

# ライフサイクルメンテナンスにおける研究開発の方向性

高度経済成長期以来、さまざまな社会資本が構築されてきました。現在、その設備の老朽化が進行しており、維持管理や更改にかかるコストが課題となっています。そのコストは膨大で、維持管理サイクルの効率化や長寿命化を図る必要があります。本稿では、通信インフラにおける保全計画から点検、診断、補修・補強・更改までの維持管理のライフサイクル全般をライフサイクルメンテナンスととらえて実施している研究開発の方向性、およびその事例について紹介します。

おかだ あきら<sup>†1</sup> かねこ あきまさ<sup>†2</sup>

岡田 顕 / 金子 明正

こばやし まさき<sup>†3</sup>

小林 正樹

NTT先端集積デバイス研究所 所長<sup>†1</sup>

NTTデバイスイノベーションセンタ 所長<sup>†2</sup>

NTTアクセスサービスシステム研究所 所長<sup>†3</sup>

## 日本の社会資本の現状

日本の道路、橋梁、トンネルなどの社会資本は、高度経済成長以降に集中的に整備されたため、現在では、その老朽化が進んでいます。国土交通省所轄の社会資本の老朽化の調査結果（図1）では、建設後50年以上経過する設備の割合が、2013年度には約20%だったものが10年後の2023年度には約40%、20年後の2033年度には約60%まで増加し、急速に老朽化が進展する試算となっています。また、維持管理・更改費の推計は、2013年度に約3.6兆円で

あったものが、20年後には約1.5倍の約4.6兆円から約5.5兆円になると試算されており（表1）、維持管理や更改などにかかるトータルコストの縮減や予算の平準化が必要となっています。また、日本社会では、人口減少や少子高齢化、それに伴う生産年齢人口の減少、あるいは厳しい財政状況といった制約条件の下で災害に備え、加速する社会資本の老朽化に対応していかなければなりません。近年では、IoT（Internet of Things）、ビッグデータ、AI（人工知能）、ロボット、センサといった技術開発により、社会経済のあり方が大きく変化しようとしており、イノベーションを創出し、生産性を飛躍的に高め、さまざまな課題を克服し、持続的な経済成長を実現しようとする試みが進められています。社会資本においても、これらの先進技術を導入することで安全性や信頼性、経済性の向上を図ることが期待されています。

## NTTグループの通信インフラの現状

NTTグループが保有する電気通信設備（図2）も、日本の社会資本とほぼ同様の状況であり例外ではありません。電話やインターネット等において、例えば、通信局舎に設置されるサーバやスイッチなどの装置は方式や技術の高度化・多様化のタイミングで更改されます。一方、とう道、管路、マンホール、電柱、支線、橋梁、無線鉄塔などの通信インフラは、設置された後には維持管理しながら長期的に使用されます。現在、NTTグループでは膨大な通信インフラを保有しており（表2）、これらの通信インフラにおいて、建設後50年以上を経過する設備の割合はマンホールでは2020年に約60%、2030年に約90%、とう道では2030年に約40%、2040年に約80%になると試算されています<sup>(1)</sup>。このように、劣化が進行する通信インフラの安心・安全を保ちながら維持管理を継続することが課題となっています。

このような通信インフラの現状を踏まえ、NTTの研究所では、通信インフラの安心・安全を維持・向上させながら、かつ経済的に維持管理していくための技術開発を実施しています。維

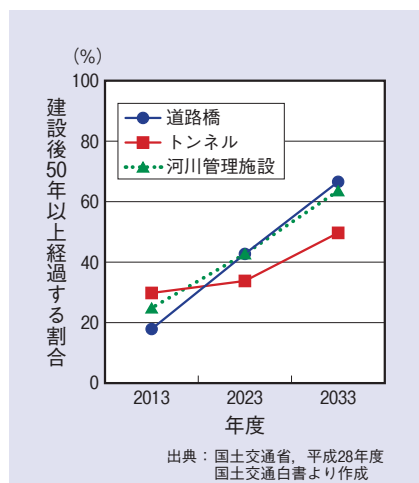


図1 建設後50年以上経過する社会資本の割合

表1 将来の社会資本の維持管理・更改費

	維持管理・更改費の推計値 (兆円)
2013年度	3.6
2023年度	4.3~5.1
2033年度	4.6~5.5

出典：国土交通省、平成28年度 国土交通白書より作成

表2 NTTグループが保有する通信インフラの保有量

	保有量
電柱	約1200万本
ケーブル	約224万km
管路	62万km
とう道	650 km
マンホール	68万個
橋梁添架管路	約3.6万カ所

出典：インフォメーションNTT東日本2016より作成

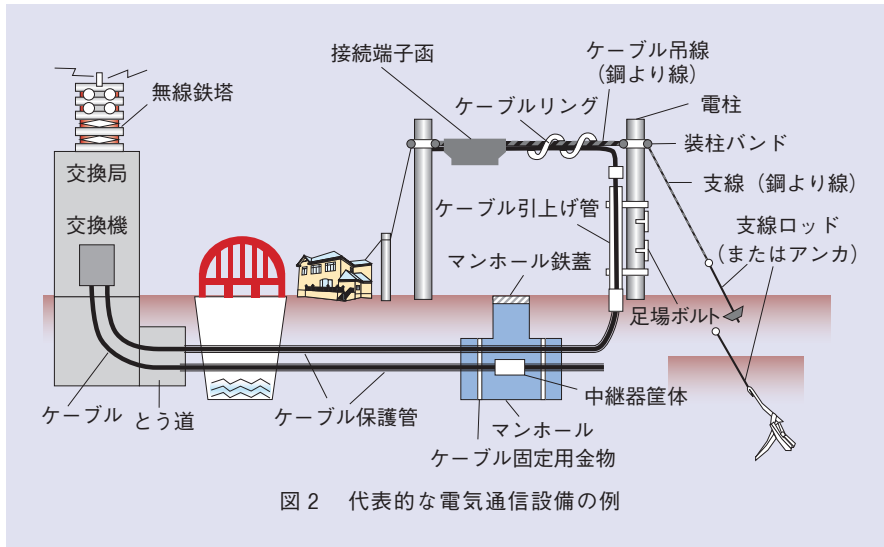


図2 代表的な電気通信設備の例

持管理のサイクルを図3に示します。維持管理は、主に、①保全計画、②点検、③診断、④補修・補強・更改のステップで構成されています。この維持管理のライフサイクル全般を、本特集記事ではライフサイクルメンテナンスと呼び、このライフサイクルメンテナンスにおける研究開発の方向性について紹介します。また、「災害対策用無線システム」については本号小特集42頁で詳しく紹介しています。

### ライフサイクルメンテナンスにおける研究開発の方向性

通信インフラは、あらかじめ設備の種類ごとに決められた管理基準に則って維持管理を実施します。管理基準とは、点検周期や点検箇所、劣化の程度などを判定する基準、劣化度合いに応じた補修・補強・更改方法などです。このような維持管理全体を計画する段階を保全計画段階と呼びます。保全計画は、点検周期、点検項目、不良判定、補修・補強・更改のタイミングなど、設備の管理基準に基づいて策定されています。管理基準としては、世の中の一般的な構造物に対して決められている基準を参考にしたり、設備に対して

一律に扱う場合が多いのが現状です。例えば、点検周期が一律に決められていることもあるため、ほとんど劣化していない設備と劣化が進んでいる設備に同じ手間をかけているため効率が悪くなっています。個々の設備の劣化状況を踏まえた管理基準とすることで、劣化がほとんど進んでいない設備の点検を省き、その稼働を劣化が進んでいる設備の詳細な点検や補修・補強などにあてることでより効率的に維持管理サイクルを回すことが可能になります。このように、保全計画段階では、設備マネジメントの刷新による維持管理サイクルの効率的運用をめざしています。

保全計画に則って、次に点検、診断が行われます。点検は、まだ目視点検している設備が多いのが現状です。劣化する設備が増加していく一方で、熟練作業員が減少することから、より効率的な点検・診断の実施やスキルの継承が課題となっています。近年では、IoT、ビッグデータ、AI、ロボット、センサなどに代表される第4次技術革新が世界的に進みつつあり、技術開発を積極的に推進しています<sup>(2)</sup>。特に、これまでの長年の使用による設備の劣化データを保有している強みを活かし

て、設備の劣化を予測可能なモデルを立案し、設備や点検のデータや、気象や土壌などのビッグデータを使用して今後の点検や更改時期を予測する技術開発も実施しています。このように、点検や診断技術の高度化により維持管理サイクルの停滞解消をめざしています。

点検、診断の結果が、あらかじめ決められた基準を満たした場合は、補修・補強・更改が実施されます。補修・補強・更改は設備の劣化や損傷状況を考慮して実施します。劣化や損傷状況が軽微な設備は、軽微なうちに適宜補修・補強し、ライフサイクルトータルでのコストを抑制します。一方、劣化や損傷が進行した設備では、補修・補強や更改する設備量が増大しコストがかかることが課題です。そのため、劣化状況に応じた局部補強や補修・補強工法の経済化や、更改することとなった場合にはより長寿命な材料へ更改することにより設備のメンテナンスフリー化をめざしています。

次にライフサイクルメンテナンスにおける研究開発の効果について述べます。ここでは、設備劣化によりメンテナンスが必要になった量を「必要になるメンテナンス量」とし、維持管理部門の作業員やメンテナンス費により実施することができるメンテナンスの量を「実施可能なメンテナンス量」と定義します。持続的にメンテナンスが実

施されるためには、必要になるメンテナンス量よりも実施可能なメンテナンス量が上回っている必要があります。通信インフラの設備劣化が進行する状況においては、必要になるメンテナンス量が增大することになります。また、熟練作業者の減耗で実施可能なメンテナンス量は減少することになります。この状態を放置すると、実施可能なメンテナンス量よりも必要になるメンテナンス量が上回ってしまい、持続的な維持管理が危ぶまれることとなります。これまで述べてきた、設備の点検や診断技術の高度化や補修・補強・更改の経済化は実施可能なメンテナンス量を押し上げる効果があります。また、補修や補強による延命や長寿命化によるメンテナンスフリー化は必要になるメンテナンス量の増加を抑制する効果があります。結果として、実施可能なメンテナンス量が必要になるメンテナンス量を上回る状態を維持し、持続的な通信インフラの維持管理の実現が可能になると考えられます (図4)。

### ライフサイクルメンテナンスに関する取り組み

本特集では、NTTにおける最近の

ライフサイクルメンテナンスに関する取り組みから3つの事例を紹介します。

#### ■自動劣化度判定技術によるマンホール点検効率化への取り組み

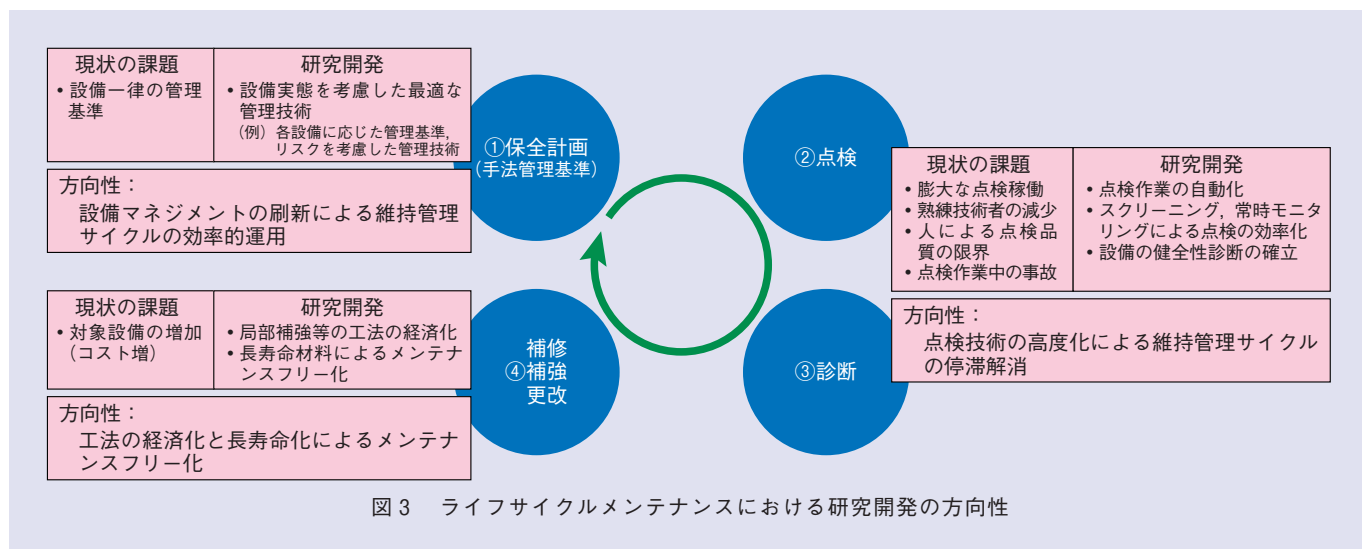
通信土木設備(基盤設備)の劣化は、情報通信サービスの停止のみならず、道路陥没などの原因となり、社会的な混乱を招く可能性もあるため、劣化状態を適時把握し(点検)、劣化の程度に応じて適切な補修・補強あるいは更改を行う(保全計画、補修・補強)ことが求められます。これら設備の多くは、建設後30年以上経過しており、膨大な設備に対して、点検・計画・補修補強のメンテナンスが必要な状況となっています。なお、メンテナンスサイクルを効率的に実施していくためには、劣化のモデル化や予測が重要となります。その劣化のモデル化・劣化予測の精度を高めるためにデータ蓄積も重要な技術と位置付けられます。

そこで、点検の効率化および高画質画像の蓄積に向けて、自動劣化度判定機能を有するマンホール未入孔点検技術を開発しました。可動式アームに撮影カメラを搭載し、露筋などの劣化が顕著に現れやすい上床版の画像を取得し、得られた画像から自動で劣化度を

判定します。劣化度判定に際しては、色検知と形状検知の組合せにより、劣化検知精度を向上させました。これにより、作業者が入孔することなく安全な作業が可能になるとともに、従来必要であったマンホールの排水作業を削減できるため、点検稼働を大幅に削減することも可能となります。また、高画質画像を蓄積できるため、将来のメンテナンスサイクルの高度化にも貢献することができます。

#### ■吸水挙動を模擬した防食塗膜の促進腐食試験に関する取り組み

NTT局舎上に設置されている無線鉄塔をはじめとする屋外鋼構造物は、点検結果が基準を下回ると新規塗装や塗り替えが実施されます。NTTグループは数多くの屋外鋼構造物を所有しており、塗装にかかる費用は膨大です。そこで、できるだけ腐食に強く寿命の長い塗料を加速試験(促進腐食試験)で選定して、塗り替え間隔を長期化することで、塗装コストを低減する必要があります。塗料の耐腐食性・寿命は以前と比較して向上していますが、それに伴って、塗料の優劣を判断するのに従来よりも時間がかかるケースが増えており、試験時間を短くしたいとい



と土壌種情報から劣化予測を行うための理論モデルを具体化し、②の影響度算出にも取り組んでいきます。

## 今後の展開

ライフサイクルメンテナンスにおける研究開発を実施するには、これまでの通信土木や通信設備材料に関する技術以外にも、IoT、ビッグデータ、AI、ロボット、センサなどの多様な技術が必要となることから、NTTの研究所でも積極的に所間連携や外部との連携を進めるとともに、通信インフラと類似する社会資本もあることから、成果の外部展開もめざしていきます。

### 参考文献

- (1) 杉野・政倉：“通信基盤設備の安心・安全かつ経済的運用を実現する維持管理技術,” NTT技術ジャーナル, Vol.26, No.8, pp.8-11, 2014.
- (2) 佐々木：“アクセス設備運用をイノベーションする技術開発,” NTT技術ジャーナル, Vol.29, No.2, pp.51-55, 2017.



(左から) 岡田 顕 / 金子 明正 / 小林 正樹

豊かな通信サービスを実現するには、安心・安全で高信頼な通信インフラの実現が不可欠です。NTTアクセスサービスシステム研究所、NTT先端集積デバイス研究所、NTTデバイスイノベーションセンタは、これまで蓄積された知見と、最新の科学を融合し、持続可能な通信インフラの実現をめざしています。

### ◆問い合わせ先

NTT先端集積デバイス研究所  
企画担当  
TEL 046-240-2022  
FAX 046-240-4328  
E-mail sende-kensui@lab.ntt.co.jp

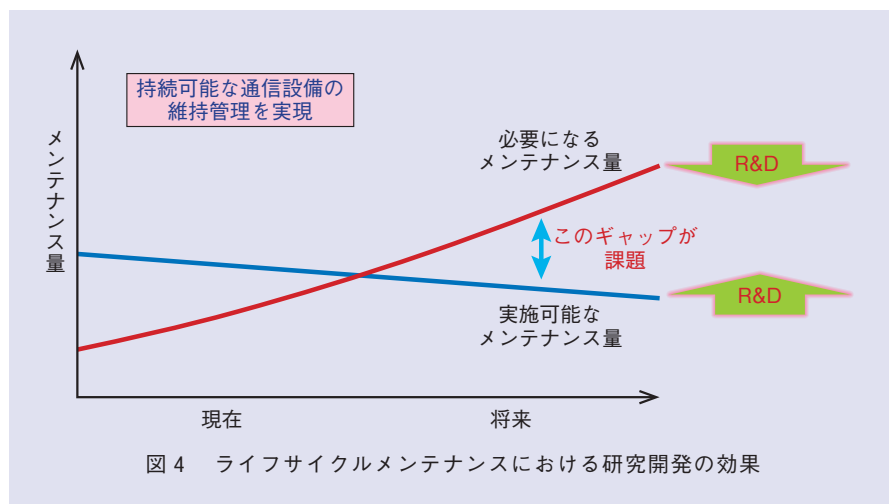


図4 ライフサイクルメンテナンスにおける研究開発の効果

ニーズが高まっています。しかし、単純に試験条件を厳しくした試験とてしまうと、実際の環境とは異なる劣化を起こしてしまい、試験で優秀だった塗料が実際の環境でも優秀とは限らなくなってしまいます。そこで、私たちは従来の促進腐食試験よりも腐食を促進でき、かつ塗料の優劣が実際の環境とよく一致する、「速くてそっくり」な新たな試験条件＝「NTT式複合サイクル試験 (CCT-N)」を開発しました。塗膜の吸水・乾燥挙動に着目する新たなアプローチで試験条件を検討した結果、吸水が試験と実際の環境でほぼ等しくなり、乾燥を必要最小限とした試験条件にすることで「速くてそっくり」を実現しています。

### ■劣化メカニズムに基づく通信設備のリスク推定の取り組み

社会資本の老朽化が社会的問題になっています。この問題を解決するためには、今後老朽化する大量の設備に対して、いつ、どの設備に、どういった措置を施すべきかという優先順位を付け、効率的な長期保守計画を立案することが必要です。私たちは優先順位付けの指標として“リスク”の概念を導入し、このリスクを推定する技術を研究しています。特集記事『劣化メカニ

ズムに基づく通信設備のリスク推定の取り組み』では、地中鋼構造物の1つである下部支線アンカを対象とした研究について紹介します。

地中鋼構造物のリスク推定では、 $リスク = 「①設備の劣化度」 \times 「②設備が故障・破損した場合の影響度」$ と考えます。長期的かつ効率的な計画を立案するには、設備の劣化度を将来にわたって予測する必要があります。しかし地中は目視点検できない特異環境であるため、設備の劣化度を直接把握することは難しく、過去の蓄積データなどから統計的に劣化度を予測することができません。そこで私たちは、地中鋼構造物の劣化メカニズムを材料科学の視点から明らかにし、理論モデルを構築することで劣化予測しようと試みています。

地中鋼構造物の劣化は主に土壌腐食によって進行します。私たちは土壌腐食のメカニズム解明に向けて、屋外での土壌埋設試験や、ラボ内に構築した模擬土壌環境中での電気化学実験を実施しています。その結果、土壌の環境因子を気象と土壌種情報から推定する目処を得ており、また土壌環境下での腐食速度と環境因子の関係も明らかになりつつあります。今後は、気象情報