

# 高速センシングを実現したX線厚み計 TOSGAGE-8000RSシリーズ

TOSGAGE-8000RS Series X-Ray Thickness Gauge Enabling High-Speed Sensing

小林 章宏 KOBAYASHI Akihiro 川島 優樹 KAWASHIMA Yuki チャラ デ アポロニヤ Chara DE APOLONIA

X線厚み計は、鉄鋼プラントなどの圧延ラインで、板状の被測定物の厚みをオンラインで測定する装置として広く利用されている。この板厚測定値は、鋼板の板厚を決定する圧延機器のフィードバック制御に用いるため、精度と信頼性が求められる。加えて近年は、圧延機器制御の高速化に伴い、X線厚み計にも高速センシングの需要が高まっている。

そこで東芝インフラシステムズ(株)は、サンプリング周期1msの高速化を実現した新型X線厚み計TOSGAGE-8000RSシリーズを開発した。フィールドセンサーを搭載して圧延ラインの環境データを収集することで、精度と信頼性の向上も図った。

X-ray thickness gauges are commonly used for online measurement of plates in rolling lines at steel plants, etc. Plate thickness measurement values are used in feedback control of rolling equipment which determines steel plate thickness, so precision and reliability are required. Also, in recent years, introduction of high-speed rolling equipment control has resulted in a growing need for high-speed X-ray thickness gauge sensing.

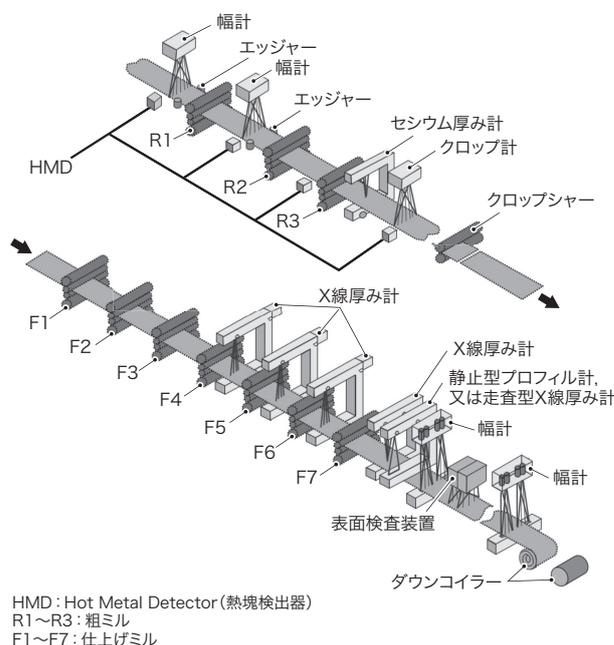
With this in mind, Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation has developed the new TOSGAGE-8000RS series X-ray thickness gauge capable of high-speed sensing at a sampling frequency of 1 ms. Accuracy and reliability have been improved by including a field sensor for collecting rolling line environment data.

## 1. まえがき

X線厚み計は、板状の被測定物にX線を照射し、透過したX線量を検出して被測定物による減衰量を求め、それを厚みに換算することで板厚を測定する装置である。水・油が被測定物の表面に付着しても、鋼板などと比較して低密度でありX線の減衰が少ないため、ほかの測定方式に比べて影響を受けにくい。また、非接触で測定できることや、振動の影響を受けにくいなど耐環境性の利点もある。これらの特長から、水・油の飛散や振動が多い環境である鉄鋼・非鉄金属プラントの圧延ラインなどに、多数採用されている(図1)。

鋼板の板厚は、製品としての重要な品質要素である。X線厚み計は、板厚を決定する圧延機器のフィードバック制御や品質情報の測定に使用されるため、圧延ラインにおいて重要機器と位置付けられる。東芝インフラシステムズ(株)はこれまでに、24時間の連続使用に耐えるとともに、高い精度と信頼性を持つX線厚み計を提供してきた<sup>(1), (2)</sup>。

従来は、圧延機器の制御速度はX線厚み計のセンシング速度に比べて遅かったが、近年は圧延機器の高速化が進んだため、X線厚み計の高速センシングの需要が高まっている。また、スマートファクトリーを実現するために、測定値の異常が発生した場合の原因究明が強く求められている。



HMD: Hot Metal Detector(熱塊検出器)  
R1~R3: 粗ミル  
F1~F7: 仕上げミル

図1. 圧延ラインの概要

圧延ラインの様々な工程において、高温多湿で振動・衝撃が伝わる厳しい環境下で、高速で正確な板厚測定を行っている。

Overview of rolling line

当社は、このような市場ニーズに応じて、高速センシングが可能なX線厚み計TOSGAGE-8000RSシリーズを開発し

た。圧延ラインの環境データを収集するフィールドセンサーを搭載したことで、測定値と環境データの相関分析により異常原因の特定につながる。ここでは、TOSGAGE-8000RSシリーズの概要と特長について述べる。

## 2. TOSGAGE-8000RSシリーズの概要

### 2.1 構成

TOSGAGE-8000RSシリーズは、検出部、現場操作箱、及び制御部から成る(図2)。

検出部には、X線発生器と検出器が組み込まれ、被測定物を挟んで対向するようにフレームに配置される(図3)。X線発生器の上部にある内蔵基準板ユニットで、X線ビーム中に基準板を挿入して、測定値を校正する。検出部の三つのデバイス(X線発生器・検出器・内蔵基準板ユニット)は、それぞれが制御部とEthernet™で接続されている。

現場操作箱は、検出部に接続される可動ケーブルと、電気室に収容された制御部に接続される固定ケーブルを中継する機能、及び検出部から照射するX線のオン/オフを手動操作する機能がある。

制御部には、産業用コンピューターを演算PC(パソコン)として収容し、検出部の操作、及び検出部からの検出結果に基づいた材質などのパラメーターを加味した厚み演算を行う。更に、演算結果を計算機室のプロセスコンピューターに出力する。

### 2.2 仕様

TOSGAGE-8000RSシリーズは、サンプリング周期1ms、

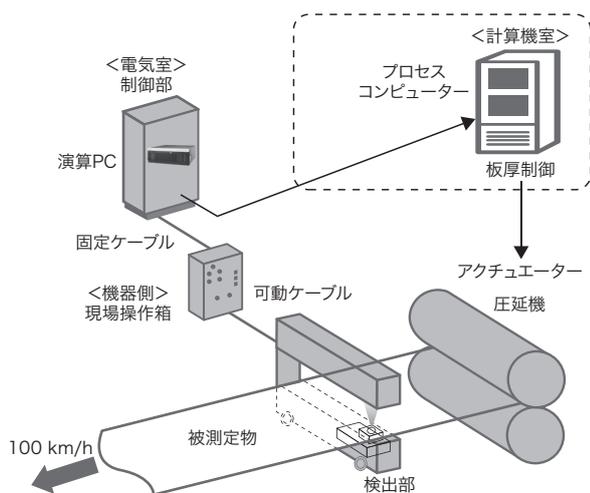


図2. X線厚み計の構成

X線厚み計は、検出部、制御部、及び現場操作箱から成る。現場操作箱は、検出部と制御部に接続されるケーブルを中継しており、検出部から照射するX線のオン/オフを手動操作できる。

X-ray thickness gauge configuration

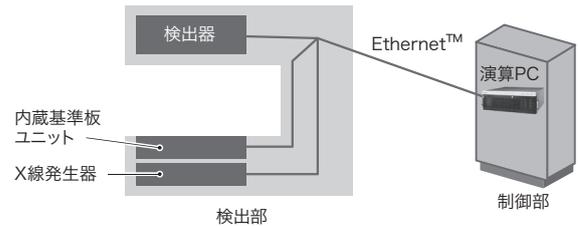


図3. 検出部

X線発生器、検出器、及び内蔵基準板ユニットが組み込まれており、それぞれがEthernet™で制御部と接続されている。

Detector

時定数3msを実現した。従来機種 TOSGAGE-8000Aシリーズのサンプリング周期5ms、時定数10msに比べて更なる高速センシングを実現した。

また、検出部の三つのデバイスのそれぞれにフィールドセンサーとして、温度センサー、湿度センサー、及び加速度センサーを実装し、環境データを取得できるようにした。

## 3. TOSGAGE-8000RSシリーズの特長

### 3.1 通信の高速化

TOSGAGE-8000Aシリーズでは、検出部の三つのデバイスと制御部との、インターネットの標準的プロトコルUDP(User Datagram Protocol)による通信処理のために、三つのデバイスそれぞれにマイコンを搭載していた。TOSGAGE-8000RSシリーズでは、通信処理を全てFPGA(Field Programmable Gate Array)によるハードウェアロジック回路で行うことで、1ms以内の高速処理を実現した。

検出部の三つのデバイスが演算PCへのデータ送信を行うタイミングが重ならないようにするために、まず演算PCがトリガーをブロードキャストし、トリガーに反応する形で各デバイスが時間差を付けてデータを送信する。トリガーは、各デバイスへの命令を全て包含している。通信タイミングの制御を行ったことで、特別なリアルタイムEthernet™プロトコルではなく、TOSGAGE-8000Aシリーズと同じUDPプロトコルで、1msのサンプリング周期を実現した。

### 3.2 フィールドセンサー

フィールドセンサーとして加速度センサーを実装したことで、検出部全体の振動を検知できるようになった。振動は、測定精度に影響する。また、温度センサーのデータを基に、板厚測定値の温度補正ができる。更に、各湿度センサーは機器内への漏水・結露による故障を、未然に検知できる。

フィールドセンサーの測定処理も通信同様にハードウェアロジックで制御するため、通信とは完全に独立した並列処理である。

このように、フィールドセンサーで圧延ラインの環境データを収集して板厚測定値との相関分析を行うことで、異常原因を特定し、環境改善の手掛かりが得られる。

### 3.3 演算PCソフトウェア

演算PCには、TOSGAGE-8000Aシリーズ同様にリアルタイムOS（基本ソフトウェア）を採用した。TOSGAGE-8000RSシリーズでは、リアルタイムOS上のソフトウェアで一定周期のトリガーをブロードキャストしているの、従来は固定値であったサンプリング周期を、演算PCの処理性能や、演算処理内容、検出部台数などに応じて変更できるように、適用の幅が広がった。

### 3.4 拡張性

高精度なX線厚み計を実現するために、TOSGAGE-8000Aシリーズは演算PCプログラムで通信や信号処理を行ってきた。

TOSGAGE-8000RSシリーズでは、演算PCのプログラムに加えて、検出部の三つのデバイスそれぞれに設けた基板でも、将来、信号処理を追加変更可能である。例えばX線発生器にセンサーを追加する場合、従来は検出部と演算PC間の配線を増やす必要があったが、TOSGAGE-8000RSシリーズでは、各デバイスをつなぐEthernet™の通信フォーマットを拡張するだけで機能追加できる。また、デジタル化することでノイズの影響を低減できる。

## 4. あとがき

新たに開発したTOSGAGE-8000RSシリーズは、1 msのサンプリング周期と3 msの時定数を、フラグシップモデルとして当社で初めて実現した高速センシングモデルである。フィールドセンサーから圧延ラインの環境データを収集し、板厚測定値との相関分析を行うことで、異常原因を特定できる。また、ソフトウェアの変更により、機能の追加・変更にも柔軟に対応可能である。

今後、ほかの厚み計製品も高速化するとともに、システム全体の視点から装置を捉え、様々なニーズに応えられる製品をタイムリーに提供することで、顧客に貢献していく。

## 文献

- (1) 小原 哲, 新型X線厚み計 TOSGAGE™-8000Aシリーズ, 東芝レビュー, 2009, **64**, 5, p.54-57.
- (2) 賀川 武, ほか, 圧延ラインの安定稼働や生産効率の向上を実現する計測・検査技術, 東芝レビュー, 2019, **74**, 6, p.47-49.  
<[https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/06/74\\_06pdf/b05.pdf](https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/06/74_06pdf/b05.pdf)>, (参照 2023-08-03).

・Ethernetは、日本における富士フイルムビジネスイノベーション(株)の登録商標。



小林 章宏 KOBAYASHI Akihiro  
東芝インフラシステムズ(株)  
スマートマニュファクチャリング事業部 計測制御機器部  
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



川島 優樹 KAWASHIMA Yuki  
東芝インフラシステムズ(株)  
スマートマニュファクチャリング事業部 計測制御機器部  
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



チャラ デ アポロニヤ Chara DE APOLONIA  
東芝インフラシステムズ(株)  
スマートマニュファクチャリング事業部 計測制御機器部  
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.