾値  $M_A$  と  $M_B$  の間では、IQ-501から取得した感光体特有の画像不具合情報を用い、画像不具合情報値が閾値  $V$  以下、すなわち画像状態が良好でない場合は注意と判断し、予測結果スコアを0.5に、問題なければ交換不要と判断し、予測結果スコアを0にする。

これらの画像状態と機械状態を融合させたユニット寿命予測モデルにより、ユニット故障による不具合発生前の適切な保全を実現している。

Table 1 Rule Base example.

The lifespan replacement score is calculated based on the mileage of the component that determines the lifetime and the image defects due to photoreceptors that can be acquired from IQ-501. The threshold  $M_A$  for the mileage indicates a state in which the photoconductor is not used much. The threshold  $M_B$  indicates that the photoconductor has reached the end of its life.

	$0 \leq \text{Parts mileage} < \text{Threshold } M_A$	$\text{Threshold } M_A \leq \text{Parts mileage} < \text{Threshold } M_B$	$\text{Threshold } M_B \leq \text{Parts mileage}$
Image defect info value $\leq \text{Threshold } V$	Score = 0 (Replacement not required)	Score = 0.5 (Warning)	Score = 1 (Replacement required)
Image defect info value $> \text{Threshold } V$		Score = 0 (Replacement not required)	

### 3.3 トナー自動配送を支える技術

トナーは顧客による補充が必要な消耗品であり、そのトナー配送遅れは顧客のワークフローを止めることになるため従来製品から自動配送システムを運用している。しかしながら、トナー消費は顧客の印字比率や印刷ボリュームによって予測困難であること、トナーの流動性や嵩密度変化で残量検出の精度が悪いといった課題があった。そのため従来は早めの配送や予備トナーの客先在庫で回避してきた。トナーの客先在庫を無くし、最適なタイミングでの配送を行うべくトナー補給機構のメカ設計から見直し、残量検出の精度向上に加えて、市場の顧客データとの組み合わせた新しいトナー自動配送システムを構築した。

#### 3.3.1 トナー残量予測と検出の精度向上

トナーの補給とエンプティ検出は、サブホッパーと呼ぶバッファ機構で行っている。サブホッパーの構成変更と材料変更によってトナーの補給量ばらつきを抑え、トナー残量予測の精度を向上することができた。またサブホッパー内の攪拌性能の向上によってトナーの偏りを無くし、トナー残量検出の精度も向上することができた。従来のモデルと現在のモデルのトナー残量予測誤差を Fig. 6 に示す。

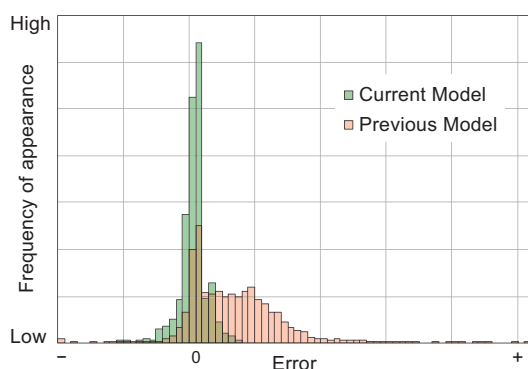


Fig. 6 Error occurrence frequency in detection of remaining toner amount. By changing the construction and material of the sub hopper, the stirring performance was improved. In addition, the variation in the amount of replenishment was suppressed and the accuracy of prediction of the remaining amount was improved.

### 3. 3. 2 トナー自動配送システムの進化

トナー残量検出の精度向上に加えて、顧客毎に異なる印字率や印刷ボリューム等の市場データと、残量の予測・状態を解析することで顧客の使い方に応じた最適なタイミングでトナーの自動配送を行うことができるようにした。

最適なタイミングの配送は交換容器内のトナーを残さず使うことにより無駄なトナー廃棄を抑制し、省資源化にも寄与している。またその他の消耗品の予測から、まとめ配送にも取り組んでいる。無駄を省き、人的な接触頻度を減らす更なる進化を続けている。

## 4 突発的故障の要因診断と対処の自動化技術

顧客が遭遇する突発的の不具合の主要ケースである用紙搬送不具合の状態診断・通知自動化システムを構築した。

### 4. 1 用紙搬送不具合の状態診断

JAM履歴、予兆（リトライ）履歴、給紙履歴を分析し、用紙搬送状態の診断結果をCEに通知する仕組みを作り、顧客の不具合遭遇の防止を可能にした。

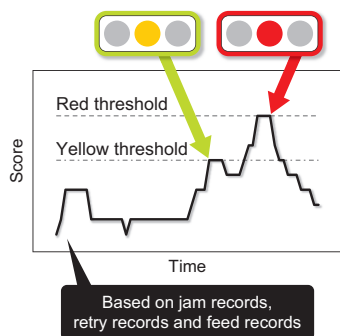


Fig. 7 Status diagnosis and notification of paper transport failure. Based on a score value calculated from the jam history, predictive signs (retries), and paper feed history (jam records, retry records and feed records), a mechanism was created to notify the CE of the diagnosis result of the paper transport status. This made it possible to prevent customers from encountering problems.

### 4. 2 給紙セット状態の可視化

給紙トレイのセット状態に応じて変動する紙搬送速度に着目し、給紙経路への到達時間を監視することで、用紙セット状態を評価する手法を開発した（Fig. 8 Tightはトレイガイドをきつくセットしている状態、Standardはトレイガイドを適切にセットしている状態、赤線はトレイのセット状態が変化した点を表す）。また顧客の使い方による状態変化に対して、効果的な通知手段としてCEへプッシュ型通知を選択したことで、顧客が不具合に遭遇する機会の削減を可能にした。

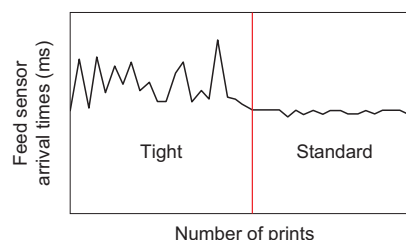


Fig. 8 Visualization of the paper feed set state. We developed a method to evaluate the paper set state by monitoring the arrival time at the paper feed path.

### 4. 3 用紙特性のセンシングによる機械設定の最適化

さらに顧客が不具合に遭遇しないために、最新デジタル印刷システム「AccurioPress C14000/C12000」に搭載したインラインメディア検知機能を活用し、Fig. 9に示す用紙特性をセンシングして、用紙種を自動判別するアルゴリズムを開発した。これにより熟練者でなくても最適な用紙設定ができるようにした。今後は、取得した用紙特性の情報を次章の予兆保全情報共有システムに展開することにより、市場に溢れる多種多様な紙に対して自動で最適な機械動作を提供し、高品質化と利便性の向上に貢献したい。

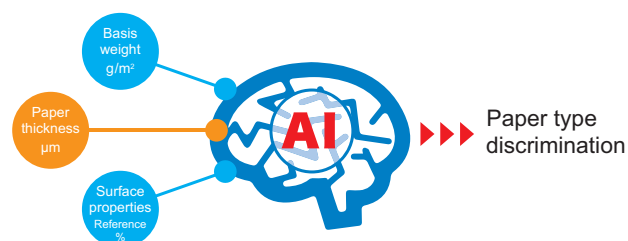


Fig. 9 Paper type discrimination system. We developed an algorithm that automatically determines the paper type by sensing the paper characteristics.

## 5 予兆保全を実現する情報共有システム

マシンのリモート管理に必要な情報は、CEへリアルタイムに情報共有をする必要がある。そこでマシンから収集した詳細情報や予測・分析結果情報をWeb経由でCEへ共有するシステムを構築し、サービス用のポータルサイトを介して、CEに対しリアルタイムでの情報共有を実現した。

顧客先に設置されたマシンデータを定期的に取得し、そのデータを用いて分析・予測や状態診断を行い、分析結果をコールセンターやCEへポータルサイトを介して情報共有を実施。CEは顧客からのコール時にマシンの詳細情報や診断結果情報を参照し、状態を把握した上で顧客先へ訪問し必要なメンテナンス作業を効率的に実施する。また、マシンのリモート診断によりトラブルを検知した場合には、顧客先でのトラブル発生前に対策を実施し、顧客がトラブルに遭遇する頻度の低減に繋がっている (Fig. 10)。

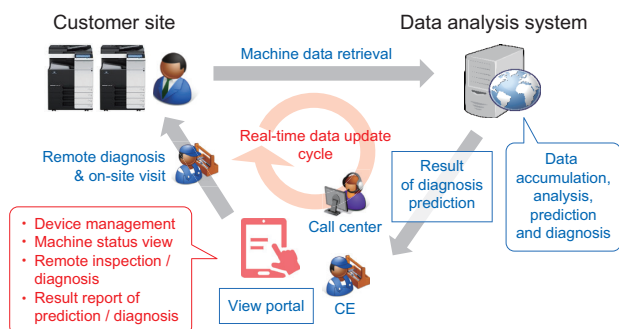


Fig. 10 System for providing prediction information.

We created a system that uses detailed information collected from the machine to carry out prediction and analysis. In addition, it shares the prediction and analysis result information to the CE in real time via the Web.

更に今後は、顧客毎の要求品質と多数のマシンの長期的な状態変化から、マシンがとるべきアクションを判断、自動実行することで、市場での顧客品質向上を目指す。

## 6 おわりに

今後も、市場での顧客品質向上を実現する最適な保守タイミングを提供することで、デジタル印刷機のアップタイムの増大と印刷品質の確保の両立を進め、顧客の事業拡大に貢献していく。

### ●参考文献

- 1) 東立, 酒向峰行, 板垣整子, 坂本和洋ら, “データサイエンス技術を用いた予兆保全の実現”, Konica Minolta Tech. Rep., Vol. 16, pp. 22-25, (2019)