

管内画像解析システムによる錆の定量化技術とその活用

日本電信電話株式会社	アクセスサービスシステム研究所	正会員	○山下 宏幸
日本電信電話株式会社	アクセスサービスシステム研究所	正会員	瀬川 信博
日本電信電話株式会社	アクセスサービスシステム研究所	正会員	山崎 泰司
日本電話施設株式会社	NTT事業本部		野村 祐司

1 はじめに

NTTの地下管路設備は、日本全国約63万延長kmに及ぶ。これら膨大な地下管路設備は建設後30年を経過したものが現在約60%を占めており、通信サービスを安定供給する上で、経年劣化による地下管路設備の老朽化が懸念されている。特に金属管路については、塩化ビニル管に比べ、老朽化割合が大きく、その不良原因として錆による劣化が大半を占めている現状にある。この金属管路の錆の判定方法について、現在、NTTではパイプカメラによる目視点検を行ない、劣化状況を判断している。しかしながら、①判定が点検作業員の感覚やスキルに依存、②状況によって劣化部分が発見しにくい、③判定にベテラン技術者を要している、等の課題がある。

そこで、現行パイプカメラを用いた管路点検に輝度色差法(YCbCr法)を用いた「管内画像解析機能」を追加し、金属管路の劣化原因の大半を占める錆について、色分析を行い定量的に腐食率を算出する新たなシステム及び手法の開発を行った。また本技術により、管路点検時の諸課題の解決だけでなく、過去の点検データ結果を分析することにより、劣化予測が可能となり地下管路設備の維持管理業務の効率化に資することが想定される。本稿では、システム概要と分析結果等について報告する。

2 システムの概要と特徴

本技術は図-1に示すようにパイプカメラから取得した動画を管内画像解析用ソフトウェアが組み込まれた解析用PCで解析することで錆の定量化データを算出するシステムである。特徴としては、①従来技術のように、PC画面上で錆のデータを取得するのではなく、カメラ

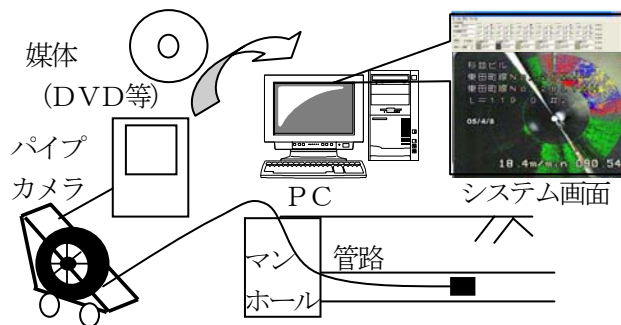


図-1 システム概要

部から取得されるYCbCr信号からデータを直接取得するため従来技術より正確な定量化データが得られること、②従来技術のようなカメラ本体に側視機能等を持たせ、取得した動画を静止画に置き換え、展開し(管軸方向を中心として切り開き)、解析する方法と違い、取得した動画をそのまま連続的に定量化できること、などが挙げられる。

3 腐食率算出方法

3.1 閾値の設定

錆には様々な色があり、本システムによりその全てを設定することは不可能なため、管内における健全部の抽出により健全率を算出することとした。閾値設定方法はシステムに読み込んだ点検画像において健全部色(黒色)のYCbCr値をあらかじめ数点読み取り、それをスチューデントのt分布により95%信頼区間を算出し、閾値に設定した。図-2は健全部における読み取り値とt分布を用いて統計処理した閾値を模式化したものである。

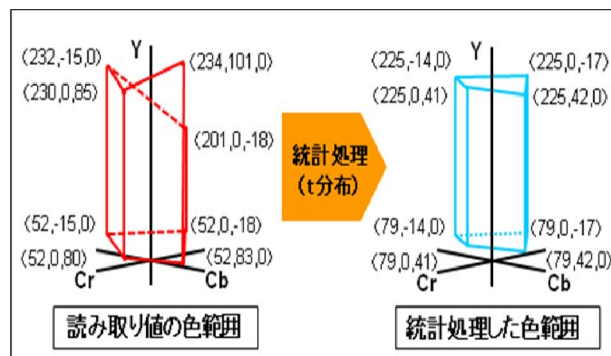


図-2 色範囲の設定

3.2 算出方法

健全率は図-3で示す解析範囲(塗潰し部分)における

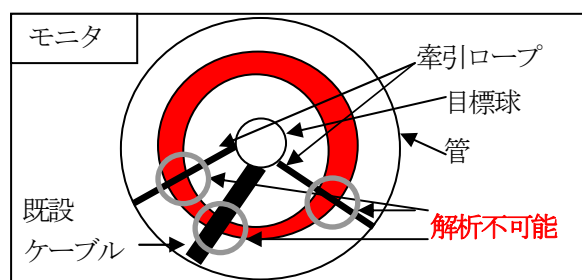


図-3 解析範囲と解析不能箇所

キーワード 地下管路, 管路点検, パイプカメラ, 錆・腐食, 画像解析

連絡先 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 NTTアクセスサービスシステム研究所シビルシステムP
TEL029-868-6220

る健全部分の面積をパイプカメラの進行方向に対し、最小1cmずつで測定する。カメラが進むごとに解析フレーム数が増加していくので、その累積値を1スパンにおける健全部面積として算出し、これをモニタに表示されている距離情報と既知である管内径から算出した1スパン全体の解析範囲面積で除することにより健全率を算出する。このようにして得られた健全率から腐食率を求めるが、式で表すと式(1)で示される。

腐食率

$$=100\% - \left(\frac{\text{健全部ピクセル数の累積値}}{\text{解析範囲のピクセル数} \times 100\%} \right) \quad (1)$$

ただし、既設ケーブルが収容されている管路を点検する場合や牽引式のパイプカメラにて録画する動画像においては既設ケーブルや牽引ロープが管内の内側の一部を隠してしまうため、隠された部分の状況把握が不可能である。よって、本技術は1スパン全体の解析範囲面積に対する既設収容ケーブル等の面積の割合を補正係数としてあらかじめ算出しておき、それを用いてデータを補正することで、隠れて状況把握不可能な部分を除いて評価するプログラムが組まれている。具体的には以下の式(2)をあらかじめ画面上の障害物から算出しておき、それを(1)式の「解析範囲のピクセル数」に乗じることで、腐食率データを補正する。

$$\alpha = (\beta - \gamma) / \beta \quad (2)$$

ここで α ：補正係数、 β ：管内周長、 γ ：既設ケーブル等障害物の直径を示す。

4 既存データの分析

4.1 既存データの収集

既存データの収集については、NTTの金属管路のうち保有率が高く、建設後30年～50年経過しているSA管（ジュート巻き鋼管）を対象として、ケーブル収容管及び空管のそれぞれについてデータを収集し、分析を実施した。なお、収集データ数は374件（空管路152件、収容管路195件）であった。

4.2 分析結果

図-4に腐食率と経過年度の関係を示す。なお、この図

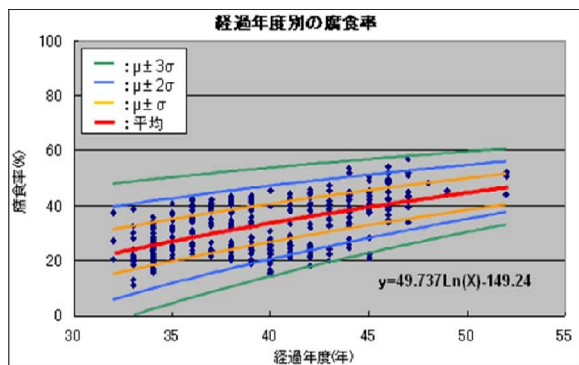


図-4 劣化曲線と更改基準の関係

の曲線は、各経過年度における複数の腐食率データを平均値及び $\mu \pm \sigma$ 、 $\mu \pm 2\sigma$ 、 $\mu \pm 3\sigma$ で示したものである。この図から経過年度ごとにプロットに多少バラツキはあるものの、経過年度に対し腐食率が年々増加していることが数値的に示されており、その曲線は経過年度が建設後30年を超えて、腐食速度が緩やかになっていることがわかる。このように、今回の既存データ分析により、腐食率と経過年度の相関が数値的に明確になり、金属管内の錆の傾向が把握でき、劣化曲線を見出すことができた。

4.3 分析結果活用イメージ

前項で説明した劣化曲線にある許容値（更改基準）を適用することにより、錆に対する新たな更改基準が設定でき、より効果的な新たな設備マネジメントが実現できるものと想定される。図-5に劣化曲線と更改基準の関係を示す。例えば図のように、ある年度の腐食率が2曲線の内側

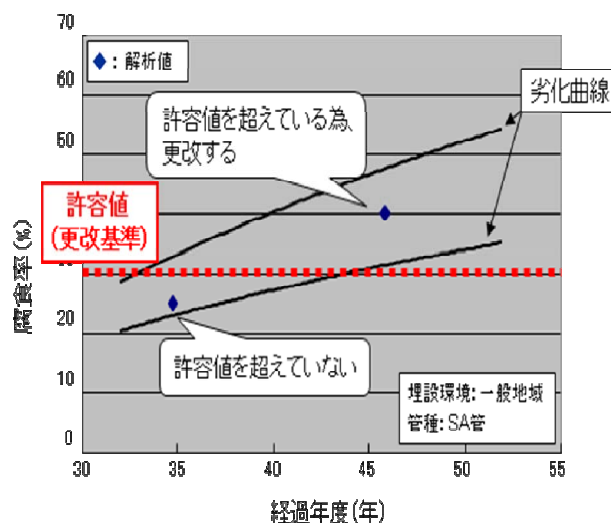


図-5 劣化曲線と更改基準の関係

の範囲に当てはまるとしても、すべての錆管を補修、更改するのではなく、許容値（更改基準）と組み合わせて判断することにより、効果的な設備更改時期を設定することができる。許容値については、継続課題として今後、研究、分析を続けていく予定であるが、腐食率と残存肉厚、孔色の大きさ、ケーブル敷設張力の関係など、多くのパラメーターが存在すると想定される。よって、許容値の考え方としては、管路設備劣化において懸念される事項をさまざまな角度から整理し、検討していくことが重要であると考えている。

5 今後の方針

本稿では、錆の状況を正確にかつ連続的に実現することができる管内画像解析システムの概要と本技術を用いた管路設備の錆劣化に関する分析結果等について報告した。今後は劣化曲線と組み合わせる許容値の策定を行い、新たな設備マネジメントの実現を目指して研究開発を続けていくこととする。