

道路維持管理ソリューション

Solution for Road Maintenance

*神戸製作所(博士(情報学))
†同製作所

要 旨

高度成長期に整備された道路インフラの多くは、建設後50年を超過し老朽化の加速が懸念されている。道路管理者は、道路インフラの安心と安全を守るため、限られた予算内かつ適切なタイミングでの点検や維持管理、更新が求められ、業務の効率化、更新時期の最適化が喫緊の課題になっている。

三菱電機は、インフラ点検ロボット技術で道路インフラの点検業務を支援する“三菱インフラモニタリングサービス(Mitsubishi Mobile Monitoring System for Diagnosis: MMSD)”と、道路インフラの現況を三次元仮想空間内に再現し、維持管理業務を支援する“三菱多次元施設・設備管理システム(Mitsubishi Multi-dimensional Data Management for Diagnosis: MDMD)”の提供によって、点検業務や維持管理業務のDX(Digital Transformation)化、効率化を目指している。今後も、MDMDのデータ連携機能開発など、更なる機能拡充に取り組んでいく。

1. ま え が き

日本国内の道路インフラ(トンネル:約1万箇所、橋梁(きょうりょう):約73万箇所)⁽¹⁾は、高速道路会社、国土交通省、都道府県・政令指定市、市町村の道路管理者等によって管理されている。これらの多くは高度成長期に整備されており、建設後50年を超過する割合(トンネル:約24%、橋梁:約34%(2022年3月末時点))が高まるため、老朽化の加速や維持管理コストの増加が懸念されている。また、維持管理ができる土木構造物の専門知識を持つ熟練技術者の減少といった問題も顕在化している。さらに、2012年に発生した笹子トンネル天井板崩落事故によって点検の重要性が再認識された結果、2014年に道路法が改正され5年に1回の近接目視点検が義務化された。

このような中で道路管理者は、道路インフラの安心と安全を守るため、限られた予算内で定期点検、維持管理、及び適切な更新が求められ、点検業務や維持管理業務の効率化、更新時期の最適化が喫緊の課題になっている。

国土交通省は、課題に対する解決策の一つとして、道路インフラ点検の効率化・高度化を推進するため、点検に活用可能な技術を取りまとめた“点検支援技術性能カタログ”⁽²⁾を策定し、熟練技術者減少の対策や点検効率化、コスト削減を目指して点検現場でのロボット技術の適用を進めている。さらに、社会経済状況の激しい変化に対応するため、インフラ分野でもデータとデジタル技術を活用して、業務そのものや組織、プロセス、建設業等を変革するDXを推進している⁽³⁾。

当社は、道路インフラの点検業務を支援する“三菱インフラモニタリングサービス(MMSD)”と、道路インフラの現況を三次元仮想空間内に再現し、維持管理業務を支援する“三菱多次元施設・設備管理システム(MDMD)”を開発、提供している(表1)。

これらのサービスの展開で、従来は現地でしかできなかった点検業務や維持管理業務のDX化(ロボット化、情報の可視化や整理の自動化)を実現し、業務プロセス全体の変革、効率化に寄与する⁽⁴⁾。

表1. 当社が提供する道路維持管理ソリューション

目的	提供するソリューション	概要
点検業務の効率化	三菱インフラモニタリングサービス(MMSD)	道路構造物の表面形状を走行型計測車両で計測し、高精度の点群データや高精細の画像データを取得・解析するサービス。デジタルデータの活用によって、現場作業の省力化、結果整理の自動化、解析結果の可視化などを実現する。
維持管理業務の効率化	三菱多次元施設・設備管理システム(MDMD)	MMSD等で取得したデジタルデータを用いて、道路構造物の現況を仮想空間内に再現し、維持管理情報等を重畳し一元管理するシステム。周辺の道路構造物の形状や点検結果、変状等の情報提供によって、履歴情報検索の効率化、補修工法の打合せのDX化、補修箇所の伝達の効率化などを実現する。

本稿では、道路インフラの点検業務や維持管理業務の効率化につながるMMSD及びMDMDについて述べる。具体的には、2章でMMSDの計測サービスや解析サービス、3章でMDMDのデータ管理機能とデータ連携機能、4章でMDMDの今後の展開について述べる。

2. 三菱インフラモニタリングサービス(MMSD)

2.1 MMSDの概要

当社は、トンネル、法面、設備等の道路インフラ点検業務の効率化に貢献するため、2015年度にMMSDを開始した。MMSDは、道路インフラ上を当社保有の計測車両で走行しながら、高密度三次元レーザースキャナーで取得した点群データと8K高解像度ラインカメラ等で撮影した画像データを、解析システムでデジタル処理を行うことによって、点検結果を可視化するサービスである。例えばトンネル壁面点検に必要な二次元の変状展開図作成の場合、これまで円形等のトンネル覆工面に散在する変状を、熟年者が現場でスケッチやデジタルカメラを使用して記録し、設備などの位置関係から図面上の位置を読み解いていた。これに対して、MMSDは、計測車両で撮影した座標付きの高精細画像データの座標とAIの活用によって、正確な位置座標に変状を記録した二次元又は三次元の変状展開図を作成できる。ここで、変状展開図とは、二次元の図面にトンネル壁面のひび割れ等の変状を記した図面を指す。さらに、現場では確認しにくい形状の変化を差分解析し三次元上に変位量を重畳表示できる。このように、MMSDの適用によって道路インフラの点検作業をデジタル処理・自動化、結果を可視化することで、経験を問わず点検を実施でき、現場作業の効率化に寄与する。またMMSDは、2019年度に国土交通省の新技术情報提供システム(New Technology Information System：NETIS)⁽⁵⁾、2020年度から国土交通省の点検支援技術性能カタログに掲載されており、2015年度のサービス開始以降、既に多くの現場に採用されている。

2.2 計測車両

現在、MMSDの計測車両は3タイプあり(図1)、それぞれの取得できるデータは表2のとおりである。

計測車両(MMSDⅡ・Ⅲ)には、衛星測位システム(Global Navigation Satellite System：GNSS)、慣性計測装置(Inertial Measurement Unit：IMU)、100万点/秒の点群データ(三次元座標値(緯度、経度、標高)等の集合)を取得可能な高密度三次元レーザースキャナー及び8K高解像度ラインカメラを搭載しており、点検や解析に必要な高精度な点群データや高精細画像データ等を取得できる。



図1. 計測車両

表2. 計測データの種類

計測データ	内容	計測車両
点群データ	100万点/秒の高精度三次元レーザースキャナー、GNSSアンテナ、IMUを搭載した車両で走行しながら取得した三次元座標値等の集合(点群)で、道路等の表面形状を再現可能	MMSDⅠ MMSDⅡ MMSDⅢ
高精細画像データ	8K高解像度ラインカメラを用いて、走行しながら撮影した高精細画像	MMSDⅡ MMSDⅢ
全周囲画像データ	360°カメラを用いて、走行しながら撮影した全周囲画像	MMSDⅠ

高精度な点群データは、衛星測位技術にIMUを組み合わせることで、GNSS衛星の電波を受信できないトンネル内でも取得できる(図2)。高精細画像データは、トンネル内を法定速度以下で走行しながら8K高解像度ラインカメラで撮影する。撮影した高精細画像データは、図3のとおり、0.3mmまでのひび割れを確認できる。



図2. 点群データ(トンネルの例)

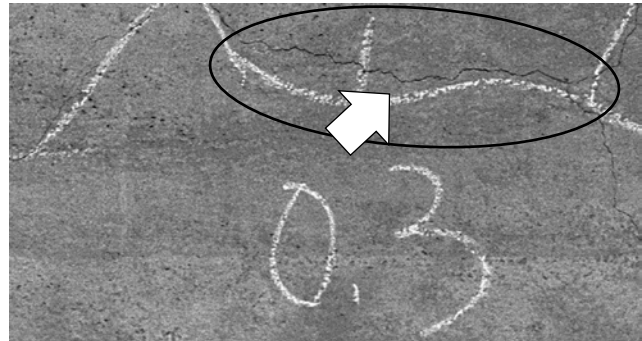


図3. 高精細画像データ(ひび割れの例)

2.3 解析システム

この節では、解析システムのデジタル処理を用いた、トンネル点検、法面点検、設備点検の支援事例を述べる。

2.3.1 トンネル点検支援

トンネル向けの解析システムは、8K高解像度ラインカメラで撮影した高精細画像データに埋め込んだ座標を基に、ソフトウェアで画像を貼り合わせていくことで、座標情報を持つトンネル壁面全周の展開画像を自動で作成する。展開画像とは、図4のとおり、変状展開図の背景画像として利用するため、正確な縮尺に補正した覆工面の画像を平面に変換したものである。展開画像には座標が埋め込まれており、ひびの長さや漏水の範囲を計測できるため、点検者は、現場点検前にあらかじめ展開画像でトンネルの壁面状態を確認しておくことで、現場での目視点検に関わる作業時間を大幅に短縮できる。また、トンネルのひび等の変状位置を記録する変状展開図は、これまで点検者が現場でスケッチしていたため、作成に労力がかかる上、位置や形状が正確ではないことがあり、記載されている変状が現場のどの変状に対応しているかを照合しにくいという問題があった。それに対し、このシステムはAIと展開画像に埋め込まれた座標情報を活用し、変状の位置と形状を正確に記録した変状展開図を自動で作成するため、現場で過年度結果との突き合わせが容易になり、現場では把握しにくい変状の経年変化が把握できる。さらに、過去と現在の点群データとコンター差分解析を用いたデジタル処理によって変位量を可視化し(図5)、変状位置と同時に確認可能にすることで、正確かつ効率的な診断を支援する。

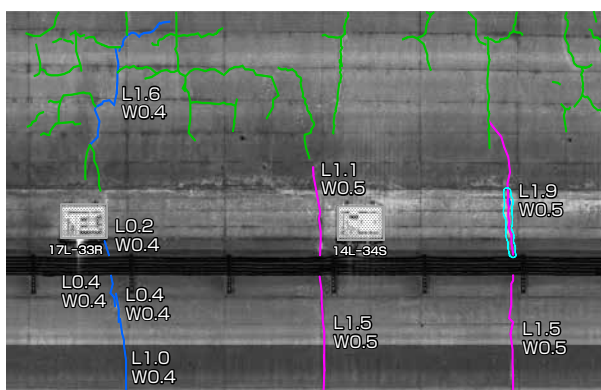


図4. 変状展開図(トンネル壁面)

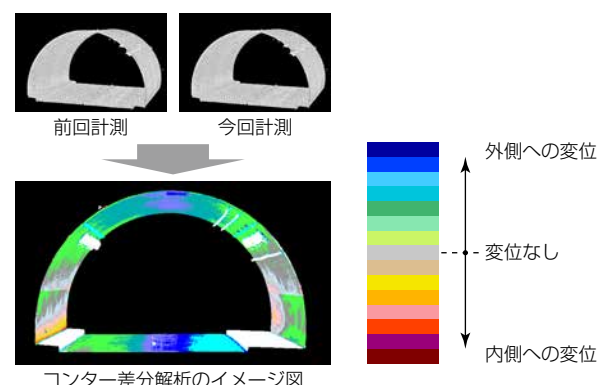


図5. コンター差分解析結果(トンネル壁面)

2.3.2 法面点検支援

法面点検では、現場で法面のはらみ出しや浸食等の変状を確認し、健全性を診断するが、目視点検では変位の進行を把握することが難しかった。法面向けの解析システムは、過去と現在の点群データの座標値とデジタル処理によって変位量を算出し、これまで確認が困難であった法面形状の経年変化を可視化(図6)することで、正確かつ効率的な診断を支援する。

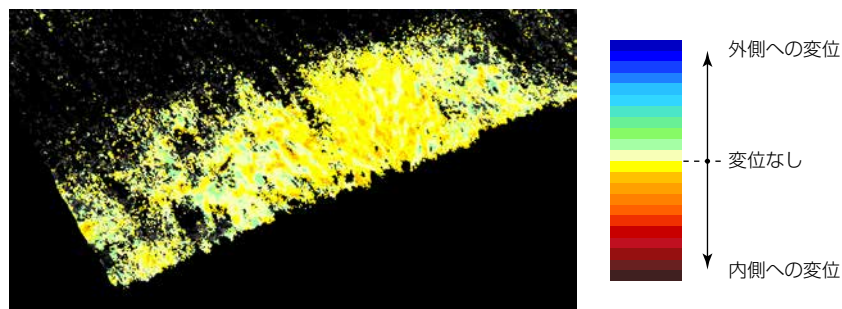


図6. 法面形状の経年変化を可視化

2.3.3 設備点検支援

設備点検向けの解析システムは、トンネル内の灯具等の状況を判別可能な高解像度の展開画像を作成する(図7)。点検者は、展開画像上で設備の劣化状況や取付ボルトの脱落、取付金具のずれ、ケーブル断線の有無、ナットの弛緩(しかん)(撮影可能な合いマークの状態(図8))等をあらかじめ確認しておくことで、現地で設備を確認する時間を大幅に短縮できる。

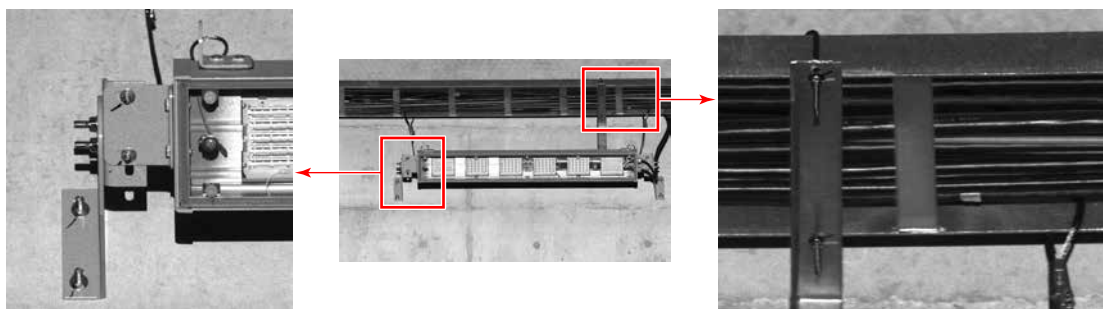


図7. 高精細画像の例(灯具)

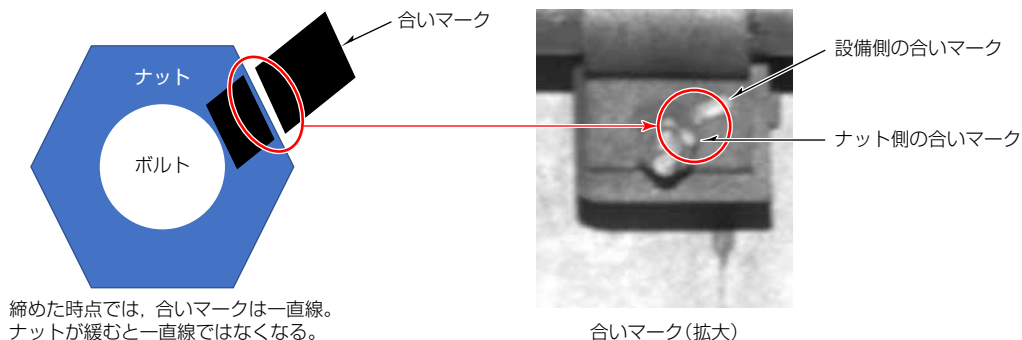


図8. 合いマーク

3. 三菱多次元施設・設備管理システム(MDMD)

3.1 MDMDの概要

MDMDは、MMSD等の計測車両で取得した点群データや高精細画像データを活用することで、デジタルツインとして仮想空間内に道路インフラの現況を再現するシステムである。

仮想空間のデジタルツインに割り付けられた点群データや高精細画像データは、三次元の座標情報を保持しており、構造物・設備諸元情報(台帳)や変状情報、点検・補修結果、経年変化予測結果等の維持管理情報について座標をキーに一元管理できる。また、MDMDはクラウド、オンプレミスのどちらのサーバー構成にも対応しており、ユーザーは端末のブラウザからサーバーにアクセスして利用する。

MDMDは、今後も道路構造物や道路付帯設備に関連する様々な情報を活用することで、更なる現地作業のDX化、維持管理業務の省力化を目指している。

3.2 データ管理機能

MDMDは、MMSDで取得した点群や全周囲画像等の三次元データをデータベースに保持し、閲覧したい箇所の三次元データをブラウザ上に表示する。これらのデータは三次元の座標情報を持っており、座標情報をキーに全周囲画像と三次元点群をブラウザ上で相互に切替え表示できる(図9)。



図9. 全周囲画像、三次元点群のブラウザ表示イメージ

MDMDは、地図や路線図から得られる二次元の座標位置に対応した三次元データを表示する機能を持つことに加えて、構造物・設備の諸元情報や関連する点検・補修情報を三次元データ上に重畳できる。図10は、トンネル壁面に発生したひび等の変状(図11)と、従来の点検結果(ひびの長さ・幅、健全度評価結果)を関連付けた表示の例である。このように、構造物の維持管理情報と周辺形状を関連付けることで、変状や補修対象などの情報検索を省力化できる。

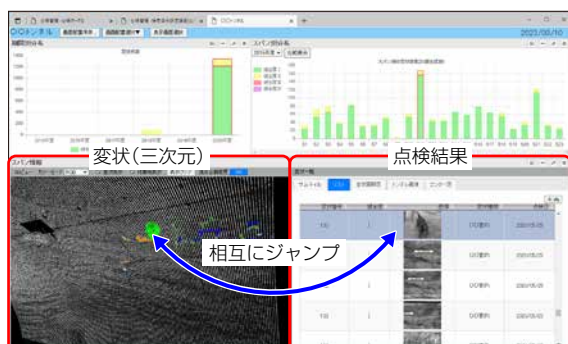


図10. 三次元データと点検情報を関連付けた表示

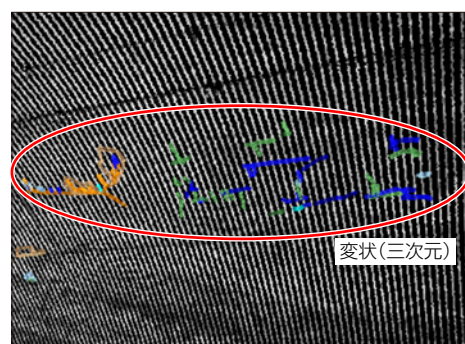


図11. トンネル壁面(白)と変状(青, 緑等)の重畳表示

3.3 データ連携機能

MDMDは、更なる道路管理での活用拡大を目指して、道路インフラの維持管理に利用される様々なシステムのデータと三次元データを連携する機能の開発を進めている。構造物や設備の維持管理情報をデジタルツイン上で一元管理し、他システム等への重複入力を防ぐには、このようなシステム間のデータ連携機能が必須要件になる。一例として、国土交通省が提供する道路データプラットフォーム“xROAD”（図12）との連携が挙げられる。国土交通省は、道路管理者ごとに蓄積される定期点検のデータを活用する環境を提供することで、民間企業等による技術開発の促進や、維持管理の効率化・高度化等を進めている。

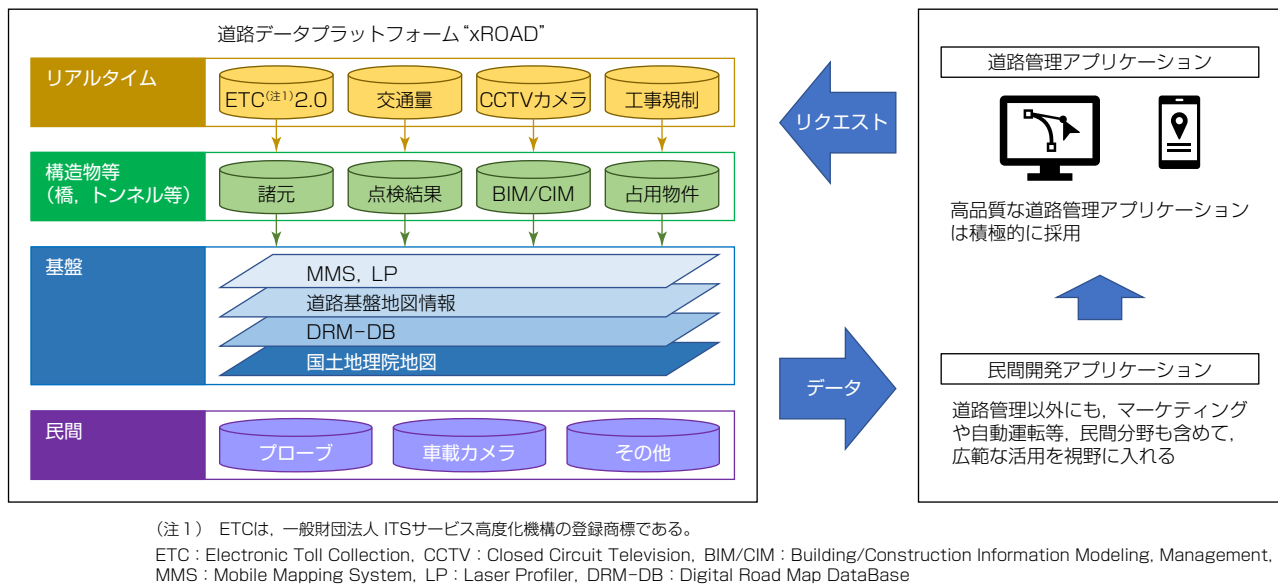


図12. xROADイメージ(参考文献(6)の図を改変)

さらにxROADは、地方公共団体等の道路管理者との連携によるデータの拡充も視野に入れている。それに合わせて当社は、xROADに登録された道路インフラの諸元データや点検データを開発中のデータ連携機能で取得し、MDMDが持つ点群データと紐(ひも)づけて表示・提供する。これによって、道路管理者は、補修設計や補修工事の発注作業に関して、仮想空間で現地の状況と諸元情報、点検情報を併せて確認でき、これまで調書やCAD図面で時間をかけて確認していた情報を短時間で確認できるようになる。

4. 今後のMDMDの展開

これまで述べたとおり、MMSDで得られる高密度・高精度の点群データや全周囲画像データ、高精細画像データと、MDMDで仮想空間上に道路やトンネルの精緻なデジタルツインが構築できる。しかし、より効率的な維持管理のためには、各道路管理者管理下の道路だけでなく、他道路管理者管理下の周辺道路を取り込む必要がある。もちろん、各道路管理者が維持管理に必要な周辺の道路を含めてデジタルツインを構築すれば維持管理を効率化できるが、道路管理者全体で見るとデジタルツインの構築範囲が重複し余分なコストがかかる。さらに、道路は様々な箇所で行き交うため相互の道路インフラや設備の情報も必要になる。当社は、現実空間の正確な再現だけでなく、各道路管理者の情報連携による一つのデジタルツインの構築が、更なる効率化のために必要と考えている。

今後、当社は、各道路管理者向けの個別サービスだけでなく、複数の道路管理者の情報を相互に活用し、一つのデジタルツインとして利用できる環境をMDMDで提供するため、xROAD以外のプラットフォームやデータソースと連携する機能の開発を順次進めていく。想定される導入効果は表3のとおりである。離隔距離確認など、これまでそれぞれの道路管理者で現地調査が必要であった情報がデジタルツイン上で確認できるようになり、業務の効率化につながる。

表3. 複数の道路管理者が一つのデジタルツインを活用するメリット

活用場面	メリット	導入効果
デジタルツイン構築	管理下以外の周辺道路を含めてデジタルツインを構築する必要がない	費用削減
離隔距離確認	工事等の際に他道路管理者の構造物や設備との離隔距離が確認可能	工事計画効率化
住民からの問合せに対する回答	各道路管理者の工事情報や灯具等設備諸元情報を共有することで、住民からの問合せに対する確に回答可能	住民サービス向上
シミュレーション	精緻な三次元形状を用いた電波伝搬、洪水、騒音等のシミュレーションが可能	シミュレーション精度向上

5. む す び

道路管理者の点検業務の効率化や道路維持管理業務の効率化を目指して開発したMMSD及びMDMDの概要について、さらにMDMDについては今後の展開について述べた。

これからも道路を始めとした道路インフラの点検や維持管理業務の効率化に寄与する様々なサービスや機能を提供することで、安心・安全な道路インフラの実現に貢献していく。

参 考 文 献

(1)

国土交通省 道路局：道路メンテナンス年報（2022）
https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/pdf/r03/r03_08maint.pdf

(2)

国土交通省：点検支援技術性能カタログ（2023）
<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support/>

(3)

国土交通省：インフラ分野のDX
https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000073.html

(4)

渡辺完弥，ほか：社会インフラのDXを支援するMMSD・MDMD，三菱電機技報，95，No.12，742～745（2021）

(5)

NETIS 新技術情報提供システム
<https://www.netis.mlit.go.jp/NETIS>

(6)

国土交通省：道路施設の詳細な点検データの公開開始（2022）
https://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_001569.html