

新型X線厚み計 TOSGAGE™ LXシリーズ

TOSGAGE™ LX Series X-Ray Thickness Gauge with Compact Measuring Head for Steel Rolling Lines

福岡 雅之

賀川 武

川島 優樹

■ FUKUOKA Masayuki

■ KAGAWA Takeshi

■ KAWASHIMA Yuki

鉄鋼プラントにおける圧延計測器には、熱間圧延ラインなどの上流工程から表面検査ラインなどの下流工程に至る全工程で、鋼板の厚さ、幅、形状、及び表面欠陥など幅広い計測が求められる。

この分野で東芝の主力製品であるX線厚み計は、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おり、高い精度と信頼性が要求される重要な計測器である。またその検出部は、ライン内の限られたスペースに他の構造物や配管などとの干渉を避けて設置しなければならないことから、小型であることが求められている。このような市場ニーズに応えて、当社は検出部を小型化した新型X線厚み計TOSGAGE™ LXシリーズを開発した。

Rolling line measuring instruments are used to measure the thickness, width, shape, and surface defects of the product at all stages of steel rolling, from upstream processes such as the hot rolling line to downstream processes such as the surface inspection line.

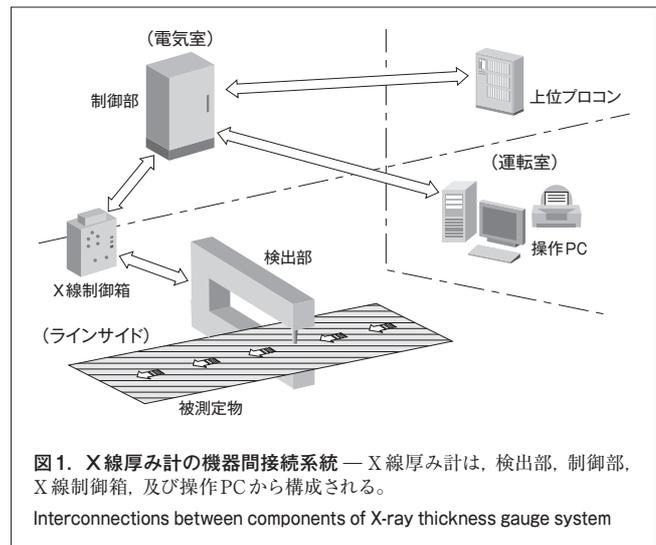
Toshiba has been developing X-ray thickness gauges that are widely used as key rolling line measuring instruments for online measurement of the thickness of steel sheets. In the field of X-ray thickness gauges, downsizing of the measuring head is required for installation in the limited space of rolling lines, in addition to high accuracy and reliability. To meet these demands, we have developed the TOSGAGE™ LX series X-ray thickness gauge with a compact measuring head for steel rolling lines, offering high accuracy and reliability as well as enhanced maintainability.

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線量を測定することで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により板厚を測定する装置である。X線厚み計が設置される圧延ラインの測定空間に飛散する水や油は鋼板に対して低密度であり、これら飛散物に起因する誤差が他の測定方式に比べて小さいという特長がある。また、非接触測定であることや、被測定物を搬送する際の振動の影響を受けにくいなど、耐環境性の利点が多いことから、鉄鋼の圧延ラインなどに多数採用されている。

X線厚み計は、鉄鋼を圧延する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、鉄鋼ラインにおいて重要機器と位置づけられている。そのため、24時間の連続使用に耐えるとともに、高い精度と信頼性が求められる。また、ライン内に設置される検出部は、他の構造物や配管などとの干渉を避けるために小型であることが求められる。

東芝は、このような市場ニーズに応えて、新たに開発したX線発生器を搭載し、検出部を小型化した新型X線厚み計TOSGAGE™ LXシリーズを開発した。ここでは、その概要と主な特長について述べる。



2 概要

TOSGAGE™ LXシリーズの機器構成は、図1に示すように検出部、X線制御箱、制御部、及び操作PC（パソコン）から構成される。以下に、各構成品の概要について述べる。

2.1 検出部

TOSGAGE™ LXシリーズの検出部を図2に示す。

検出部は、油や水蒸気の多いライン内に設置されることから、高い耐環境性能が求められるため、耐油・防錆（ほうせい）

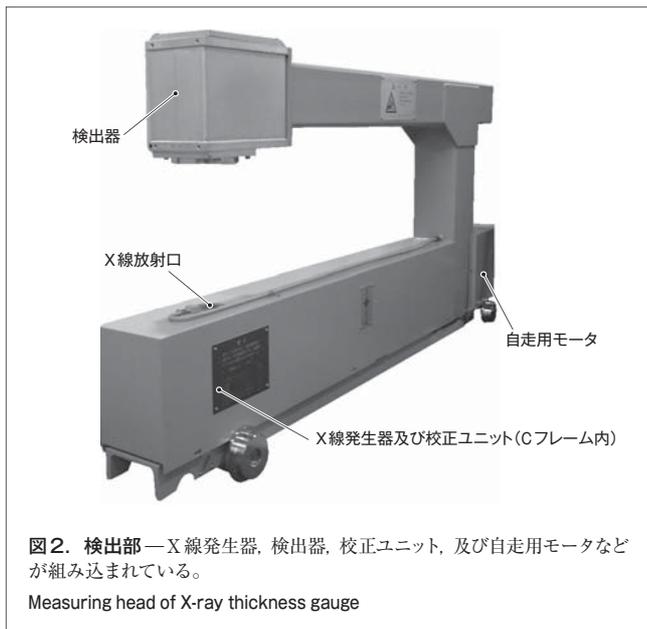


図2. 検出部—X線発生器, 検出器, 校正ユニット, 及び自走用モータなどが組み込まれている。
Measuring head of X-ray thickness gauge

対策などが各所に施されている。検出部のフレームは、図2に示す形状からCフレームと呼ばれ、その下部にはX線発生器が、上部にはX線の放射線量を測定する電離箱を収容した検出器が組み込まれている。このように対向したX線発生器と検出器の間を通る鋼板の板厚を24時間連続で測定する。

X線発生器の上には校正ユニットがあり、これを使用して校正を行うことで、温度変化や、水や油など異物がX線ビーム内にあった場合でも、高精度の測定を継続して行うことができる。校正は、当社独自の校正パターンを検量線に適用することで行う。校正パターンは複数準備されており、校正ユニットに内蔵したサンプル板を測定することで状況に応じた適切な校正パターンを選択できる。

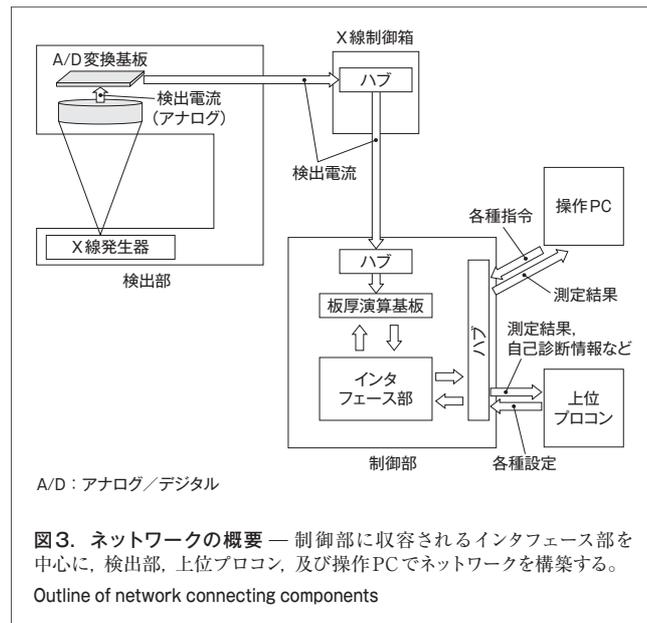
2.2 X線制御箱

X線制御箱の機能には、X線のオン/オフ、シャッタの開/閉、台車の前進、後退、及び停止の手動操作、並びにそれらのインタロック機能がある。

X線制御箱は、検出部を目視しながら手動操作を行う必要があることから、検出部に近いラインサイドに設置されることが多い。ラインサイドは高温多湿で粉塵（ふんじん）なども多いが、X線制御箱の中にはX線発生器をコントロールするX線制御ユニットなどの精密機器を収容しなければならない。そのため、ドライエアやFA (Factory Automation) クーラなどを使用してX線制御箱内の温度と湿度を一定に保つことで、内部に収容した部品の保護を行っている。

2.3 制御部

制御部には、各機器間の伝送を統括するインタフェース部 (PLC: Programmable Logic Controller), 演算処理を行う板厚演算基板, その他制御用電気品, 及び端子台が収容されている。



A/D : アナログ/デジタル

図3. ネットワークの概要—制御部に収容されるインタフェース部を中心に、検出部, 上位プロコン, 及び操作PCでネットワークを構築する。
Outline of network connecting components

2.3.1 インタフェース部 図3に示すように、上位のプロセスコンピュータ (プロコン) 及び、操作PCとの接続用と、検出部との接続用の2系統のTCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ネットワークのLANポートがある。上位プロコンからは測定対象の目標板厚や、各種補正值、コイルID (識別番号) などの設定情報が送られ、それらをインタフェース部から必要な機器へ伝送する。

2.3.2 板厚演算基板 検出部から板厚演算基板へ送られるデータは、鋼板を透過して減衰した放射線量を電気信号 (nA オーダーの電流値) に変換したものである。板厚演算基板は、この電流値を板厚値へ換算し、各種補正処理を行って板厚測定実績値として算出する。

この板厚測定実績値と、インタフェース部から受け取った目標板厚情報とを比較し、板厚偏差量としてアナログ信号で外部へ出力する。この偏差量の出力信号がリアルタイムで圧延制御に使用される。

2.4 操作PC

操作PCには、制御部から送られてくる測定データの保存・表示機能のほか、校正指令などの各種操作機能がある。操作PCは通常、ラインを監視できる運転室に設置され、オペレーターがX線厚み計を遠隔操作できる。

3 仕様

TOSGAGE™ LXシリーズの主な仕様を表1に示す。

測定仕様は従来機種と同等にしているが、新しい校正方法を採用したことにより、オンライン校正に要する時間を従来機種の120 sから5 sに短縮した。

表1. 主な仕様

Main specifications of X-ray thickness gauge

項目	仕様
測定範囲	0.1 ~ 8.0 mm
材質補正範囲	± 15 % (純鉄基準)
再現性	± 0.1 % 以下 (2σ)
雑音	0.05 % (2σ, 測定板厚: 1.0 ~ 8.0 mm) 0.06 % 又は 0.12 μm の大きいほう (2σ, 測定板厚: 0.1 ~ 0.999 mm)
ドリフト	0.1 % + 0.2 μm / 10 h (1σ, IEC 61336)
校正時間	5 s

σ : 標準偏差
IEC 61336 : 国際電気標準会議規格 61336

4 特長

TOSGAGE™ LXシリーズの主な特長を以下に述べる。

4.1 検出部の小型化

鉄鋼プラントの圧延ラインでは、様々な機器や配管が限られたスペースに設置されているため、狭いスペースにX線厚み計の検出部を設置しなければならない場合がある。特に、既存ラインへのX線厚み計の増設や老朽設備の更新などでは、設置スペースの制約は設計上大きな問題となることがある。従来機種において検出部のサイズでもっとも制約が大きいのは、X線発生器と校正ユニットが収容されるCフレーム下側の部分であった。

X線発生器はX線管、高圧発生器、トランス、及び整流器で構成され、当社のX線発生器は、これらの機器を一つの容器に収容した一体型構造である点に特長がある。これにより、高圧発生部が外部に露出しないため安全で、高圧ケーブルの定期的なメンテナンスも不要であることから、高い耐環境性と信頼性を提供している。TOSGAGE™ LXシリーズでは、新たに開発した小型の一体型X線発生器を使用した(図4)。

更に、当社独自の新たな校正方法を採用し小型化した校正

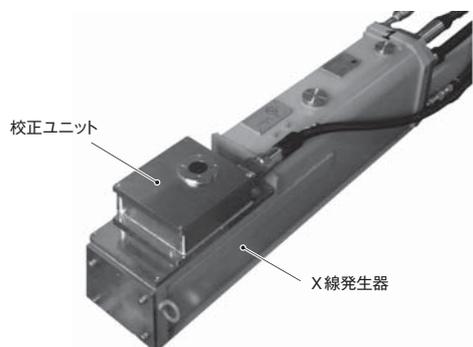


図4. X線発生器 — TOSGAGE™ LXシリーズ向けに小型の一体型X線発生器を新たに開発した。
X-ray generator

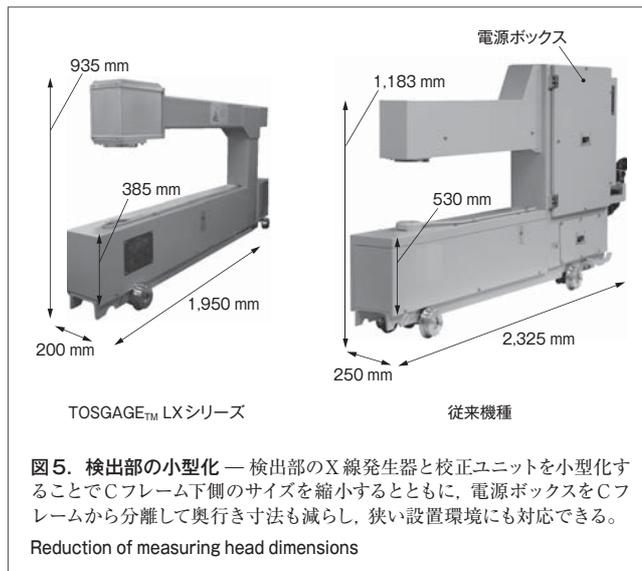


図5. 検出部の小型化 — 検出部のX線発生器と校正ユニットを小型化することでCフレーム下側のサイズを縮小するとともに、電源ボックスをCフレームから分離して奥行き寸法も減らし、狭い設置環境にも対応できる。
Reduction of measuring head dimensions

ユニットを使用することで、従来機種に比べてCフレームサイズを小型化できた。特に最小化が求められるCフレーム下側のサイズも、図5に示すように幅を約20%、高さを約30%縮小できた。

また、X線制御ユニットなどを収容していた電源ボックスをCフレームから分離してX線制御箱に収容することにより、奥行き寸法も減らし、ラインサイドで必要になるメンテナンススペースも削減できた。

4.2 高精度なX線検出

X線を検出する電離箱から得られる電気信号は 10^{-11} A程度の微小電流であるが、この信号を板厚演算基板までの数十mの距離を伝送するためにA/D(アナログ/デジタル)変換を行っている。

A/D変換を行う基板には、高分解能のA/D変換器やデジタル変換された信号を伝送するためのLANインタフェースなどアナログ信号とデジタル信号を混在させなければならない。従来、高精度の測定を行う場合、ノイズの影響を避けるためにアナログシステムとデジタルシステムを極力離して設計するが、設置条件の制約から基板サイズを最小にする必要がある。

従来機器用に開発したX線検出電流用A/D変換基板は、部品配置の工夫により、小型でありながらシールド板なしでA/D変換値のフルスケールに対して電気雑音を約10 ppmに抑える耐雑音性を持っている。今回のTOSGAGE™ LXシリーズにおいても従来機種で実績のある基板を採用して高精度のX線検出を可能にしている。

4.3 省配線システムの採用

従来機種では、電気室の制御部とラインサイドに設置されるX線制御箱との信号のやりとりはリレーシーケンスで組まれており、一点一点ワイヤリングすることで状態信号や指令信号を伝送している。

TOSGAGE™ LXシリーズではワイヤリング数を削減するために、端子台ユニットで入出力される複数の信号をPLCのマスユニットへ一括して伝送できる省配線システムを導入した。これにより、信号1点ごとにワイヤリングが必要だった配線が伝送ラインだけに集約され、ケーブル接続点数を従来機種と比べて約40%削減できた。

4.4 操作PCのHMIソフトウェアの改善

操作PCのヒューマンマシンインタフェース (HMI) は、Webブラウザ上で動作するソフトウェアを採用し、一目でわかる視認性と操作性を追求しており、デザイン性にも優れている (図6)。

画面中央に測定した板厚偏差量のトレンドがリアルタイムにグラフで表示されており、カーソルを合わせることで任意の箇所を表示できる。また、ソースを一部公開しているため、ユーザー側で画面を使いやすいようにカスタマイズすることもできる。

4.5 環境調和型製品への取組み

当社は、持続可能な資源循環型社会の構築に向け製品ライフサイクル全体で発生する環境負荷を低減した環境調和型製品の開発に取り組んでいる。

TOSGAGE™ LXシリーズは、消費電力の削減や筐体 (きょうたい) の小型化などによって、従来機種と比べて二酸化炭素 (CO₂) 排出量の削減を図っており、環境効率を向上させた製品となっている。



図6. 操作PCのHMI画面 — 測定データのリアルタイム表示や過去の測定データの表示、及び各種設定機能がある。また、ユーザー側で画面を使いやすいようにカスタマイズできる。

Human-machine interface (HMI) of operating PC

5 あとがき

新型X線厚み計 TOSGAGE™ LXシリーズは、新たに開発したX線発生器と校正ユニットによって検出部の小型化を実現したことで、鉄鋼プラントのライン内の限られたスペースに設置できる。また厚み計測システムとして、各種機能を明確に分離した最適な機器構成の採用と機器間のネットワークを再構築することで保守性の向上も実現した製品である。

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. 64, 5, 2009, p.54 - 57.



福岡 雅之 FUKUOKA Masayuki

社会インフラシステム社 府中事業所 計測制御機器部。
圧延計測機器の開発に従事。
Fuchu Complex



賀川 武 KAGAWA Takeshi

社会インフラシステム社 府中事業所 計測制御機器部主務。
圧延計測機器の開発に従事。
Fuchu Complex



川島 優樹 KAWASHIMA Yuki

社会インフラシステム社 府中事業所 計測制御機器部。
圧延計測機器の開発に従事。
Fuchu Complex