

『道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術の要求性能(案)』に対する意見について

1. 要求性能(案)に対する意見募集について（経過）
  - (1) 募集期間 平成30年3月14日（水）から平成30年4月5日（木）
  - (2) 募集方法 国土交通省及び国土交通省北陸地方整備局ホームページによる
  - (3) 募集事項 道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術の要求性能のうち、既にトンネル維持管理部会で検証中の「A-1：変状写真の撮影」を除く部分の設定
  - (4) 意見提出者及び件数 11者、43件
  
2. 意見及び意見に対する考え方 別紙－1のとおり
  
3. 道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術 評価指標（案） 別紙－2のとおり  
（いただいた意見を基に「要求性能」から「評価指標」へ修正しています。）

## 道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術の要求性能（案）に対する「ご意見」と「ご意見に対する考え方」

No.	分類	ご意見	ご意見に対する考え方
1	A-1 A-3	性能評価について ① ひび割れ延長やひび割れ幅の正值を近接目視としています。定期点検と同様の手法での近接目視が必ずしも正值とはならないと考えます。このような検証方法を取る場合には検証対象の変状に対して、メジャーやクラックスケールと合わせた点検写真を記録した上で正值とする必要があります（通常の定期点検よりも現場作業時間は当然長くなる）。 ② 上記のような詳細な点検（検証の正值を求めるときの点検）を正值としてのベースとした上で、通常の定期点検と同様な方法（通常の点検速度・人員構成）と、ロボット技術の両方をそれぞれ性能評価することで、現場規制時間、精度性能、コストといった効率性および経済性を比較しないと、真のロボット化の効果を検証したこととはならないと考えます。	ひび割れ幅に対する検出精度については、通常のトンネル点検での記録とは別に正解値（例えば、模擬供試体）を設けて検証する予定です。また、効率性や経済性については、道路トンネル定期点検要領に基づいた人力点検に対して比較検証する予定です。
2	A-1	要求精度が 0.1mm単位とありますが、現状クラックスケールを当てて同じひび割れを複数人が計測しても 0.1mm程度のズレは発生するかと思います。そのため、0.1mmは現状の人手での計測精度よりも厳しい精度であると思われませんが、0.1mm単位の精度が必要な理由を教えてください。 また、検出対象のひび割れの下限値を 0.3mmとしている理由も教えてください。	現状の人力による近接目視にてひび割れ幅 0.1mm単位の測定を実施していることを参考に設定しました。 また、実際のひび割れ幅は「検証時の気温の変化によってはひび割れ幅が 0.1mm以上変動する」とともに、「点検員による近接目視の結果においても 0.1mm程度以上の測定誤差」も生じることがあります。これを踏まえ、ひび割れ幅の下限值として、実務上問題が生じないと考えられる幅 0.3mmを設定しました。 さらに、原案において、要求精度が 0.1mm単位というのが分解能なのか、計測精度を意味するのかが定義が明らかで無かったことから、A-3のレベル2に対する要求性能（精度）（「評価指標（精度）と読み替え）としては、新たにひび割れ幅の検出許容誤差として「±0.3mm以内」を設けました。このA-1のレベル2では画像にてひび割れ幅の違いが判読できるか画像品質であるかを評価することを考えています。
3	A-1	ひび割れ幅 3mm未満の場合は0.1mm刻みの精度で自動検出できなければ、技術応募はできないのでしょうか。	応募は可能です。
4	A-1	「A-1）変状写真の撮影」で取得した画像を基に、「A-2）写真台帳の自動整理」、「A-3）変状の自動検出」は評価を実施するものと想定しております。 評価項目「A-2）写真台帳の自動整理」、「A-3）変状の自動検出」に、「A-1）変状写真の撮影」の技術開発者と異なる業者が取り組むにあたり、撮影した写真の仕様開示についてご検討ください。 ・ 画像の解像度、撮影距離・画角情報 ひび割れ幅・長さ等寸法の検出にあたり、画像内で基準とする情報が必要と考えます。 ・ 画像の位置を示す情報 撮影写真がトンネルのどの箇所を撮影したものなのかを示す位置情報が必要と想定しています。 個別の変状写真が近接写真のみの場合には、連続画像等位置を把握可能な情報が必要と考えます。	ロボット技術の検証は、画像撮影技術と変状自動検出技術まで一連の技術と考えています。そのため、撮影した写真の仕様については特に規定していません。

## 道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術の要求性能（案）に対する「ご意見」と「ご意見に対する考え方」

No.	分類	ご意見	ご意見に対する考え方
5	A-2	自動整理する変状の判定まで自動で行う場合、最終的に健全性を判定する技術者の補助となる機能（例えば、ブロック化の検出、ひび割れである確率、漏水などの変状の確率など）の有無を入れたほうが評価が高くなってよいのではないだろうか。	評価指標としては、有していただきたい機能となる変状写真台帳の自動整理機能の評価項目とします。ただし、応募技術毎に有するその他の機能についても、公表資料の中で明示することを考えています。
6	A-2	・写真台帳への自動整理だけでなく、トンネル本体工全体の展開画像上にいかに効率よく変状情報を入力できるかも評価項目として追加していただきたいです。	
7	A-2	・評価指標の一つとして、写真台帳ができてから変状写真の追加・削除が発生した場合に、自動で整理しなおせる機能の有無を追加いただきたいです。たとえば、エクセルファイルの編集作業では、変状写真の追加・削除のやり直しに時間がかかります。	
8	A-2	①「変状写真台帳の自動整理」の評価項目内に、誤検出に関する記述がない。考慮されない場合は検出精度によらずロボットが自動整理機能を有していれば高評価となる。	
9	A-2	【評価指標】 当該技術を使用した前回トンネル定期点検結果（以下前回点検）からその後の定期点検（以下以降点検）で新たに発生した変状は、以降点検で写真番号を通貫するのではなく、新たな変状は前回点検と別に整理（点検年度、写真番号、スパン番号等付与）できる追加指標を希望します。 【理由】 トンネル点検で重要な実施事項はその時点の記録を残すことも重要ですが、本来の点検・診断の目的は変状の進行の度合いを把握し、その時点で措置を検討することが最重要と考えます。 この支援が充実すれば、ロボットによる遠望目視点検結果と新たな変状箇所の技術者による近接目視の相乗効果により、さらに効果的になると考えられます。	
10	A-2	・変状を抜けモレなく抽出すること、変状図および写真台帳の自動整理を効率よく実現するために、「トンネル本体工全体の写真撮影」→「トンネル本体工全体の展開図画像作成」→「トンネル本体工全体の展開図画像上での変状情報入力」→「写真台帳への自動整理」の業務流れとすることを推奨していただきたいです。 変状の写真撮影結果を有効に活用できるため、後工程の業務の効率性が向上すると考えています。	いただいたご意見は、ロボットのユースケースに関するものと考えます。今後、ユースケースを想定する際に参考とさせていただきます。
11	A-2	・誤記の確認です。別紙2-2の1ページ目のA-2の評価項目で「変状写真台帳に～」との記載があります。別紙2-2の2ページ目（詳細版）のA-2の要求性能（精度）で「変状写真に～」との記載があります。「変状写真台帳」と「変状写真」の二つの記載があり、おそらく変状写真台帳ではないかと思いますが、ご確認いただきたいです。	ご指摘の通りです。変状種類別の評価指標（精度）【詳細版】の〔A-2〕の記載を、「変状写真」から「変状写真台帳」に修正致します。
12	A-2	・要求性能としては理想的であるが、実現には相当の時間がかかると考えられます。 ・要求性能に対応する機能を開発した際に、積算開発費を上乗せできる項目が無いのが現状です。 ・人、時間の効率化には繋がるものの、開発費等上乗せ分、大きなコストメリットは期待できない可能性もあります。	要求性能（案）に対するご意見とは異なると考えます。
13	A-3	ひび割れ自動検出の評価指標案について、特に【レベル2】のひび割れにおいて、「近接目視で記録から漏れてしまったが、当該技術では正しく検出できたひび割れ」を評価対象に加えるべきだと考えます。 「近接目視の記録漏れ」は、まれだとは思いますが、仮にこのようなケースが生じた場合、自動検出が正しい結果を出力したにもかかわらず、的中率が下がってしまうことが考えられます。	道路トンネル定期点検要領に基づいた人力点検の支援としてロボット技術の活用を想定しており、人力点検による結果をまずは正值としています。 評価に際しての近接目視では記録漏れが無いように十分注意して評価いたします。

## 道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術の要求性能（案）に対する「ご意見」と「ご意見に対する考え方」

No.	分類	ご意見	ご意見に対する考え方
14	A-3	延長でなく箇所数での評価について 延長による評価でなくひびの箇所数による検出率の評価としていただきたくお願いします。 ひび割れの検出率、的中率についてひび割れの延長を使った評価指標となっておりますが、ひび割れの延長計測の基準が定まっていないため、延長の取り方による検出率が変わってきます。	道路トンネル定期点検要領では、ひび割れの「長さ」を「圧さ、ひび割れ」の判定区分の目安とし、ひび割れの進展を判断するためにひび割れの「長さ(延長)」を評価しています。 ただし、実際のひび割れは「一様な幅ではない」ため、「不連続な延長」かつ「その端部は0.3mm未満になる」ことから、ご指摘のとおり、「長さ(延長)」の評価には差が生じる可能性があります。 従って、評価指標としては、ひび割れの「延長」で評価しますが、その評価方法については、上記の課題を踏まえ適切な方法を別途検討致します。
15	A-3	評価項目 A-3-1 ひび割れ検出率の性能評価について ひび割れは線形が屈曲していたり、端部にいくほど幅が狭くなり、肉眼による近接目視でもひび割れ長さをどこまで正確に測るのは個人、照明方法で差がでることが多いことより評価基準としては曖昧さが残ると思います。画像で長さの最終確認（検測）できることもあり「支援技術の検出率」としては以下の評価手法ではいかがでしょうか ○（近接目視で検出した変状のうち、当該技術により最大幅0.3mm以上のひび割れを正しく自動検出した本数（箇所数））／（近接目視で検出したひび割れの本数（箇所数））：値が大きい方が高性能	
16	A-3	評価項目 A-3-2 ひび割れ的中率の性能評価について 的中率についても本数（箇所数）にて評価する。 ○（近接目視で検出した変状のうち、当該技術により最大幅0.3mm以上のひび割れを正しく自動検出した本数（箇所数））／（当該技術により最大幅0.3mm以上のひび割れを自動検出した本数（箇所数））：値が大きい方が高性能	
17	A-3	精度 A-3-2に記載のひび割れ検出率について、「当該技術によりひび割れを正しく自動検出した延長」とあるが、正しく検出したと判断される基準を定義されていない。	
18	A-3	精度 A-3-1に記載のひび割れ検出率について、「近接目視で検出したひび割れ延長」を基準に評価する指標となっているが、点検員が計測するひび割れ長さ自体が正確ではないだけでなく、ロボット側が長めに検出すれば必然的に精度が高く評価されてしまう。	
19	A-3	ひび割れ検出について、ひび割れ延長を指標とされていますが、最大ひび割れ幅が0.2mm～0.3mm間のひび割れは点検員によってチョーキングするかしないか異なる可能性があります。このため、ひび割れ箇所数について評価が必要ではないでしょうか。	

## 道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術の要求性能（案）に対する「ご意見」と「ご意見に対する考え方」

No.	分類	ご意見	ご意見に対する考え方
20	A-3	【レベル2】でのひび割れ幅の解析精度については、撮影解像度や画質、走行撮影に起因する画像ブレに大きく依存すると考えます。特に「幅0.1mm単位での解析」を画像から正しく行うには、相当な解像度の画像が必要であると考えます。「幅0.3mm～幅0.5mm」、「幅0.5mm～1.0mm」などある程度のバンドを持った幅の分類も評価指標の1案として、検討いただくことはできませんでしょうか。	現状の人力による近接目視点検において、ひび割れ幅0.1mm単位の測定を実施しており、かつ現状のひび割れ展開図ではその幅を0.1mm単位で記載されることが大半であります。また、将来的には0.1mm単位で自動検出可能な技術レベルを目指したいと考えています。 ただし、実際のひび割れ幅は、ご指摘のとおり「検証時の気温の変化によってはひび割れ幅が0.1mm以上変動する」とともに、「点検員による近接目視の結果においても0.1mm程度以上の測定誤差」も生じることがあります。 また、原案において、要求精度が0.1mm単位というのが分解能なのか、計測精度を意味するのかが定義が明らかで無かったことから、新たにひび割れ幅の検出許容誤差を設け、検出許容誤差を「±0.3mm以内」としました。
21	A-3	変状種類別の要求性能(精度)【詳細版】について (A-3①) 圧ざ、ひび割れの変状の自動検出) ① 0.3mm 以上3mm 未満のひび割れに対して0.1mm 単位で判別することに対しては、下記理由により要求性能(検証時の刻み値)としてはあまり意味がないと考えます。 ・判定区分では3mm 以上のひび割れを有害としているにも関わらず、0.1mm 単位のひび割れ抽出性能を求めており、点検すべき内容(点検結果に基づく有害な健全度診断、対策対応が求められる変状量)を適切に評価しているとは考え難い。 ・ひび割れ幅は温度影響によりコンマ数mm の変動が生じるため、正值として扱う目視点検結果とロボット技術による計測時のひび割れ幅に温度差分としての誤差が生じる。 ・1本のひび割れ内でひび割れ幅は変化しており、変状展開図では最大ひび割れ幅のみ記載するため、ひび割れ幅ごとに細かく区切って検証する意味がない。 ・性能評価する上で点検員による近接目視結果を正值としているが、人による点検によっても0.1mm程度以上のひび割れ幅の記載誤差は生じているのが現状である。 ② 上記を考慮すれば、0.5mm 単位程度の括り値 (例えば0.3～0.7 が0.5mm) での評価が妥当と考えます。	
22	A-3	はく落危険箇所の抽出を目的として、覆工画像による損傷検出技術を前提とされていますが、画像ではなく表面形状計測を活用したはく落危険箇所の抽出技術はご評価頂けるのでしょうか。	うき・はく離は打音検査によりチョーキングされていることを前提としており、画像によりうき・はく離箇所を記録する支援を考えています。
23	A-3	「変状の自動検出」、浮き・剥離などのひび割れ以外の変状は打音により変状が確認される場合があるので、取得した「画像」だけでなく取得した音等の結果によって変状を自動で検出できるとしても良いのではないのでしょうか。	その他の技術を活用し、うき・はく離を自動検出する技術については、公表資料の中で示すことや、打音検査支援技術として別途評価することを検討しています。
24	A-3	「ひび割れ以外」の評価について A-3の評価指標が「ひび割れ」と「ひび割れ以外」に分かれています。 「ひび割れ以外」については、変状種類別に評価いただきたくお願い致します。	A-1と同様に、変状種類別に評価します。
25	A-3	ひび割れ以外の検出率について、設計者として支援ロボットを選定するに当たり、総数ではなく、各変状ごとの検出率による評価をお願い致します。 どの支援ロボットが各変状に対して検出できているのか興味があります。また、設計者として支援ロボットの選定にも役に立つと考えられます。	
26	A-3	判定区分の自動判別について 「当該技術により判別した変状に対する判定区分が、点検者が近接目視により判定した判定区分と一致するか」を評価項目として記載いただきたくお願いします。「道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術の要求性能（案）」では、同内容の記載があるため道路トンネルの要求性能でも同様の記載をお願いします。	今回は、点検記録作成支援を目的としたロボット技術に対するものであり、評価項目は点検記録作成支援に関するものとしています。判定は、点検記録を含む各種情報をもとに調査技術者が行うものであり、今回の対象ではありません。

## 道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術の要求性能（案）に対する「ご意見」と「ご意見に対する考え方」

No.	分類	ご意見	ご意見に対する考え方
27	A-3	ひび割れの的中率での評価について A-3-2での中率が評価指標となっていますが、A-3-2を変状展開図の作成作業時間として評価いただきたく願います。 変状の自動検出については、漏れなく検出できることが重要であると考えます。漏れなく検出する場合、目地付近の場合、目地もひび割れも同様に検出するケースがあります。実作業では、目地を除く作業を実施し、変状展開図を作成します。このようなケースでは、的中率が下がります。的中率が下がっても、目地を除外する時間が短ければ変状展開図作成時間にも影響は少なく、作成時間の短縮につながります。変状展開図作成時間の短縮が本来の目的であるため、ひび割れの的中率で評価するのではなく、変状展開図の作成作業時間で評価いただきたく願います。	変状展開図の作業時間等は、コスト比率（内業）〔C-2〕の評価に反映されます。
28	A-3	ひび割れの的中率での評価について、処理にどの程度の時間を要したのかが重要な評価になると考えられます。的中率でなく変状展開図の作成時間を評価頂ければと思います。	
29	A-3	・評価指標で検出率・的中率の数値は同程度が良いか、もしくは、どちらかがより重要であるか、指針が有りましたら教えていただきたいです。	ロボット技術を使う目的や方法によって、それぞれに求める水準は変わります。そのため、現在指針は設けておりません。
30	A-3	・評価精度において、A-1同様に、以下のようにレベル分けしていただきたいです。 - 圧ざ・ひび割れの場合 レベル1. チョークの自動検出、チョークの方向、本数、長さを自動計測 レベル2. ひび割れのあるエリアの自動検出 (画像をメッシュ状に分割しその中に変状があるかないかを表す、ひび割れをなぞる想定) レベル3. ひび割れの自動検出、ひび割れの方向、本数、長さ(0.1m単位)を自動計測 レベル4. ひび割れを自動検出し、ひび割れの方向、本数、長さ(0.1m単位)、ひびの幅の0.1mm単位まで自動識別 - 圧ざ・ひび割れ以外の場合 レベル1. チョークの自動検出 レベル2. 変状の自動検出 なおレベルを設けた理由としては、最初から完全自動化を図るよりも、人手作業(チョーキング・ひびのトレース等)も含めての効率化から完全自動化まで、幾つかの段階に分けたほうがよいと考えました。	「①圧ざ、ひび割れ」については、〔A-3〕についても〔A-1〕と同様に、ひび割れ幅の検出レベルで【レベル1】と【レベル2】に分割した基準へと修正致します。 「②うき、はく離」「③鋼材腐食」については、レベル分けは行いませんが、「チョーキングの自動検出」が必要精度であり、これをより明確にするためにその文章を修正致します。
31	A-3	・評価項目において、変状そのものの検出だけではなく、変状部に描かれたチョークの検出でも効率向上するため、「チョークを検出する項目」を追加いただきたいです。 理由としては、トンネルのコンクリートの状態(ススやコケなどの汚れなど)によっては、ひび割れの画素レベルの抽出は難しいかと思えます。そのような場合に、ひびの画素そのものではなく、ひびのあるエリアを自動検出し、その箇所を人がトレースして変状図を描くというやり方でも十分効率化が図れると考えます。また ひび割れがうまく検出できず、ノイズが多いと、作業者が削除する時間が増大し、作業効率が悪くなります。	「①圧ざ、ひび割れ」の【レベル1】については、「ひび割れ幅0.3～3.0mm」は「チョーキングの自動検出」を必要精度としており、「②うき、はく離」「③鋼材腐食」については、レベル分けは行いませんが、「チョーキングの自動検出」が必要精度であり、これをより明確にするためにその文章を修正致します。
32	A-3	エフロレッセンスを伴うひび割れなど複合的な変状の評価を考えるべきではないでしょうか。	変状の分類は、道路トンネル定期点検要領に基づいています。
33	A-3	自動検出可能なひび割れの太さ(最小側)は、撮影画像の解像度や画質、走行撮影に起因する画像ブレに大きく依存すると思えます。試行に使用する画像の品質を加味した公平な評価が行われることを望みます。	「①圧ざ、ひび割れ」の【レベル1】においては、「ひび割れ幅0.3～3.0mm」は「チョーキングの自動検出」を必要精度としており、【レベル2】においては、「ひび割れ幅0.3mm以上」は「当該技術による自動検出」を必要精度としており、これをより明確にするためにその文章を修正致します。

## 道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術の要求性能（案）に対する「ご意見」と「ご意見に対する考え方」

No.	分類	ご意見	ご意見に対する考え方
34	A-3	<p>【評価指標】 ロボットの走行速度×走行回数のパラメータによる精度管理が必要と考えます。</p> <p>【理由】 一般に計測走行速度が遅いほど変状検出精度が高まります。 また、従来の走行型自動計測車は3回/片側車線を実施してきました。 精度の検証には、検出率、的中率の前の前提条件の計測走行速度のパラメータとして、例えば差が見込める40km/h（一般道）、70km/h（自専道等）が必要と考えます。</p>	<p>作業効率の問題と考えられ、効率性〔B-1〕や経済性〔C-1〕に反映されます。 また、公表資料において、計測可能とする性能等を示すとともに、検証時における走行条件を合わせて提示する予定です。</p>
35	A-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自動化は興味があるところですが、実用化までのステップ、スケジュール感をご提示願います。</li> <li>・自動検出は変状の有無を判断するのではなく、計測の反応レベルを判断するものです。 例えば、線状=ひび割れ）、覆工面テカリ=漏水、Co模様変化=剝落。 非変状を変状と誤認する反応、またはその逆が発生するため、自動検出精度は低く人的チェックが必要です。</li> <li>・A-2同様、要求性能に対応する機能を開発した際に、積算上開発費を上乗せできる項目が無いのが現状です。</li> <li>・A-2同様、技術確立、実用化には、時間を要すると思われれます。</li> </ul>	<p>要求性能（案）に対するご意見とは異なると考えます。</p>
36	B-1	<p>評価項目B-1 現場規制時間の短縮による性能評価について 近接目視の規制時間については作業者の技量、班編成等により個人差が出るにより客観的、定量的な評価が難しいことより以下のようなスクリーニングによる低減係数を設定されてはどうかでしょうか。 ※低減係数A=近接目視で変状があり、当該技術により変状種類、箇所等が確認されている場合（例えば0.6） ※低減係数B=近接目視で変状がなく、当該技術により変状がないことが確認されている場合（例えば0.4） ○規制時間比率=（近接目視で変状があり、当該技術により変状の検出されているスパン数×A+近接目視で変状がなく、当該技術により変状の検出されていないスパン数×B+残スパン数）／（総スパン数）：値が小さい方が効率的もしくは ○規制時間比率=（当該技術により変状の検出されているスパン数×A+当該技術により変状の検出されていないスパン数×B）／（総スパン数）／（前述した的中率）：値が小さい方が効率的</p>	<p>道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術は、人力点検後に撮影し記録することを対象としており、事前記録によるスクリーニング等は想定していません。</p>
37	B-1	<p>「現場規制時間の短縮」、規制時間だけでなく、規制範囲（幅、延長）も評価指標として考慮してもよいのではないのでしょうか。</p>	<p>今後の参考とさせていただきます。</p>
38	B-1	<p>効率性について、「内業時間の短縮」は評価の対象となるのではないのでしょうか。</p>	<p>コスト比率（内業）〔C-2〕として評価します。</p>
39	C-2	<p>ロボットが導入されても「配置されるべき技術者」の水準を明確にすべき。例えば、確認作業のみを技士Bと設定すればコスト減となってしまうのではないのでしょうか。</p>	<p>要求性能（案）に対するご意見とは異なると考えます。</p>
40	C-2	<p>未検出、誤検出がない、完全な変状自動抽出は現状不可能であり、点検記録を正しく残すには自動検出結果の修正が生じると考えます。 自動抽出結果の修正にかかる時間や修正の容易性などが加味された評価が行われるべきだと考えます。</p>	<p>コスト比率（内業）〔C-2〕として評価します。</p>

## 道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術の要求性能（案）に対する「ご意見」と「ご意見に対する考え方」

No.	分類	ご意見	ご意見に対する考え方
41	C-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発技術には開発費が伴うものであり、単純に近接目視コストと比較できるものではないと考えます。</li> <li>開発費を考慮した価格設定ができなければ、民間企業としてはメリットが少ないといえます。</li> <li>費用面を含め、国交省殿で機械化を促進いただきたくお願いいたします。</li> </ul>	要求性能（案）に対するご意見とは異なると考えます。
42	その他	筆者は走行型自動計測車を使用した同一トンネルの前回点検と以降点検を連続受注することにより、前回点検と今回点検の変状の変状の差分をマンパワーで抽出してきましたが、変状の進行度が客観的に整理できれば、連続受注できなくともコンサル間の温度差もなくなり、外的要因による重点監視変状の抽出や有効な診断が可能となり、普遍性のある技術開発になると考えます。	
43	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>これまで実施してきた現場検証の公募との関連性をご教授ください。</li> <li>本案件とは別に、ハードウェアとしての試行導入検証は継続されるのでしょうか？</li> <li>弊社では、要求性能に合わせ新型車を開発中です。（未公開）</li> <li>性能評価となっているが、将来、費用は高くても高性能技術が採用されるルールになるのでしょうか。</li> <li>将来（実用時）のビジョンが見えないため、開発費用をかけるだけのメリットが見いだせないのが現状です。</li> <li>本要求性能は、今後実施される評価試験の、評価項目/評価基準であると理解で間違いありませんでしょうか。</li> <li>評価性能が具体的に記載されていますが、既存システム想定であれば、後発は不利になると考えます。</li> <li>評価性能の優劣が、将来の工事に与える影響、メリットをご教授、公開願います。</li> <li>WGなど、将来の方向性や現実的な性能や基準をディスカッションする場が先に必要かと考えます。</li> </ul>	要求性能（案）に対するご意見とは異なると考えます。



# 道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術 評価指標(案)

## ユースケース

近接目視・打音検査・チョーキングが終了した状態でロボット技術による計測を行い、トンネル展開画像を作成し、その画像を利用して変状写真台帳・変状展開図等を作成する。

## ユースケースの前提条件

- 変状写真の撮影(A-1)：各レベルに応じて以下に示す変状種類について点検員が変状を示すチョーキングを行う。チョーキングを行った変状はチョーキングを、それ以外の変状は変状そのものを点検員が判読する。  
なお、ひび割れ幅については、0.1mm単位での検出を求める。  
【レベル1】点検員等がチョーキングを行う変状種類：ひび割れ幅0.3～3.0mmのひび割れ、うき・はく離の打音異常の有無及び範囲、鋼材腐食の範囲  
【レベル2】点検員等がチョーキングを行う変状種類：うき・はく離の打音異常の有無及び範囲、鋼材腐食の範囲
  - 変状の自動検出(A-3)：当該技術で取得した画像に基づき、別添に定める精度で変状を自動で検出
- ※本評価指標は、道路トンネル点検記録作成の支援として、技術者がロボット技術の使用を判断する際に参考となる指標を示すものである。  
 ※各評価指標値を参考として、技術者がロボット技術の活用ケースや利用するロボット技術の選択を可能とすることを想定している。  
 ※上記とは別に、専門的な知識と技能を有する技術者が近接目視を行った上で健全性の診断を行う。

評価項目				評価指標		性能評価
精度	A-1	トンネル展開画像の作成	点検員が当該技術により取得した画像(写真)を見て、別添に示す画像の判読精度(変状等を判読できる画像であること、変状と誤認しない画像であることを有している)。	判読可能率	(近接目視で検出した変状のうち、当該技術で取得した画像にて判読可能な変状箇所数)/(近接目視で検出した変状箇所数)	値が大きい方が高性能
	A-2	変状写真台帳の自動整理	変状写真台帳に写真番号、変状部位(対象箇所、部位区分)、変状種類を自動で整理できる機能を有する。	機能の有無	変状写真の自動整理機能の有無	有の方が高性能
	A-3-1	変状の自動検出	当該技術により取得した画像に基づき、変状を自動で検出することができる。	検出率	ひび割れ (近接目視で検出した変状のうち、当該技術によりひび割れを正しく自動検出した延長)/(近接目視で検出したひび割れ延長) ひび割れ以外 (近接目視で検出した変状のうち、当該技術によりひび割れ以外の変状を正しく自動検出した箇所数)/(近接目視で検出したひび割れ以外の変状箇所数)	値が大きい方が高性能 値が大きい方が高性能
	A-3-2			的中率	ひび割れ (近接目視で検出した変状のうち、当該技術によりひび割れを正しく自動検出した延長)/(当該技術により自動検出したひび割れ延長) ひび割れ以外 (近接目視で検出した変状のうち、当該技術によりひび割れ以外の変状を正しく自動検出した箇所数)/(当該技術により自動検出したひび割れ以外の変状箇所数)	値が大きい方が高性能 値が大きい方が高性能
効率性	B-1	現場規制時間の短縮	当該技術を導入したことによる現場規制時間の短縮	規制時間比率	(適用条件内は当該技術で実施し、適用条件外は近接目視で実施した場合の現場規制時間)/(全作業を近接目視で実施した場合の現場規制時間)	値が小さい方が効率的
経済性	C-1	コスト比率(外業)	当該技術を導入したことによる従来技術とのコスト比率(外業)	コスト比率(外業)	(適用条件内は当該技術で実施し、適用条件外は近接目視で実施した場合のコスト(外業))/(全作業を近接目視で実施した場合のコスト(外業))	値が小さい方が経済的
	C-2	コスト比率(内業)	当該技術を導入したことによる従来技術とのコスト比率(内業)	コスト比率(内業)	(適用条件内は当該技術で実施し、適用条件外は近接目視で実施した場合のコスト(内業))/(全作業を近接目視で実施した場合のコスト(内業))	値が小さい方が経済的
	C-3	コスト比率(外業+内業)	当該技術を導入したことによる従来技術とのコスト比率(外業+内業)	コスト比率(外業+内業)	(適用条件内は当該技術で実施し、適用条件外は近接目視で実施した場合のコスト(外業+内業))/(全作業を近接目視で実施した場合のコスト(外業+内業))	値が小さい方が経済的

※精度は、「道路トンネル定期点検要領」の本体工の変状種類①②④⑥別に指標値を算出する。

※予め申請した適用条件(変状部位、変状種類)の、試験・評価を行う。

※ひび割れ以外とは、うき、はく離、鋼材腐食、漏水等による変状を示す。

# 変状種類別の評価指標(精度)【詳細版】

区分	変状種類	評価指標(精度)			【参考】「道路トンネル定期点検要領」(平成26年6月国土交通省道路局) 付録	
		【A-1】 トンネル展開画像の作成	【A-2】 変状写真台帳の自動整理	【A-3】 変状の自動検出	判定区分	判定の目安例 (下線は、画像だけでは判別困難な部分)
本 体 工	① 圧ぎ、ひび割れ	<p>【レベル1】(事前チョーキングを前提) 点検員がチョーキング済の画像を見て、ひび割れ幅0.3~3.0mmのひび割れについては、その存在とひび割れ幅の数値を示すチョーキング、ひび割れ幅3mm以上のひび割れについては、その位置とともに0.5mm単位でひび割れ幅の違いが判読可能な画像精度を有していること。</p> <p>【レベル2】(チョーキングに頼らず判読することを前提) 点検員が画像を見て、ひび割れの位置が判読可能であるとともに、ひび割れ幅の違いについて、ひび割れ幅0.3mm以上3mm未満のひび割れについては0.1mm単位で、3mm以上にあたっては0.5mm単位で判読可能な画像精度を有していること。</p>	<p>変状写真台帳に写真番号、変状部位(対象箇所、部位区分)、変状種類を自動で記録・整理できる。</p>	<p>【レベル1】(事前チョーキングを前提) ひび割れ幅0.3~3.0mmのひび割れについては、その存在とひび割れ幅の数値を示すチョーキング、ひび割れ幅3mm以上のひび割れについては、その位置とともにひび割れ幅を0.5mm単位で区別して当該技術により自動で検出(*)することができる。</p>	I	ひび割れ幅(3mm未満)、ひび割れ長さによらず【外力が作用している可能性が低い場合】
				<p>【レベル2】(チョーキングに頼らず検出することを前提) ひび割れ幅0.3mm以上3mm未満のひび割れについては、その位置とともにひび割れ幅を0.1mm単位で区別し、3mm以上にあたっては、その位置とともに0.5mm単位で区別して当該技術により自動で検出(*)することができる。</p>	II b	ひび割れ幅(3mm未満)、ひび割れ長さによらず【外力の作用の可能性がある場合】 ひび割れ幅(3~5mm)、ひび割れ長さ(5m未満) ひび割れ幅(5mm以上)、ひび割れ長さ(5m未満)
				<p>*評価時におけるひび割れ幅の検出許容誤差は±0.3mm以内とし、検出率及び的中率の評価においては、ひび割れ幅毎に区別せず、一連のひび割れ延長で評価する。ただし、位置が明らかに異なる場合には、検出対象外として評価する。 併せて、各々の技術の検出誤差性能について公表資料に整理し、記載する予定である。</p>	II a	ひび割れ幅(3mm未満)、ひび割れ長さによらず ひび割れ幅(3~5mm)、ひび割れ長さ(5m未満) ひび割れ幅(5mm以上)、ひび割れ長さ(5m未満)
					III	ひび割れ幅(3~5mm)、ひび割れ長さ(5~10m以上) ひび割れ幅(3~5mm)、ひび割れ長さ(10m以上) ひび割れ幅(5mm以上)、ひび割れ長さ(5m未満) ひび割れ幅(5mm以上)、ひび割れ長さ(5~10m)
		IV	ひび割れ幅(5mm以上)、ひび割れ長さ(10m以上)			
	② うき、はく離	<p>点検員が画像を見て、うき、はく離の範囲を示すチョーキング及びひび割れ(*)等の状況(閉合、ブロック化、補修材等の材質劣化、覆工コンクリート等の細片化、覆工コンクリート等の材質劣化)を判読可能な画像精度を有していること。</p> <p>(*)①と同様の評価指標</p>	<p>変状の発生している場所と範囲を示すチョーキングを当該技術により自動で検出することができる。 なお、ひび割れについては、①と同様の評価指標</p>	<p>変状の発生している場所と範囲を示すチョーキングを当該技術により自動で検出することができる。</p>	II b	打音異常の有無にかかわらず、ひび割れ等はあるものの、進行しても閉合の恐れがない 打音異常が無く、ひび割れ等は閉合してはいないものの、ひび割れの進行により閉合が懸念される 打音異常が無く、ひび割れ等が閉合しブロック化している 打音異常が無く、漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している 打音異常が無く、覆工コンクリートや骨材が細片化している、あるいは豆板等があり材質劣化している
					II a	打音異常が無く、ひび割れ等が閉合しブロック化している 打音異常が無く、漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している 打音異常が無く、覆工コンクリートや骨材が細片化している、あるいは豆板等があり材質劣化している
					III	打音異常が有り、ひび割れ等は閉合してはいないものの、ひび割れの進行により閉合が懸念される 打音異常が無く、ひび割れ等が閉合しブロック化している 打音異常が有り、漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している 打音異常が無く、漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している 打音異常が無く、覆工コンクリートや骨材が細片化している、あるいは豆板等があり材質劣化している
					IV	打音異常が有り、ひび割れ等が閉合しブロック化している 打音異常が有り、漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している 打音異常が有り、覆工コンクリートや骨材が細片化している、あるいは豆板等があり材質劣化している
	④ 鋼材腐食	<p>点検員が画像を見て、鋼材腐食の範囲を示すチョーキング及び鋼材腐食の有無を判読可能な画像精度を有していること。</p>	<p>変状の発生している場所と範囲を示すチョーキングを当該技術により自動で検出することができる。</p>		I	鋼材腐食が生じてない、またはあっても軽微なため、措置を必要としない状態
					II b	表面的あるいは小面積の腐食があるため、監視を必要とする状態
					II a	孔食あるいは鋼材全周のうき錆がみられるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態
				III	腐食により、鋼材の断面欠損がみられ、構造用鋼材として機能が損なわれているため、早期に対策を講じる必要がある状態	
	IV	腐食により、鋼材の断面欠損がみられ、構造用鋼材として機能が著しく損なわれているため、緊急に対策を講じる必要がある状態				

# 変状種類別の評価指標(精度)【詳細版】

区分	変状種類	評価指標(精度)			【参考】「道路トンネル定期点検要領」(平成26年6月国土交通省道路局) 付録		
		【A-1】 トンネル展開画像の作成	【A-2】 変状写真台帳の自動整理	【A-3】 変状の自動検出	判定区分	判定の目安例 (下線は、画像だけでは判別困難な部分)	
本 体 工	⑥ 漏水等による変状	点検員が画像を見て、漏水(漏水跡を含む)の有無及び範囲、発生部位(アーチ、側壁、路面)、種類(帯水、水、土砂)を判別可能な画像精度を有していること。	変状写真台帳に写真番号、変状部位(対象箇所、部位区分)、変状種類を自動で記録・整理できる。	変状の発生している場所と範囲を当該技術により自動で検出することができる。	II b	アーチ、漏水浸出、利用者への影響無し アーチ、つらら、利用者への影響無し 側壁、漏水、利用者への影響無し 側壁、側水、利用者への影響無し 路面、土砂流出、利用者への影響無し 路面、帯水、利用者への影響無し 路面、凍結、利用者への影響無し	
					II a	アーチ、漏水滴水、利用者への影響有り 側壁、漏水滴水、利用者への影響有り 側壁、漏水流下、利用者への影響有り	
					III	アーチ、漏水流下、利用者への影響有り アーチ、つらら、利用者への影響無し 側壁、漏水噴出、利用者への影響有り 側壁、側水、利用者への影響有り 路面、土砂流出、利用者への影響有り 路面、帯水、利用者への影響有り 路面、凍結、利用者への影響有り	
					IV	アーチ、漏水噴出、利用者への影響有り アーチ、つらら、利用者への影響無し 側壁、側水、利用者への影響有り 路面、土砂流出、利用者への影響有り 路面、帯水、利用者への影響有り 路面、凍結、利用者への影響有り	
③ 変形、移動、沈下	(対象外)	(対象外)	(対象外)	II b	変形速度1mm/年未満(緩慢)		
				II a	変形速度1mm/年未満(緩慢) 変形速度1~3mm/年(進行が見られる~緩慢)将来的に構造物の機能低下につながる可能性が低い場合(変形量自体が小さい場合、変形の外的要因が明確でないまたは進行も収束しつつある場合等)		
				III	変形速度1~3mm/年(進行が見られる~緩慢)将来的に構造物の機能低下につながる可能性が高い状態(変形量自体が大きい場合、地山からの荷重作用が想定される場合(変形の方向が斜面方向と一致する等))		
				IV	変形速度3~10mm/年(進行が見られる) 変形速度10mm/年以上(著しい)		
⑤ 有効巻厚の不足または減少	(対象外)	(対象外)	(対象外)	II b	有効巻厚/設計巻厚(2/3以上)		
				II a	有効巻厚/設計巻厚(1/2~2/3)		
				III	有効巻厚/設計巻厚(1/2~2/3) 有効巻厚/設計巻厚(1/2未満)		
				IV	有効巻厚/設計巻厚(1/2未満)		
附 属 物	⑦ 破断	(対象外)	(対象外)	(対象外)	○	附属物の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合	
					×	附属物の取付状態に異常がある場合	
	⑧ 緩み、脱落	(対象外)	(対象外)	(対象外)	(対象外)	○	附属物の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合
						×	附属物の取付状態に異常がある場合
	⑨ 亀裂	(対象外)	(対象外)	(対象外)	(対象外)	○	附属物の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合
						×	附属物の取付状態に異常がある場合
	⑩ 腐食	(対象外)	(対象外)	(対象外)	(対象外)	○	附属物の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合
						×	附属物の取付状態に異常がある場合
	⑪ 変形、欠損	(対象外)	(対象外)	(対象外)	(対象外)	○	附属物の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合
						×	附属物の取付状態に異常がある場合
	⑫ がたつき	(対象外)	(対象外)	(対象外)	(対象外)	○	附属物の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合
						×	附属物の取付状態に異常がある場合