

TC-net 100 による厚み計と 制御機器間の高速リアルタイムデータ伝送

High-Speed Real-Time Data Transmission between Thickness Gauge and Control Equipment via TC-net 100

賀川 武 KAGAWA Takeshi 渡邊 慶典 WATANABE Keisuke 山田 裕太 YAMADA Yuta

製造業の生産性向上を目指し、現場機器のデジタル化が求められている。現場機器から得られるデジタルデータをリアルタイムに収集・分析することで、効率的な製造プロセスの監視及び制御が行える。

東芝は、鉄鋼プラントの圧延ライン向けに、板状の被測定物の厚みをオンラインで測定する厚み計を提供している。今回、高速かつリアルタイムにデータ伝送を行える情報・制御ネットワークTC-net 100による厚み計と制御機器間の接続を実現するためのアプリケーションインターフェースライブラリーを開発した。これにより、リアルタイム性を維持しながら板厚測定値出力のデジタル化が図れ、圧延ラインのデジタルトランスフォーメーション(DX)化に貢献している。

With the aim of improving productivity, manufacturing industries are making efforts to promote the digitalization of on-site equipment to analyze various data collected from manufacturing sites in real time to streamline manufacturing process monitoring and control.

Toshiba Corporation develops and provides thickness gauges for measuring the thickness of metal sheets manufactured in rolling lines at steel plants online. We have developed a new application interface library that facilitates connecting the thickness gauge and control equipment via the TC-net 100 information and control network capable of high-speed real-time data transmission. This library makes it possible to digitalize thickness measurement values while maintaining real-time performance, contributing to the progress of digital transformation (DX) in steel rolling lines.

1. まえがき

東芝は、製造業の発展に貢献するため、長年にわたり最新の技術を取り入れた計測・制御システムを提供している。この中で、鉄や、アルミニウム、銅、チタンなどの圧延及びプロセスライン向けには、高精度な厚さ測定と長期にわたる安定稼働が可能な厚み計を提供している。

厚み計による板厚測定値は、圧延機での板厚制御や生産された材料の品質データとして使用される。板厚制御はリアルタイムに行っているため、従来、板厚測定値の信号にはリアルタイム性や出力の可読性に優れたアナログ信号を利用してきた。一方近年では、現場設置機器のOT(制御・運用技術)とIT(情報技術)の連携を強化し、デジタルデータを最大限活用したプラントの最適化や効率化に向けた要求が高まっている。

ここでは、当社の情報・制御ネットワークであるTC-net 100によって厚み計と制御機器間のデータ伝送を可能にするためのアプリケーションインターフェースライブラリーを開発し、板厚測定値出力の高速出力とデジタル化を実現したことについて述べる。

2. 厚み計の構成

厚み計は検出部と制御部から成る(図1)。

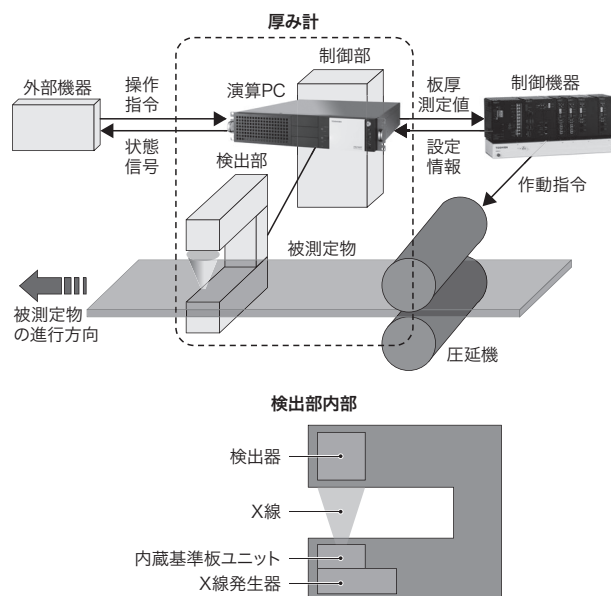


図1. 厚み計の構成

厚み計で測定した板厚値を圧延制御用機器に出力することで、板厚を制御する。

Thickness gauge and detector configurations

検出部はコの字型のフレームで、被測定物の圧延ライン内に設置される。下側フレームには内蔵基準板ユニットとX線発生器があり、上側フレームには検出器が配置されている。

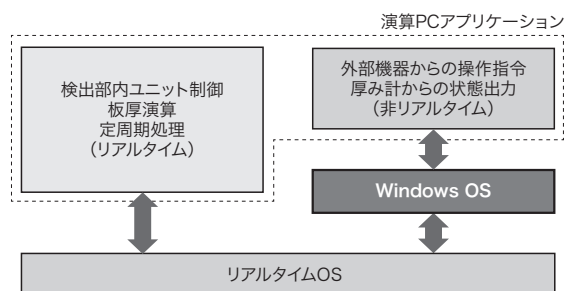


図2. 演算PCのアーキテクチャー

最適な処理を行うために、高速なリアルタイムOS制御と拡張性の高いWindows OS制御に分けている。

Thickness gauge processing unit architecture

る。被測定物は検出部上下フレーム間を通過し、検出器が被測定物を透過したX線量を計測して制御部に出力する。内蔵基準板ユニットには板厚測定値校正のための基準板とその駆動装置が収納されている。

制御部には演算PC（パソコン）が収納され、板厚測定に必要な処理や各ユニットの制御を行う。厚み計は板厚を計算するために必要な被測定物の設定情報を制御機器から受信し、設定情報とX線量に基づき板厚を求めて制御機器に出力する。制御機器は板厚測定値を基に圧延機を作動させて板厚を制御する。演算PCには当社製の産業用コンピュータを採用し、24時間連続稼働が可能である。拡張インターフェースには外部機器との信号入出力を担うカード、並びに通信用カードを実装している。

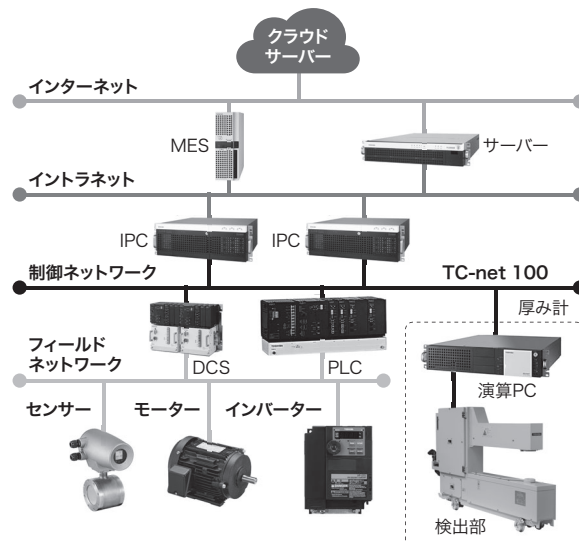
演算PCのOS（基本ソフトウェア）アーキテクチャーは拡張性の高いWindows OSと、リアルタイムOSの組み合わせから成る（図2）。検出部内の各ユニットの制御や板厚演算などの高速かつ定期で処理が必要なアプリケーションの制御をリアルタイムOSが行い、外部機器からの操作指令や厚み計からの状態出力の制御などはWindows OSが行う。これにより多様な外部機器への柔軟な対応が可能となる。

3. 情報・制御ネットワークTC-net 100の採用

製造業では、現場設置機器と情報システムを連携し、リアルタイムデータを活用した操業状態の可視化や、その結果に基づいた方針を迅速に現場へフィードバックするスマートマニュファクチャリングの需要が高まっている。

当社も、OTとITを融合した製品やサービスを提供して計測・制御システムのDX化に貢献している⁽¹⁾。

TC-net 100は、伝送速度が100 Mビット/sで、Ethernetのオープン性を維持しながら、衝突（コリジョン）回避機能及び確定的実時間応答性を備えており、当社製コントローラー



MES: Manufacturing Execution System (製造実行システム)
IPC: Industrial PC (産業用PC)
DCS: Distributed Control System (分散制御システム)
PLC: Programmable Logic Controller

図3. ネットワーク構成

プラント内のネットワークにTC-net 100を介して厚み計を接続することで、板厚測定値をリアルタイムに出力できる。

Example of hierarchical structure of network systems at steel plant

の情報・制御ネットワークとして、監視装置、コンピューター、コントローラー間的高速・実時間伝送を実現している⁽²⁾。TC-net 100を厚み計と制御機器間のデータ伝送に適用することで、プラント内のTC-net 100ネットワークに厚み計がつながり（図3）、板厚測定値のデジタル値をリアルタイムに出力できる。

4. アプリケーション構造

厚み計でTC-net 100伝送を実現するには、演算PCの拡張インターフェースにPCIe（Peripheral Component Interconnect Express）バスカードのTC-net 100カードを実装し、演算PCアプリケーションからリアルタイムOSを介してTC-net 100カードにアクセスする必要がある。

ユーザー空間からリアルタイムOSカーネルを経由してTC-net 100カードの制御を行うためのアプリケーションインターフェースライブラリー（TC-netライブラリー）を新たに開発した（図4）。

5. 板厚測定値出力に要する処理

既にリリースしている、演算処理を1 ms周期で行う高速版X線厚み計⁽³⁾にTC-net 100を接続した場合の板厚測定値出力時間について述べる。

演算PCアプリケーションから厚み計のTC-net 100カー

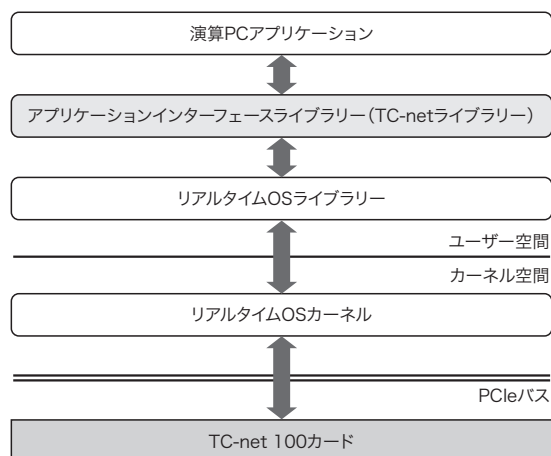


図4. TC-net 100カード制御用アプリケーション構成

TC-net ライブラリにより、演算PCアプリケーションからリアルタイムOSライブラリ・カーネルを経由してTC-net 100カードの制御を行う。

Configuration of applications to control TC-net 100 card

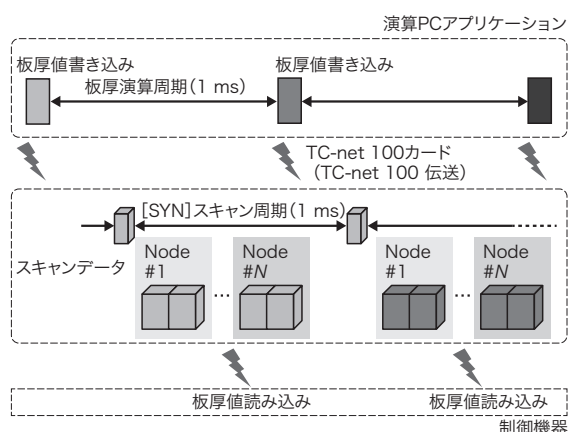


図5. TC-net 100通信スケジュール

演算周期1msで書き込まれる板厚測定値と、周期1msのスキャンデータ伝送により、2ms以下の高速かつリアルタイムに板厚測定値を制御機器に出力できる。

TC-net 100 data transmission scheduling

ドに、板厚測定値が1ms周期で書き込まれる。また、TC-net 100の制御方法はスキャン伝送方式であり、[SYN] (SYNフレーム)を起点として、ノード間でデータをスキャン周期1msで同期する。このとき、演算PCアプリケーションとTC-net 100伝送は非同期で動作しているため、厚み計ソフトウェアから制御機器までの測定値出力時間は2ms以下となる(図5)。このほか、板厚測定値以外の情報もTC-net 100での伝送に含まれるので、厚み計状態の常時監視など、設備稼働状況の見える化にも貢献できる。

6. あとがき

今回の開発により、厚み計と制御機器間がTC-net 100で接続され、リアルタイム性を維持したデジタル化が可能となり、製造現場でのスマートマニュファクチャリングの実現に寄与できるようになった。

厚み計で使用するX線発生器の異常予兆検出システム⁽⁴⁾の提供とともに、引き続き製造ラインの安定稼働や生産性向上に貢献していく。

文 献

- (1) 本島大地, ほか. エッジリッチなCPSを実現する制御システム向けIoT対応コントローラー. 東芝レビュー. 2021, **76**, 1, p.46-49. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2021/01/f04.pdf>>, (参照 2025-05-09).
- (2) 梅田裕二, ほか. タイムクリティカルネットワーク TC-net 100™とその応用. 東芝レビュー. 2002, **57**, 9, p.46-49.
- (3) 小林章宏, ほか. 高速センシングを実現したX線厚み計TOSGAGE-8000RSシリーズ. 東芝レビュー. 2023, **78**, 6, p.36-38. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2023/06/b04.pdf>>, (参照 2025-05-09).
- (4) 川島優樹, ほか. X線厚み計用X線発生器の異常予兆検出システム. 東芝レビュー. 2022, **77**, 1, p.23-26. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2022/01/a06.pdf>>, (参照 2025-05-09).

・Ethernetは、富士フイルムビジネスイノベーション(株)の登録商標。

・Windowsは、米国及びその他の国におけるMicrosoft Corporationの商標又は登録商標。



賀川 武 KAGAWA Takeshi
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
Microelectronics System Components Dept.



渡邊 慶典 WATANABE Keisuke
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
Microelectronics System Components Dept.



山田 裕太 YAMADA Yuta
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
Microelectronics System Components Dept.