

遠隔掘進管理システムの開発(トンネル機械)

Development of Remote Monitoring System for Tunnel Machine

清水 義信
Yoshinobu Shimizu
足利 重明
Shigeaki Ashikaga

近年、コマツのトンネル機械(シールド, TBM)は日本国内だけでなく、中国など海外でも稼動する機会が増えている。そこで、国内外で稼動する多くのトンネル機械を効率よくサービスするために、トラブルの未然防止や故障時に迅速な対応を取ることができるシステムが必要となる。

今回開発した遠隔掘進管理システムは、各トンネル施工現場の掘進管理パソコンをインターネットで接続し、現場でモニタするのと同様な画面を遠隔地でモニタして機械の状況を把握できる。また、現場の掘進管理パソコンには、機械の操作およびセンサ情報のデータを時系列にファイル保存しており、トラブル時の要因解析を行える。さらに、トンネル機械を制御しているPLC(シーケンサ)にも接続でき、機械の詳細な状況チェックやプログラム変更も遠隔地から行うことができる。

ここでは、システムの構成および特長と活用の方向を報告する。

In recent years, more and more tunnel machines (shields and TBMs) of Komatsu have been operated not only in Japan but also in China and other countries. In order to ensure efficient service of many tunnel machines in operation at home and abroad, it is necessary to establish a system which helps prevent machine troubles before they happen and which permits taking suitable measures promptly in case some trouble should occur.

With the remote monitoring system for tunnel machine that has been developed recently, it is possible to link to the Internet the personal computers installed at tunnel construction sites for excavation control and to remote-monitor the conditions of the tunnel machines on the screens similar to those used for monitoring in the fields. In the personal computers for on-site excavation control, data about machine operations and sensor-supplied information are stored in files on a time-serial basis. These files are helpful for factor analysis of various troubles. In addition, it is possible to connect the system to the PLCs (sequencers) that are controlling the tunnel machines in operation and to check the machine conditions in detail and modify the programs from a remote site.

This paper describes the configuration and features of the system and the direction of system development in the future.

Key Words: Remote Monitoring System for Tunnel Machine, Real-time Monitoring, Software for Remote Control, Dial-up Connection to the Internet, Collection of Machine Data.

1. 開発の目的

従来、トンネル機械の掘進状態やマシン状態を確認するためには、そのつど現地へサービス員を派遣するなどして実施している。しかし、近年、コマツのトンネル機械は国内だけでなく海外でも稼動する機会が増えており、そのつど現地へ出向いて確認していると多大な費用がかかる。また、従来の掘進管理システムはユーザが管理しており、マ

シンデータの履歴を機械メーカー側で把握できなかつたため、機械のメンテナンス時期の見極めも困難であった。そこで、サービス拠点から各トンネル施工現場の状況を把握し、トラブル時の迅速な対応と機械の的確なメンテナンスに活用できる遠隔掘進管理システムを開発した。

2. システム概要

図1にシステムの構成を示す。

トンネル機械の操作盤にはマシンを制御するPLCがあり、各アクチュエータへの動作指令の出力や、マシンに取り付けられた各センサ情報などの入力を行っている。また、マシンの掘進位置を測量するための測量・線形管理装置も設置され、この情報もPLCに取り込まれる。これら掘進に関する情報をPLCから構内モデムを介して、数km先の地上現場事務所にある掘進管理PCでリアルタイムにモニタリングし、またデータ収集をして、掘進およびマシン状態を管理する。ここまでが従来のトンネル施工現場での管理システムである。

そして、今回開発した管理システムでは、現場事務所の掘進管理PCをインターネット回線に接続し、サービス拠

点の遠隔モニタPCに現場掘進管理PCと同じ画面を表示する。また、従来収集していたマシンに取り付けられた各センサ情報などだけでなく、操作スイッチなどによるマシンの操作情報なども収集してファイル保存し、遠隔モニタPCへファイル転送できる。このように、トンネル施工現場から遠隔にあるサービス拠点にて、現場の掘進管理PCと同様の画面をリアルタイムで見たり、収集データ管理を行えることより、トンネル機械のメンテナンス時期の把握やトラブル時の対応を現場に出向かずに出来る。

さらに、システムの特長として、市販のリモートコントロールソフトを使用しており、現場掘進管理PCがコマツ製でなくても遠隔モニタPCと接続できる。また、1:nの接続が可能なので、サービス拠点の遠隔モニタPC1台で複数の現場をモニタリングすることができる。

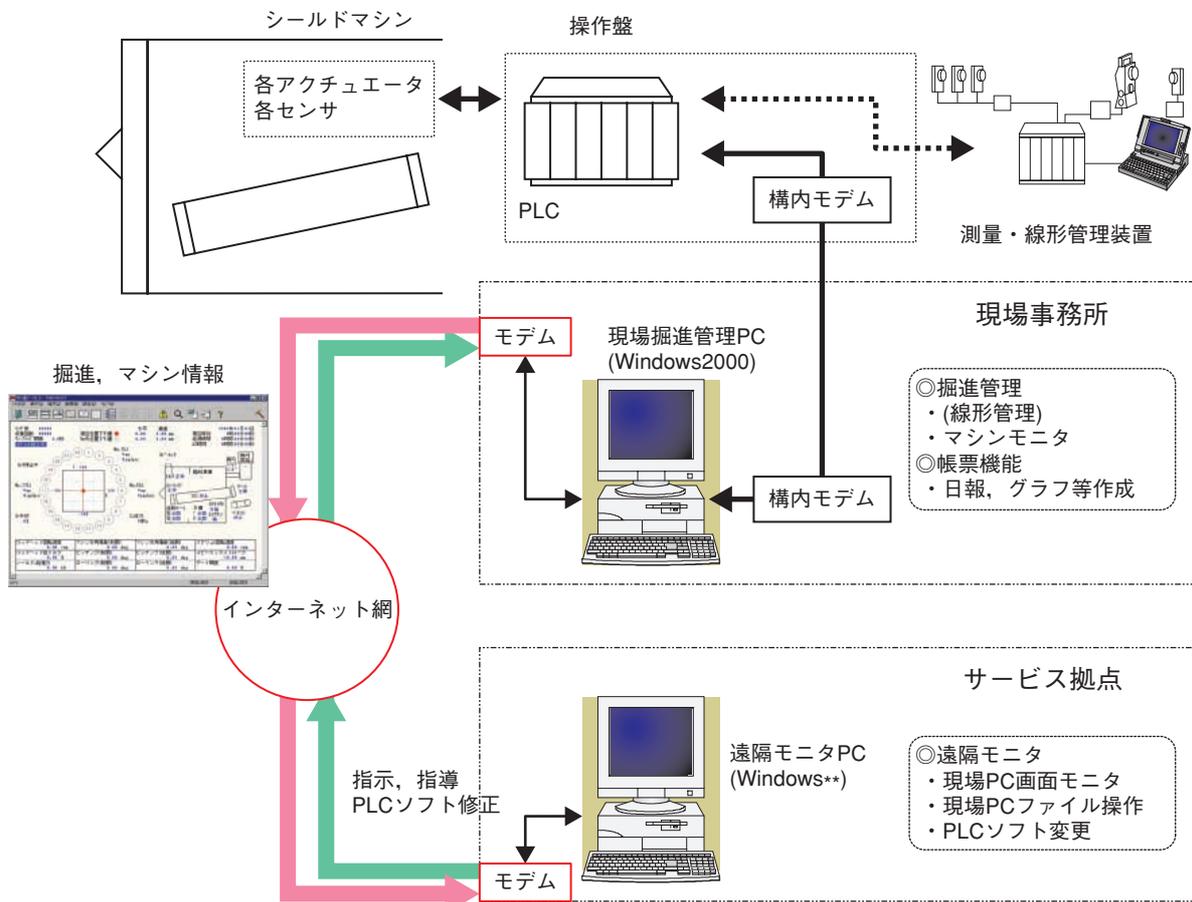


図1 システム構成図

3. 現場掘進管理 PC の機能

トンネル施工现场の地上現場事務所にある掘進管理PCには、マシンごとに作成された掘進管理ソフトウェアを搭載し、それにより以下のような機能を有する。

また、リモートコントロール用のソフトウェアも搭載する。

①リアルタイムモニタ

現在、収集しているトンネル機械のずれ量データ・マシンデータ・操作データを数値・グラフ・文字でリアルタイムに表示する。

・掘進状況モニタ

掘進状況モニタ例を図2に示す。

ジャッキストロークなどのセンシングデータや作業モードなどの掘進状況、測量・線形管理装置で計測する計画線からの位置ずれ量の表示およびグラフ表示を行う。

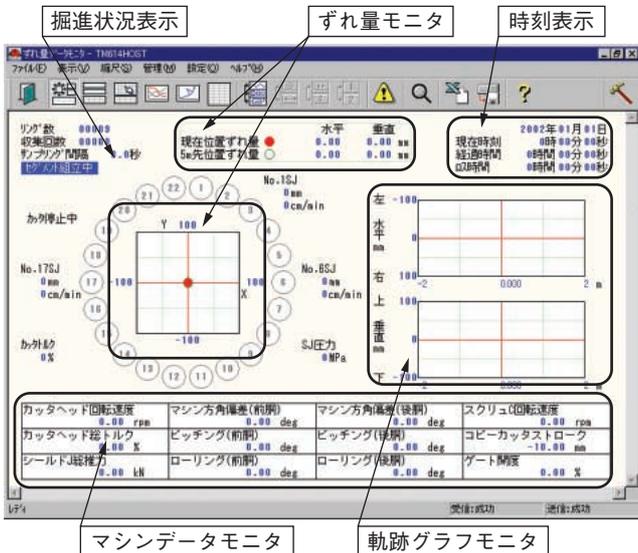


図2 掘進状況モニタ例

・マシン状況モニタ

マシン状況モニタ例を図3に示す。

位置ずれ量やマシンセンシングデータと同時に現在のマシン運転状況を表示する。

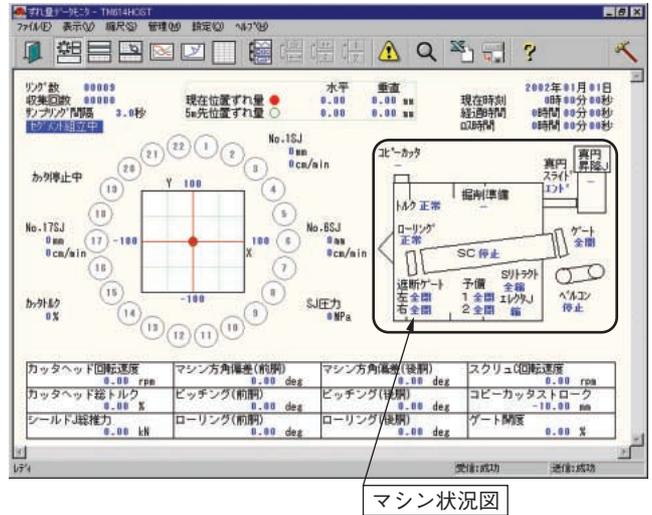


図3 マシン状況モニタ例

・マシン操作モニタ

マシン操作モニタ例を図4に示す。

現在のマシン運転操作スイッチ状態やポンプ起動状態などを表示する。



図4 マシン操作モニタ例

②データ収集・収録

設定した時間または設定した掘進距離ごとにマシンの各データ・操作したスイッチなどの情報をハードディスクにファイル保存する。時系列にマシンデータおよびその時の操作や運転状態を収録することにより、トラブル時の要因解析を確実にできる。

③線形管理

計画線データの入力および計画線に対する現在位置の表示。モニタ表示例を図5に示す。

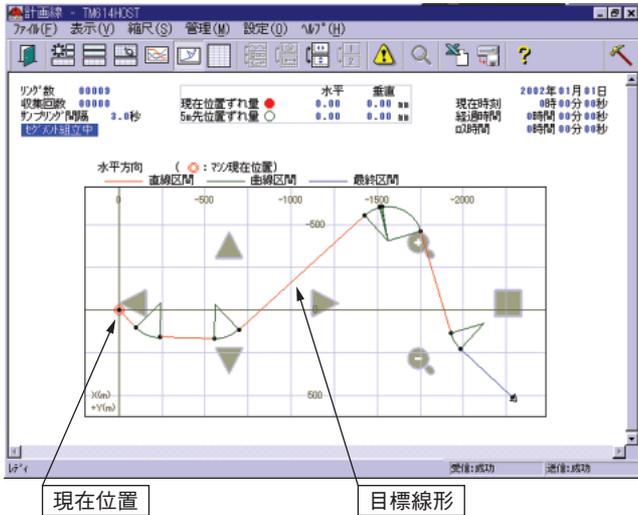


図5 線形管理(計画線データ)モニタ例

④帳票管理

収録したデータから日報・グラフを作成。収録されたデータファイルはテキストファイル形式になっている。このEXCEL上で動作する帳票管理ソフトウェアは、収録されたデータを有効に活用するために、テキストファイルの内容をEXCEL上で展開し、なおかつマシンデータの項目名・操作スイッチ名などを併記して見易くした。これはソートや印刷などがEXCEL上で容易に行えるようにするためである。日報例を図6に示す。



図6 日報例

4. 遠隔モニタPCの機能

サービス拠点に設置する遠隔モニタPCには、市販のリモートコントロールソフトウェアを搭載し、それにより以下のような機能を有する。

①表示

現場掘進管理PCの画面をそのままリアルタイムに表示し、遠隔地でモニタリングする。

②ファイル転送

現場掘進管理PC内の収録データファイルを転送・取得する。定期的に現場から収録データを取得し、マシン状態を監視してトラブルの未然防止に活用できる。また、故障発生時にも直前の収録データを取得して迅速に要因解析を行える。

③チャット機能

現場とサービス拠点の双方で画面を見ながら、音声による会話や文字入力によるメッセージ交換ができる。

④ダイヤルアップ/インターネット接続

現場掘進管理PCとインターネット接続する。設定画面例を図7に示す。

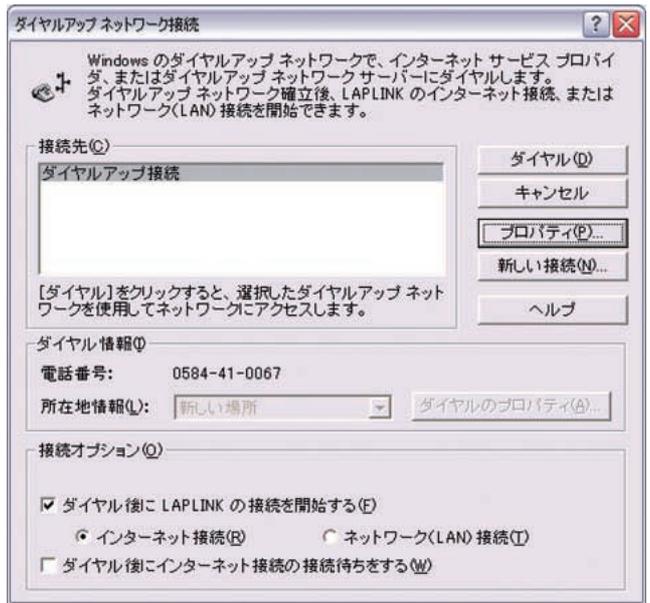


図7 ダイヤルアップ/インターネット接続画面例

⑤リモートコントロール

現場掘進管理PCのシステムやWindowsアプリケーションを遠隔モニタPCから操作できる。

⑥マシン制御用PLCコントロール

現場掘進管理PCにPLCラダー編集ソフト(GPP)をインストールし、マシン制御用PLCとモデム経由で接続すれば、遠隔モニタPCから現場掘進管理PCのラダー編集ソフトを起動して、現場のマシン制御用PLCをモニタ・コントロールできる。これにより、掘進管理PCではモニタできない情報もPLCと接続してモニタできる。また、PLC

のソフト変更が必要になった場合も同様に、遠隔モニタPCから変更を行う(あたかも現場掘進管理PCで操作しているように)こともできる。

5. リモートコントロールソフトウェアについて

現場掘進管理PCに搭載する掘進管理ソフトウェアは、マシン仕様に合わせて作成するために表示・取り扱いデータなどすべて異なるものとなっている。また、必ずしもコマツ製のソフトウェアが搭載されるとも限らない。このように、現場ごとに異なる掘進管理ソフトウェアに個別対応した遠隔モニタソフトウェアをそのつど開発してマシンサービスに活用するには、多大な費用がかかり、また稼働マシン数だけ個別に管理する必要があるため、実用的ではない。そこで、市販のリモートコントロールソフトウェアを採用・搭載することで、安価に、かつ、多様な状況に対応可能とした。

6. 接続テスト結果

56kモデムを搭載した掘進管理PCおよび遠隔モニタPCの2台を用意して、それぞれ社内電話からのダイヤルアップにてインターネットプロバイダに接続し、リモートコントロール実行時の表示・操作性の確認を実施した。この時の通信速度は、28.8kbpsであった。

当初、掘進管理ソフトウェアは、1秒ごとにPLCよりマシンデータをシリアル通信にて取得し、そのタイミングで全画面再描画をして表示をしていた。

この時、リモートコントロールすることなく掘進管理PC単独で使用している分には、表示・操作性とも何の問題もなく動作するが、リモートコントロールを実施すると、掘進管理PC側ではマウスポインタの移動やダイアログ表示などの画面表示処理が遅くなり、操作性が悪化した。また、遠隔モニタPC側では、画面表示(更新)間隔が十数秒程度となり、リアルタイム性がなかった。

これは、頻繁に全画面再描画を行っているため、通信データ量が大量となり、通信速度も遅いことから処理に時間がかかったことが原因であり、データおよび状態が変更された部分のみを再描画するように掘進管理ソフトウェアを修正した。

この結果、表示・操作性とも、それぞれ改善され、遠隔モニタを行ううえで、実用上問題のないレベルに達することができた。

また、石川県小松工場を施工現場(掘進管理PC)、神奈川県をサービス拠点(遠隔モニタPC)と仮定して、上記と同様の接続方法で、遠隔モニタPCより掘進管理PC内のPLCラダー編集ソフトを起動し、PLCソフト変更を行うテストを実施した。

通信速度が28.8kbpsと低速なため、応答性の遅れが見られた。ただし、変更操作自体は実施することができ、この通信速度でもなんとか使用できることが確認できた。

7. 今後の方向

通信速度が高速になればテストで見られた応答遅れの問題は解決できると考えるが、オフィスや一般家庭と違い工事期間中のみ稼働すればよい現場事務所にて、お客様にメンテナンス向けとして高速通信回線を引いていただき、また本システムを採用していただくためにも、ハードウェアのみではなく、実サービス・フォローのソフトウェアの充実も重要である。今後は、サービス部門と協力して実用化し、お客様により高いサービスを提供できるようレベルアップを図りたい。

筆者紹介



Yoshinobu Shimizu

しみず よしのぶ
清水 義信 1981年、コマツ入社。
現在、コマツ 建機マーケティング本部 地下建機事業室 エンジニアリングセンタ所属。



Ashikaga Shigeaki

あしかが しげあき
足利 重明 1990年、コマツ入社。
現在、コマツ 建機マーケティング本部 営業本部 ワーキングギア開発部所属。

【筆者からひと言】

トンネル機械の故障発生時に、遠隔地からでも要因解析できるようなシステムを目的に、あわよくば制御用プログラムも遠隔地から変更できればと考えて開発した。それがテスト段階とはいえ達成でき、これからはサービス部門と協力して現場で採用していきたい。