

様式第 11 別紙 2

建設技術研究開発費補助金 総合研究報告書

- (1) 課 題 名：A I 技術を活用した橋梁劣化要因・健全性判定支援システム
- (2) 研 究 期 間：平成 29～30 年度
- (3) 交 付 申 請 者 名：
喜多 敏春（株式会社日本海コンサルタント・常務取締役技師長兼 AI 技術室長）
- (4) 研 究 代 表 者 名：
喜多 敏春（株式会社日本海コンサルタント・常務取締役技師長兼 AI 技術室長）
- (5) 共 同 研 究 者 名：
・安藤 正幸（㈱日本海コンサルタント・道路事業本部長兼 AI 技術室担当室長）
・塩土 圭介（㈱日本海コンサルタント・社会事業本部計画研究室グループ長兼 AI 技術室員）
・多田 徳夫（㈱日本海コンサルタント・技術事業本部プロジェクト担当グループ長兼 AI 技術室員）
・眞島 俊光（㈱日本海コンサルタント・社会事業本部計画研究室担当グループ長兼 AI 技術室員）
・形屋 陽一郎（㈱日本海コンサルタント・道路事業本部道路交通部リーダー兼 AI 技術室員）
・末松 雅隆（㈱日本海コンサルタント・技術事業本部構造設計部リーダー兼 AI 技術室員）
・町口 敦志（㈱日本海コンサルタント・AI 技術室リーダー）
・近田 康夫（金沢大学・理工研究域地球社会基盤学系・教授）
- (6) 補 助 金 交 付 総 額：16,985,000 円
- (7) 技 術 研 究 開 発 の 目 的
インフラの維持管理においては、これまでに整備されてきた膨大な土木インフラの老朽化が進み、適切な維持管理・更新の早急な取り組みが求められている。特に、全国で約 70 万橋存在する橋梁については、5 年に 1 回の定期点検が義務付けられている。
しかし、膨大な橋梁の定期点検を行う専門技術者や予算の確保が困難となっているほか、技術者により結果にばらつきが生じること、省力化が図られにくいことなどの問題が生じている。今後のさらなる人口減少や高齢化により、技術者不足やインフラの維持管理に係る自治体の予算確保は困難になると想定され、問題は深刻化すると考えられる。
以上を踏まえ、本研究では A I（人工知能）技術を用いて、点検結果（写真画像等）から劣化要因及び健全性を自動的に『判定』することで、「技術者の省力化」と「判定結果の精度向上」の実現を目指すものである。なお、具体的には次の開発目標の達成を目指す。
①既存技術（有資格者等の専門家による判定）と同程度以上の判定精度を確保する。
②画像による判定時間を既存技術に比べ約 1 / 2 に縮減する。

(8) 技術研究開発の内容と成果

1. 技術研究開発の概要

1-1. インフラの維持管理に関する現状・課題

我が国では、高度経済成長期以降に整備したインフラが今後一斉に老朽化することが見込まれており、計画的な維持管理・更新の早急な取り組みや、トータルコストの縮減・平準化等が求められている。特に、橋梁（道路橋）は全国で約73万橋存在し、その安全性を確保するために、膨大な橋梁を近接目視により5年に1度定期点検を行うことが義務付けられた（平成26年7月施行）。これらの点検・診断に向けて、資格制度の確立や維持管理体制の整備、維持管理・更新に係る情報の共有化・見える化などについて、国を挙げて取り組んでいる。

一方、既に専門技術者や予算の確保は困難になっているほか、点検技術面においても技術者による結果のばらつきが生じること、省力化が図られにくいことなどの問題が生じている。今後のさらなる人口減少や高齢化により、技術者不足やインフラの維持管理に係る自治体の予算確保は困難になると想定され、問題の深刻化が懸念される。

<図表-1 社会資本の老朽化の現状>

高度成長期以降に整備された道路橋、トンネル、河川、下水道、港湾等について、建設後50年以上経過する施設の割合が加速度的に高くなる。
※施設の老朽化の状況は、建設年度で一律に決まるのではなく、立地環境や維持管理の状況等によって異なるが、ここでは便宜的に建設後50年で整理。

<<建設後50年以上経過する社会資本の割合>>

	2018年3月	2023年3月	2033年3月
道路橋 [約73万橋 ^{注1)} (橋長2m以上の橋)]	約25%	約39%	約63%
トンネル [約1万1千本 ^{注2)}	約20%	約27%	約42%
河川管理施設（水門等） [約1万施設 ^{注3)}	約32%	約42%	約62%
下水道管きよ [総延長：約47万km ^{注4)}	約4%	約8%	約21%
港湾岸壁 [約5千施設 ^{注5)} (水深-4.5m以深)]	約17%	約32%	約58%

- (注) 1 道路橋約73万橋のうち、建設年度不明橋梁の約23万橋については、割合の算出にあたり除いている。(2017年度集計)
2 トンネル約1万1千本のうち、建設年度不明トンネルの約400本については、割合の算出にあたり除いている。(2017年度集計)
3 国管理の施設のみ。建設年度が不明な約1,000施設を含む。(50年以内に整備された施設については概ね記録が存在していることから、建設年度が不明な施設は約50年以上経過した施設として整理している。)(2017年度集計)
4 建設年度が不明な約2万kmを含む。(30年以内に布設された管きよについては概ね記録が存在していることから、建設年度が不明な施設は約30年以上経過した施設として整理し、記録が確認できる経過年数毎の整備延長割合により不明な施設の整備延長を按分し、計上している。)(2017年度集計)
5 建設年度不明岸壁の約100施設については、割合の算出にあたり除いている。(2017年度集計)

資料) 国土交通省

出典：国土交通白書 2018 (2018年8月発行)

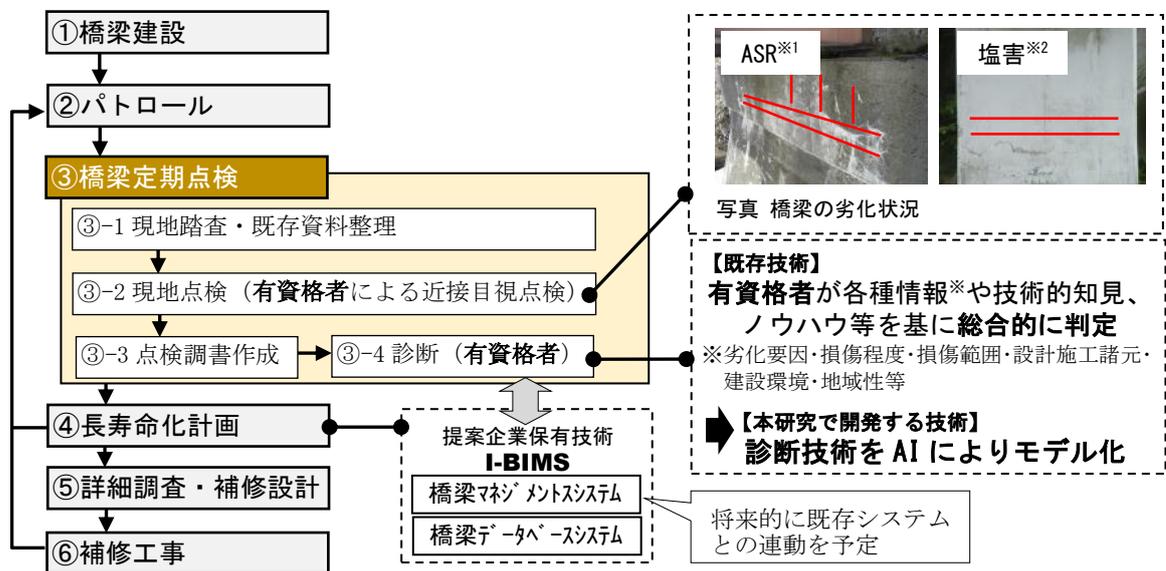
1-2. 研究開発の概要

前述の現状・課題を踏まえ、本研究開発では、橋梁のコンクリート部材の定期点検結果（劣化写真データ、諸元情報や損傷情報等のデータ）を基に、人工知能AI技術（ニューラルネットワーク／ディープラーニング）を活用して、点検結果（写真画像）から劣化要因および健全性を自動的に『判定』するシステムを構築するものである。

具体的には、研究開発者が保有する点検結果（画像）・諸元情報や国土交通省より提供いただいたデータ等を用い、入力した画像と専門家が判定した結果（劣化要因及び健全性）の関連性をAIに学習させ、判定モデルを構築する。その判定モデルを用い、別途入力する点検結果から、劣化要因及び健全性を予測して判定させるものであり、この予測した判定結果の正解率（精度）を80%以上にするを目的としている（図表-2）。なお、目標値とした80%については、専門技術者による判定においても個々でばらつきが生じていること（技術者の判定精度は80%以上）、本システムはあくまで技術者の判定支援であることなどを考慮して設定した。

本システム開発により、①橋梁点検における高度な専門技術者の省力化、②劣化判定・健全性判定の精度の確保・向上、③専門技術者だけでなく、広く橋梁を維持管理できるシステムの開発が可能となることなどの効果が期待できる。

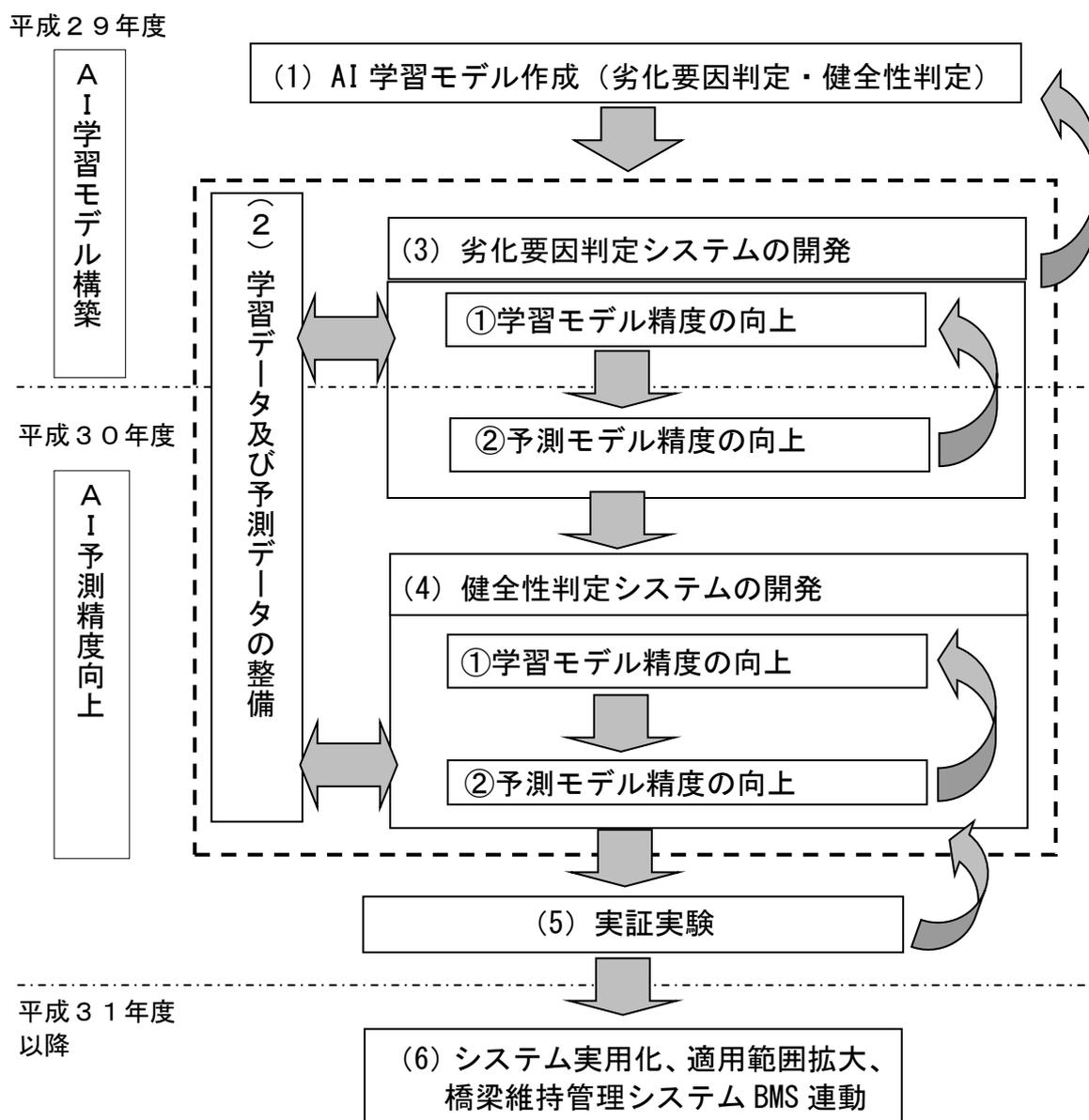
＜図表-2 橋梁の維持管理体系と研究開発技術の関係＞



- ※1 ASR（アルカリ骨材反応）：コンクリートに使用された骨材が反応性骨材である場合、これが膨張してひび割れが生じる劣化現象。部材によって異なるがひび割れ形状が格子状となる等の特徴を有する。
- ※2 塩害：塩化物イオンがコンクリート内部に浸入することで内部の鉄筋が腐食し、ひび割れが生じる劣化現象。鉄筋に沿ったひび割れ形状等となる特徴を有する。

本システムの構築に当たっては、図表-3 に示す通り、(1) ～ (4) において AI による学習・判定モデルを構築するとともに、その結果の検証として (5) 実証実験を行う。さらに、今後のビジネス展開の検討として、(6) システム実用化の検討を行ったうえで、将来的な適用範囲の拡大や橋梁維持管理システム BMS との連動などを検討する。

<図表-3 研究開発の概要図>



1-3. 技術研究開発の新規性および導入効果など

①新規性：最新技術の土木施設維持管理分野への適用

AIによる画像解析技術（ディープラーニング）は、近年、医療や自動運転など多くの分野で活用されている。本システムは、このAIによる画像解析技術を土木施設の維持管理分野に適用するものである。

土木施設の維持管理分野における類似の既存技術では、河川のコンクリート護岸の劣化度判定やコンクリートのひび割れをAIで発見するなどの技術がみられる。これらは維持管理支援システムとして有用性はあるものの、ひび割れを「見つける」技術である。これに対し、本システムは劣化要因・健全性判定において、専門技術者が行うように、写真（画像）だけでなく、地域の特性やひび割れ寸法など数値的なデータ（橋梁の諸元データ）を考慮し、総合的な判定を自動で行うものであり、類似技術には見られない新規性を有している。

②導入効果：技術者の省力化・省人化、判定結果の精度向上

従来は専門家が各種情報（コンクリート表面に生じる劣化状況や橋梁諸元、建設環境など）や技術図書、経験に基づき判定を行っていた。本システムでは、専門技術者の思考回路と同様に、AI技術を用いて、橋（コンクリート部材）の点検結果（写真画像）と諸元等情報を基に、劣化要因及び健全性を『自動的に判定』するシステムを構築するものである。

この結果、膨大な点検画像の判定時間が短縮するほか、これまで手作業であった点検調査作成を自動作成することにより、「①技術者の省力化・省人化」が図られる。

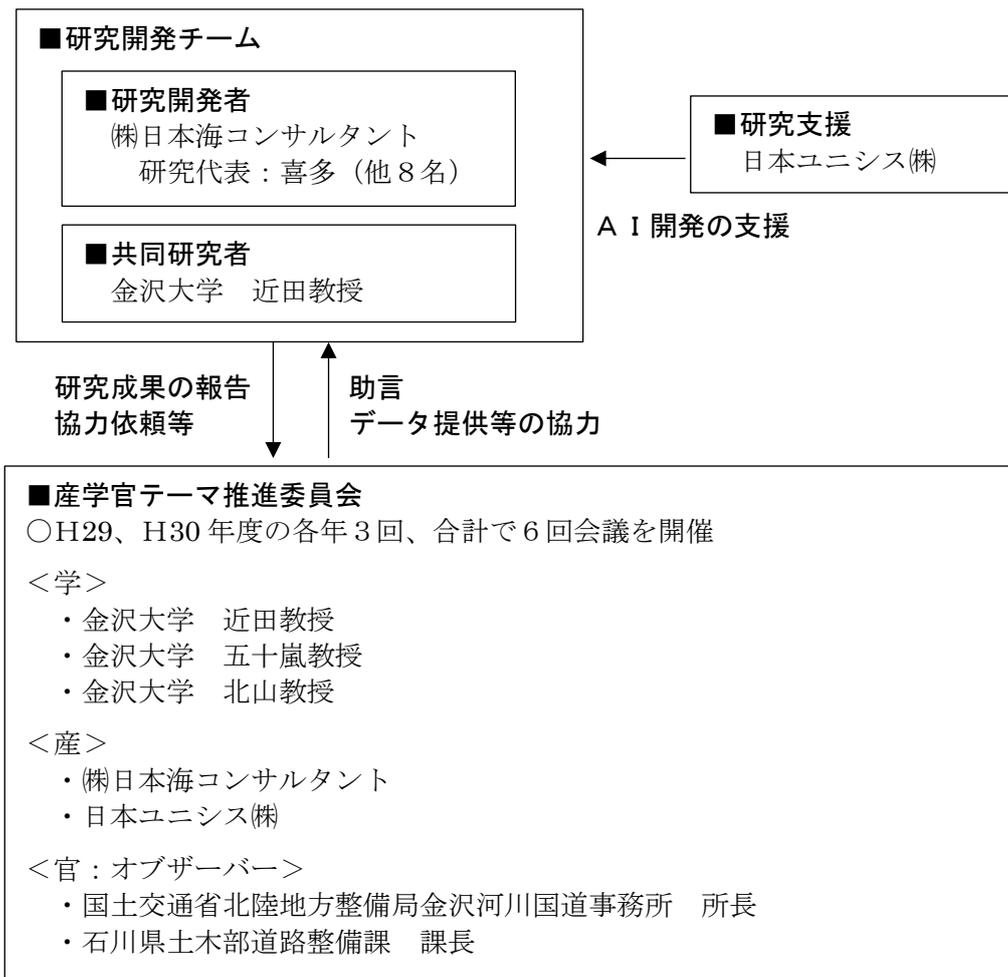
また、既存技術では専門技術者の技量に依存した判定のため、判定結果にばらつきが生じるほか、ヒューマンエラーによる誤判定・見落としの危険性がある。しかし、本システムにより、見落としや誤判定を回避した判定結果の精度向上や均一化が図られ、「②判定結果の精度向上（品質確保・向上）」が実現される。

さらに、これまでの橋梁点検はほとんどが業務委託であるため、自治体の調査委託費の確保が課題であった。しかし、本システムの利用により、橋梁点検経験が少ない道路管理者による高精度な点検が可能となり、維持管理費用の削減が可能となる。

1-4. 研究体制

本研究は、研究開発者・共同研究者および日本ユニシス(株)に研究支援をいただき技術研究開発を進める。また、産学官テーマ推進委員会を開催し、それぞれの立場から、適切な研究開発の進め方や結果の妥当性などについて助言をいただくとともに、オブザーバーである国土交通省北陸地方整備局より橋梁点検データなどの提供をいただいた（図表-4）。

<図表-4 研究体制>



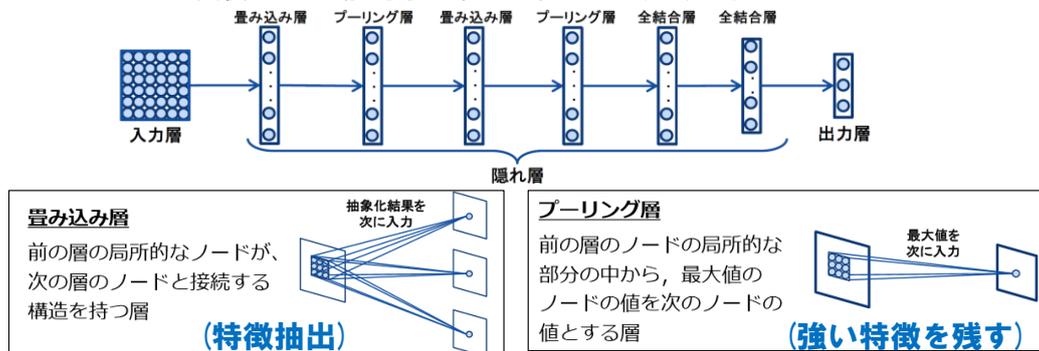
2. AI 学習モデルの作成

2-1. AI の概要

AI によるモデル構築にあたっては、画像認識が得意なディープラーニングを用いた。なお、一般的なディープラーニング (CNN) のモデルは図表-5 の通りである。

- ・アルゴリズム : ディープラーニング (CNN : Convolution Neural Network)
- ・プログラミング言語 : Python
- ・フレームワーク : Chainer

<図表-5 一般的なディープラーニング (CNN) のモデル>



※パラメータの例

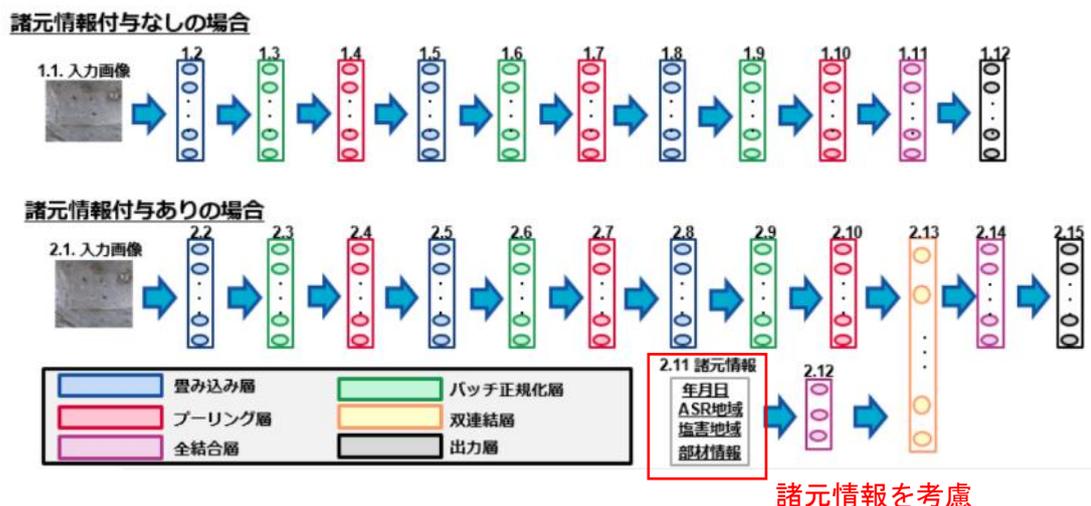
- ・学習方法 : 誤差逆伝搬法
- ・重み更新方法 : ミニバッチ法
- ・活性化関数 : Relu関数等

2-2. AI 学習・判定モデルの構築

AI 学習・判定モデルの構築にあたっては、技術者による判定方法を考慮し、点検画像や諸元情報 (架設年、地域情報、部材情報等) などの各種情報等を組み合わせて総合的に判定を行う仕組みを検討した。

具体的には、図表-6 に示す通り画像のみで判定を行うモデルと、諸元情報を付与するモデルを比較検証した結果、諸元情報等を組み合わせて判定を行うモデルの方が正解率が高く、かつ適切な結果を示したことから、諸元情報を付与したモデルを基本とすることとした。

<図表-6 諸元情報を加味したモデル>



3. 学習データおよび予測データの整備

3-1. データの概要

本研究開発に用いるデータは、研究開発者が保有する点検データおよび国土交通省北陸地方整備局より提供いただいた点検データを用いる。また、本システムで用いるは点検データ（写真データ、諸元等データ）の概要を次に示す。

3-1-1. 写真データの概要

写真データは、利用者の利便性を考慮しながら、AIが適切に学習・判定をできるように適用範囲を設定した（図表-7）。

<図表-7 写真データの適用範囲>

	概要
写真対象	点検で撮影した写真
対象構造物	コンクリート構造物（橋梁、ボックスカルバート）
対象部材	上部工（主桁・床版・横桁）、下部工（橋台・橋脚）、頂版・側壁、他（高欄・地覆）
撮影条件	距離：0.5～5.0m、角度：45°程度迄
画像 size	800×600pixel 以上（一般的なカメラ）
備考	損傷が確認でき、人が判定できる写真

※適用範囲外：特殊構造（パイラメント橋脚等（写真枚数が少ない構造））
 判定困難（表面付着物（コケ）、表面変色：顕著な漏水跡）
 撮影・環境不良（ピント不良・色とび（フラッシュ）・影（認識不可））

3-1-2. 諸元等データの概要

諸元等データは、収集が容易でかつ劣化要因と関連する情報として、次のデータを整理した（図表-8）。

<図表-8 諸元等データなど一覧>

情報	分類	情報名	選択項目
諸元	経年系	架設年（西暦）	数値 4 桁（XXXX 年）、不明有
	環境系	ASR 地域	地域内・外
		塩害地域	地域内・外
		凍害地域	地域内・外
		凍結防止剤散布	散布有・無
	構造系	部材情報	主桁・横桁・床版（コンクリート橋・鋼橋）・下部工・他
材料情報		PC・RC・無筋	
損傷	損傷系	最大ひびわれ幅	X.XX mm ※1
		断面欠損系	複数分類 ※2

※1：ひびわれ幅 0.0mm、0.1mm～3.0mm

※2：欠損 7 分類（無、欠損有（小・大）、うき有（さび有・無）、鉄筋露出有（減肉有・無））

3-2. 劣化要因および健全性の判定区分

3-2-1. 道路管理者の点検要領の整理

劣化要因および健全性の判定区分の設定にあたっては、国土交通省および地方自治体の既存の点検要領などを踏まえる必要があることから、各点検要領に基づく健全性や損傷の程度等について整理した（図表-9）。

<図表-9 各道路管理者の点検要領>

	①国土交通省	②自治体共通	③地方自治体の例	
			石川県	石川県内市町
点検要領	・橋梁定期点検要領 H26(国交省) ・定期点検カルテ入力マニュアル	・道路橋定期点検要領 H26(国交省)	・石川県橋梁点検要領 H27(石川県) ※②を含む	・基礎データ収集要領(国総研) [※] ・いしかわ橋梁 DB マニュアル H27 ※②を含む
健全性	I ~ IV	同左	同左	同左
対策区分	A・B・C1・C2・M・S ・E1・E2	無	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
損傷種類	橋梁定期点検要領による程度	無	(国交省と同様)	基礎データ収集要領による程度
損傷程度	a~e	無	(国交省と同程度)	a~e、有・無

※基礎データ収集要領：全国の他の自治体も使用

3-2-2. 劣化要因の判定区分

コンクリートの劣化には、様々な要因*があるが、本研究ではその中でも主要な要因である6つの要因（ASR、塩害、中性化、凍害、収縮系・疲労、豆板系）に健全性を追加した「7クラス」に区分することとした（図表-10・11）。

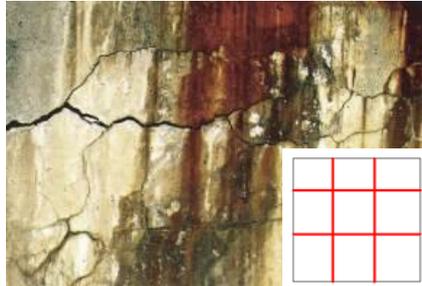
※アルカリ骨材反応（ASR）、塩害、中性化、施工不良、凍害、疲労、火害、化学的腐食、外力、強度不足、摩耗・風化、複合劣化等

<図表-10 劣化要因の区分>

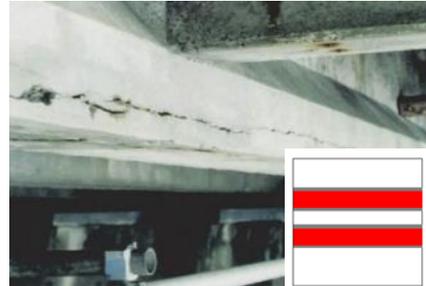
	劣化要因	主な損傷
①	ASR	ひび割れ、遊離石灰、錆汁
②	塩害	鉄筋露出、ひび割れ、錆汁、うき
③	中性化	鉄筋露出、ひび割れ、錆汁、うき
④	凍害	剥離、錆汁、うき
⑤	収縮系・疲労	ひび割れ（乾燥収縮、温度ひび割れ）
⑥	豆板系	施工不良、すりへり
⑦	健全部	（損傷なし）

<図表-11 劣化要因の主区分のイメージ>

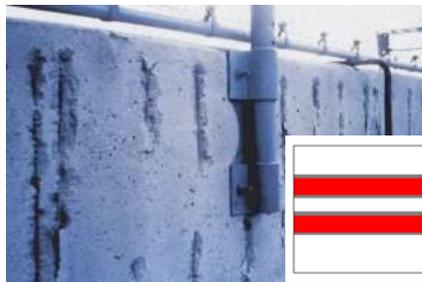
(ASR)



(塩害)



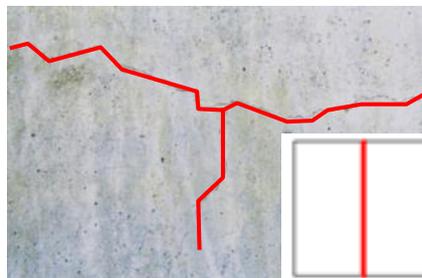
(中性化)



(凍害)



(収縮系・疲労)



(豆板系)



出典：日本コンクリート工学会 劣化事例写真集

3-2-3. 健全性の判定区分

健全性の判定区分は、国土交通省の橋梁定期点検要領及び道路橋定期点検要領を参考に、国土交通省及び地方自治体等が共通の判定区分であるⅠ・Ⅱ・Ⅲ・Ⅳの4区分（クラス）とする。ここで、健全性Ⅰは最も健全な状態を示す区分であるが、ささいな劣化損傷（幅の狭いひびわれ等）が含まれる場合も同様の健全性となっている。AⅠによる画像判定では、特徴が異なる場合はクラスを分けた方が精度が高くなる可能性があることから、地方自治体（石川県）の対策区分を参考に健全性Ⅰを2つに分け、5～1の5区分（クラス）とした。健全性・健全度の区分を図表-12に示す。

＜図表-12 健全度の区分＞

健全性		対策区分			
国交省・石川県共通		国交省		石川県	
Ⅰ	道路橋の機能に支障が生じていない状態	A	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。	5	劣化損傷が認められない。
		B	状況に応じて補修を行う必要がある。	4	ささいな劣化損傷のみで、点検記録を継続する。
Ⅱ	予防保全段階：道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態	C1	予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。	3	軽度の劣化損傷があり、計画的に維持管理、補修をする。
Ⅲ	早期措置段階：道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態	C2	橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。	2	重度の劣化損傷があり、早急な補修対策が必要。
Ⅳ	緊急措置段階：道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態	E1・E2	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。その他、緊急対応の必要がある。	1	甚大な損傷で、安全確保に支障となる恐れがあり、緊急対応が必要。

※参考文献：橋梁定期点検要領, H26. 6, 国土交通省 国道・防災課
道路橋定期点検要領, H26. 6, 国土交通省道路局
石川県橋梁定期点検要領, H27. 2, 石川県

※対策区分：国Aと県5、国Bと県4は同一ではない

3-3. 学習（教師）データの判定

前述の判定区分に基づき、点検写真を複数の有資格者（技術士、コンクリート診断士など）により1枚ずつ劣化要因および健全性の判定を行い、判定のばらつきやミスを是正し、精度の高い学習（教師）データの整備を行った。その結果、学習・判定に用いるデータは1,490枚（研究開発者が保有するデータ）となった（図表-13・14）。

なお、最終的な判定結果を基本として、各有資格者の判定結果を平均すると、劣化要因は約90%、健全度は約80%の正解率となっており、20%程度のばらつきが生じることがわかった。

<図表-13 有資格者による劣化要因および健全性の判定結果の検証>



有資格者※による判定手順

- ①全体で詳細な判定方針を作成
- ②各診断士が別々に判定
- ③全体で照合・審査
- ④最終的な正解値を決定

※下記のいずれかの資格を保有

博士（工学）、技術士（建設部門：鋼構造及びコンクリート）
コンクリート診断士

<図表-14 データ整備数（研究開発者データ）>

		健全度					合計
		健全度5	健全度4	健全度3	健全度2	健全度1	
劣化 要因	ASR	0	75	212	128	0	415
	塩害	0	12	73	45	52	182
	中性化	0	8	126	40	10	184
	凍害	0	7	34	1	14	56
	収縮系・疲労	1	185	58	0	0	244
	豆板系	0	70	30	0	0	100
	健全部	309	0	0	0	0	309
	合計	310	357	533	214	76	1490

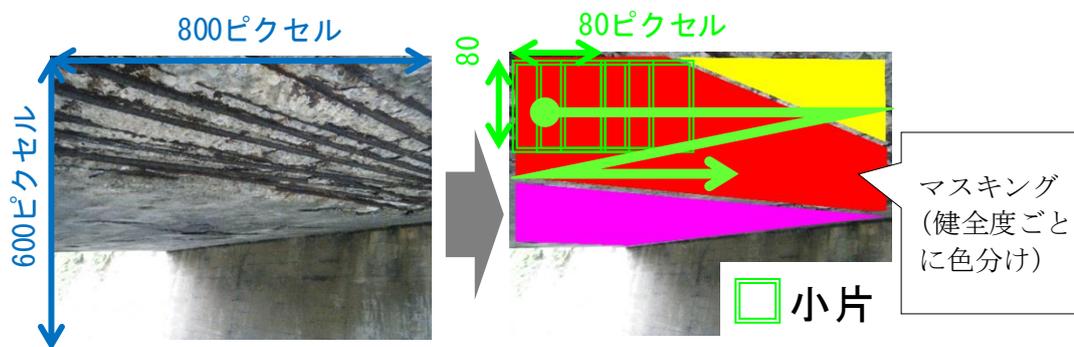
3-4. 画像処理（リサイズ・マスクング・小片切り出し）

有資格者の診断結果をもとに、AIによる学習を精度よく行うために、判定を行う部分以外（空や地面などの評価対象外の部分）を除外しながら、健全度ごとに範囲を定義した色で着色（RGB）するマスクング作業を行った。なお、点検写真は撮影するカメラによって画像サイズが異なるため、リサイズによって画像サイズを統一している。

このデータをもとに、ひび割れなどの小さな特徴を学習するとともに、学習データ枚数を確保するために小片画像を切り出し、学習・判定用のデータ整備を行った（図表-15）。

収集したデータをもとに、判定が困難なデータを除き、有資格者が劣化要因（7クラス）および健全度（5クラス）を判定し、マスクング処理を行った。

<図表-15 マスクング及び小片切り出しイメージ>

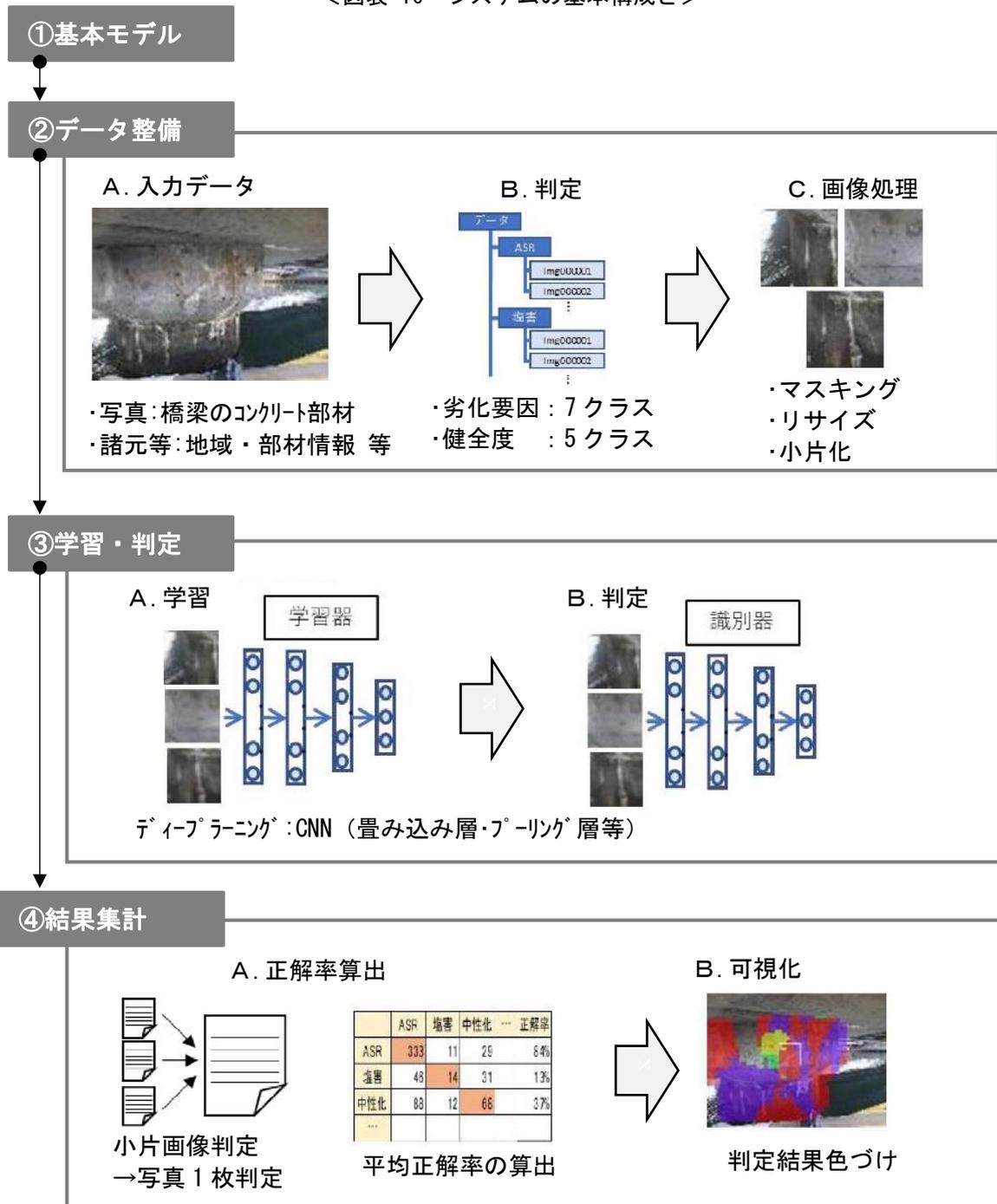


4. 劣化要因および健全性判定システムの開発

4-1. システムの概要

本システムの概要は図表-16 に示す通り、「基本モデル」を構築し、そのモデルに必要な「データ整備」を行ったうえで、AIが「学習・判定」を行い、「結果集計」を行うことになる。この一連の流れにおいて、AIが劣化要因と健全性を適切に学習・判定できるよう、様々な工夫を行う必要がある。

<図表-16 システムの基本構成と>



4-2. 劣化要因および健全性の判定精度向上に向けた検討と検証

4-2-1. 検討内容

構築した基本モデルに、前述の各工程において図表-17 に示す検討を行い、それぞれの条件が判定結果にどのように影響するか検討を行った。具体的な研究内容については次ページ以降に記述する。

＜図表-17 判定精度の向上に向けた検討パターン＞

区分		検討概要	検討結果の概要
①基本モデル		(初期検討)	(P7：諸元情報等を付与したモデル)
②データ整備	A. 入力データ	・写真データの追加	・マスキング精度を向上した写真を追加することで精度が向上（単純に写真を追加しても精度向上にはあまりつながらない）
		・諸元データの追加	・損傷情報（ひび割れ幅や鉄筋露出の有無など）を追加すると正解率が向上
		・判定クラス数の影響度	・クラスを減らすと正解率が向上
	B. 判定	(有資格者の判定)	(P12 参照：複数人で判定・検証)
	C. 画像処理	・小片画像サイズ	・小片サイズの違いで正解率が変化（適したサイズは劣化要因・健全度で異なる）
		・小片切り出し方法	・小片切り出し方法により劣化要因の正解率に影響あり（向上）
		・マスキング精度向上	・詳細にマスキングをしすぎても精度向上には影響なし
		・リサイズサイズの高精度化	・高解像度の画像のみを用いても効果はほとんど見られない
		・モノトーン化	・ひび割れ等は強調されるが、正解率は大幅に低下
	③学習・判定		・ネットワーク構成の変更
	・学習回数増加	・学習回数は1万回を超えるとあまり変化がない	
④結果集計	A. 正解率	・正解率集計単位の検討	・小片ごとの判定と写真1枚での判定では、劣化要因は写真1枚単位、健全度で小片画像の方が判定精度が高い
		・正解率算出方法	・全ての小片の結果（割合）について閾値を設定することで精度が向上
	B. 可視化	・結果の可視化	・AI の判定結果は数値化されて出力されることからその結果を可視化

①基本モデル

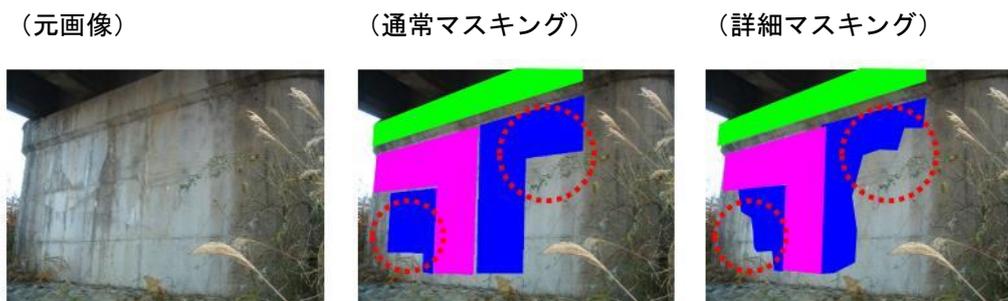
基本モデルはP 7を参照。

②データ整備：

データ整備においては、入力データとしてマスクングを行った写真枚数を追加したほか、諸元データを追加することで判定精度の向上を図った。また、判定クラスは少ない方が正解率は上がるものの、本システムに求める性能上、区分数の変更は行わなかった。

また、画像処理については、小片画像を様々なサイズに変更し学習した結果、画像サイズが小さくしすぎる場合と特徴が把握しにくいことが分かった。また、マスクングの精度についてはできる限り詳細に行って学習しても、正解率が低下する結果となり、傾向がわかる範囲でのマスクングが正解率を高めることにつながった（図表-18）。さらに、高解像度の写真を用いてもあまり正解率に変化がみられない（解像度が低すぎると判定不能）ほか、色の影響を除外するためモノトーン化した場合は正解率が大幅に減少した。

<図表-18 マスクング精度の検証>



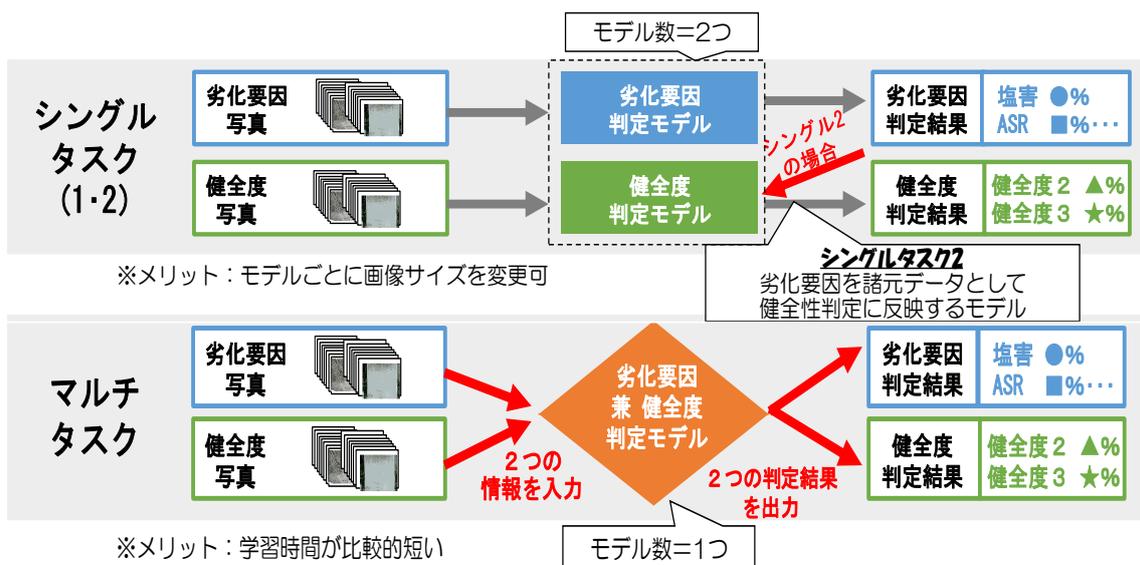
③学習・判定モデルの検討：劣化要因と健全性を連動して判定できるモデルの構築

基本モデルを踏まえ、劣化要因と健全性をそれぞれ判定するモデル（シングルタスク）と、劣化要因・健全性の情報を一度に入力し、その結果から劣化要因と健全性をそれぞれ判定するモデル（マルチタスク）を構築した（図表-19）。

実際の現場では様々な損傷による劣化要因を踏まえた上で健全性を判定することから、実際に合わせたシングルタスクと、マルチタスクに基づく判定を比較した結果、マルチタスクの方が精度はやや高く、AIにより両者を一度に処理し判定する方が特徴を把握しやすいことが分かった。ただし、シングルタスクに比べマルチタスクは学習時間が長くなり、学習時間の効率性ではデメリットが生じた。

また、AIの学習回数を数千回から数十万回まで変更しながら結果を検証したところ、1万回程度までは正解率は上がるものの、それ以上増やしても正解率に改善は見られなかった（過学習による低下もみられた）。

<図表-19 劣化要因と健全性の判定モデル>



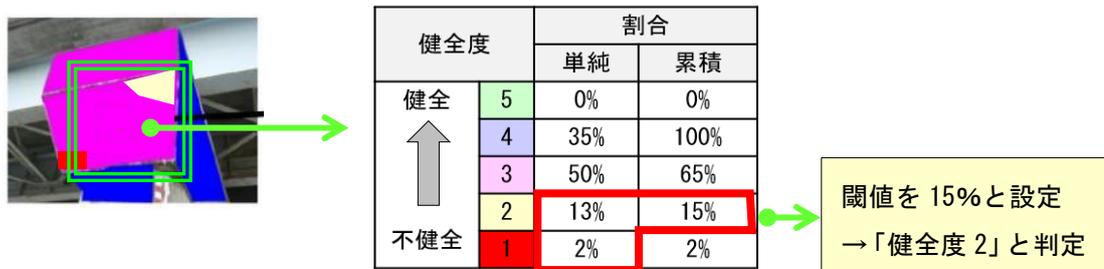
④結果集計：閾値の設定による正解率の算出

結果集計に当たっては、本システムは小片ごとに劣化要因および健全性を判定結果することから、その結果を踏まえ写真1枚全体の判定結果を算出する必要がある。そのため、写真全体の判定結果の算出は、健全度が安全側の判定となり、かつ正解率が高くなる閾値を設定することとした（図表-20）。

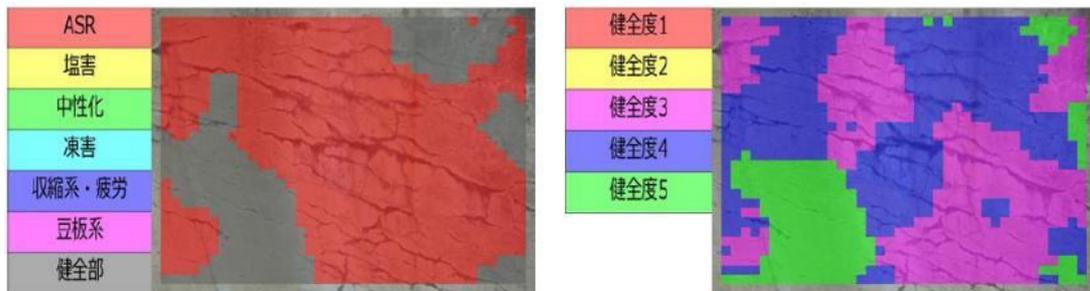
また、AIモデルによる判定結果は、小片画像毎に数値化されて出力され、その結果が理解しにくいことから、判定結果を可視化するプログラムを作成した（図表-21）。可視化することで、AIがどのように判定しているかを分析することが可能となり、各種パラメータの補正・修正等による影響を詳細に把握することで、精度の向上を図る。

<図表-20 正解を判定する累積閾値の設定イメージ>

(AIの小片画像の判定結果) (面積割合と正解設定のイメージ)



<図表-21 判定結果の可視化>



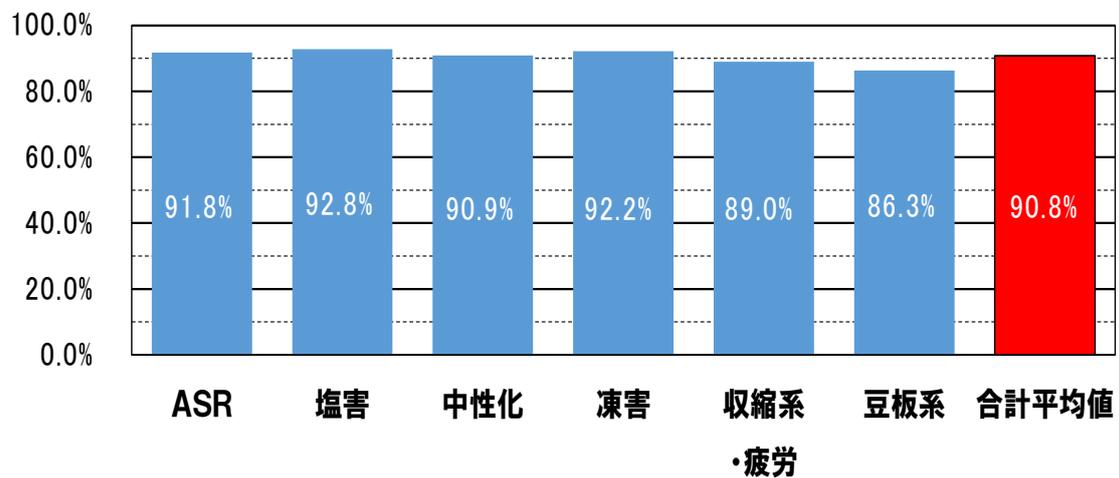
4-2-2. 検証結果

前述の判定精度の向上に向け各種検討を行った結果、研究開発当初（基本モデルでの判定）の正解率は劣化要因が43.0%、健全度は52.2%であったが、最終的には劣化要因は90.8%、健全度は84.4%の正解率となり、目標である80%を上回ることができた（図表-22・23）。AIによる判定結果の例（劣化要因・健全度）を図表-24・25に示す。

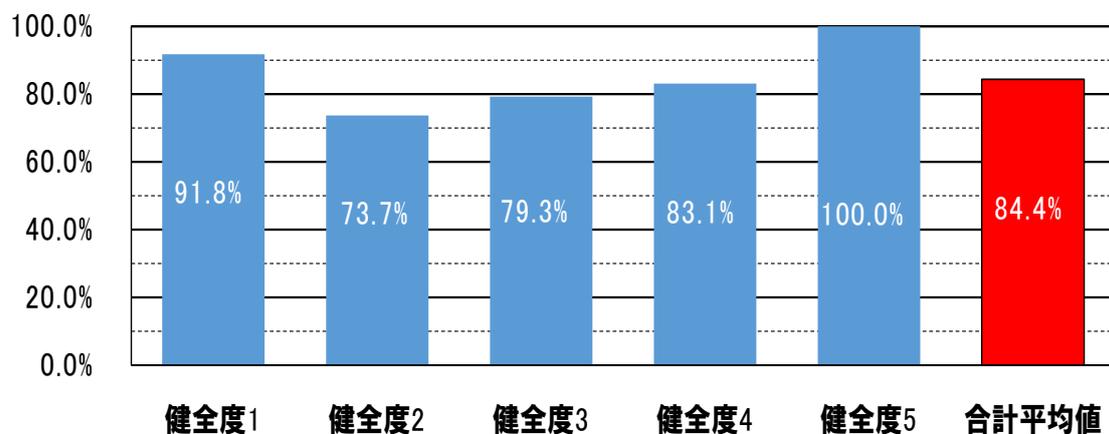
また、劣化要因についてはいずれの要因も80%を超える高い正解率となったが、健全度は、健全度2・3の正解率が80%を下回る結果となった。

今後、多様な現場に対して安定的かつより精度の高いシステムを構築するために、写真のさらなる収集・学習が必要と考えられる。

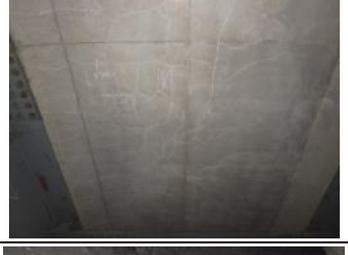
<図表-22 劣化要因の判定精度>



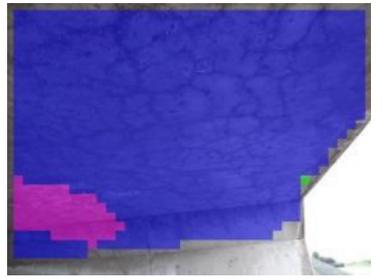
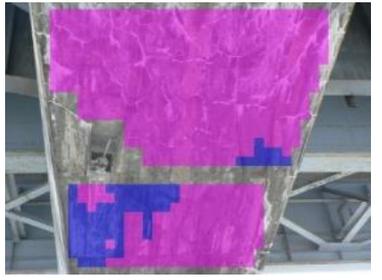
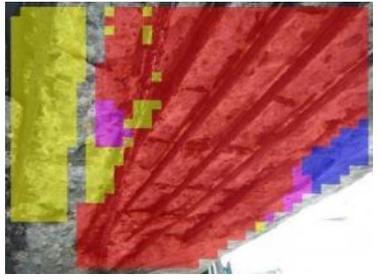
<図表-23 健全度の判定精度>



<図表-24 AIによる判定結果（劣化要因）の例>

劣化要因	点検結果（画像）	判定結果	凡例
ASR			
塩害			
中性化			
凍害			
収縮系・疲労			
豆板系			

<図表-25 AIによる判定結果（健全度）の例>

劣化要因	点検結果（画像）	判定結果	凡例
健全度 5			健全度1 健全度2 健全度3 健全度4 健全度5
健全度 4			
健全度 3			
健全度 2			
健全度 1			

4-2-3. ユーザー負担を考慮した損傷情報の簡素化の検討

前述の通り、本システムにより劣化要因、健全度ともに目標とした判定精度 80%を満たすことができたが、今後の実用化に向けてはできる限りユーザーの負担を軽減し、より手軽に利用できる工夫が必要となる。現状のシステムでは、点検画像のほかに、諸元情報や損傷情報を入力する必要があり、特に損傷情報の入力ユーザーの負担となる。そのため、入力情報を簡素化することで負担軽減を図ることが実用化に当たっては重要と考えられるが、その結果、判定精度にどのような影響を及ぼすか検証する必要がある。

そこで、点検要領や判定に係る要因を考慮しながら、損傷情報として、断面欠損を7分類から3分類に、ひび割れを14分類から4分類に簡素化を検討することとした(図表-26)。

<図表-26 損傷情報の簡素化>

(断面欠損系：7分類→3分類)

簡素化前	簡素化後
無	無
うき:有 (さび無)	
うき:有 (さび有)	
欠損: 有(小)	欠損:有・鉄筋露出:無
欠損: 有(大)	
鉄筋露出: 有(減肉無)	欠損:有・鉄筋露出:有
鉄筋露出: 有(減肉有)	

(ひび割れ系：14分類→4分類)

簡素化前	簡素化後
0.0mm	$x=0.0\text{mm}$
0.1mm	$0.0 < x < 0.3\text{mm}$ (0.2mm級) 
0.15mm	
0.2mm	
0.25mm	
0.3mm	$0.3 \leq x < 1.0\text{mm}$ (0.3~1.0mm級)
0.4mm	
0.5mm	
0.6mm	
0.7mm	$1.0\text{mm} \leq x$ (1.0mm以上級) 
1.0mm	
1.5mm	
2.0mm	
3.0mm	

最大幅 1.5mm



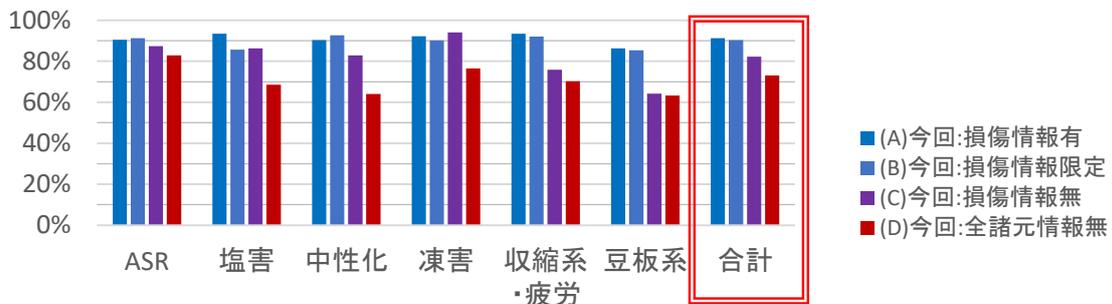
諸元情報および損傷情報の有無、簡素化による判定精度の検証を行った結果は次の通りである。劣化要因については点検画像と諸元情報があれば目標とする 80%以上の正解率となったが、健全度については損傷情報がない場合は、正解率が約 65%に減少している。また、劣化要因・健全度ともに、諸元情報・劣化情報ともに与えずに、点検画像のみでの判定では劣化要因は 73.1%、健全度は 60.1%の正解率となった（図表-27・28・29）。

今後は、ユーザー負担を抑えつつ、精度の確保・向上に向けてさらに検討を行う必要がある。また、現在の学習データ（枚数）にも制限があることから、今後は学習データを増やすとともに、学習方法をさらに検討・工夫し、健全度の特徴をより正確にとらえられるシステムに改良していく必要があると考えられる。

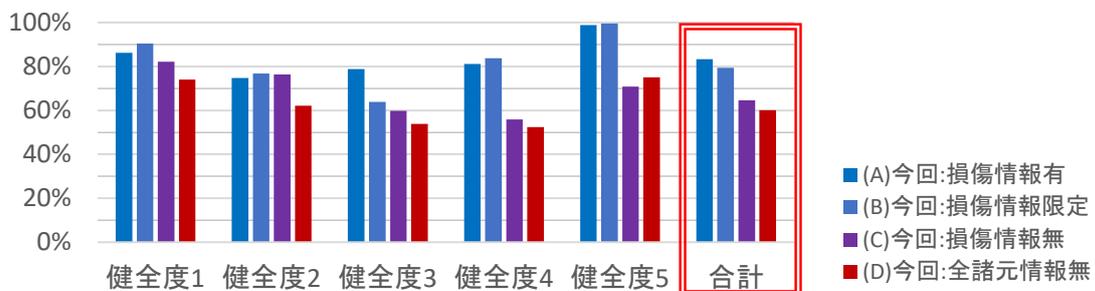
<図表-27 検証結果の比較>

諸元情報	有			無
損傷情報	有	簡素化	無	無（画像のみ）
劣化要因	90.8%	90.3%	82.3%	73.1%
健全度	84.4%	79.4%	64.6%	60.1%

<図表-28 劣化要因の検証結果>



<図表-29 健全度の検証結果>



5. 現場での実証実験

5-1. 実証実験の概要

本研究開発で構築したA I判定システムについて、前述の通り精度を検証することができたが、今後の実用化に当たっては、研究開発者が整理したデータ以外のデータを判定することになることから、新たなデータを用い実証実験を行うことで精度が確保できるか検証する必要がある。そこで、国土交通省北陸地方整備局から提供いただいた点検画像と諸元情報などのデータを用い、実証実験を行った。

提供いただいた写真データは1,183枚であり、専門技術者が劣化要因・健全度を確認した(図表-30)。この内、A Iにより適切に判定ができるよう、前述の適用範囲(図表-7)に該当する写真522枚を用いて実証実験を行った。

＜図表-30 データ整備数(実証実験データ、国土交通省データ)＞

全データ：1183枚

		健全度					合計
		健全度5	健全度4	健全度3	健全度2	健全度1	
劣化要因	ASR	3	15	23	0	0	41
	塩害	1	8	16	17	13	55
	中性化	25	242	131	5	0	403
	凍害	2	22	6	1	0	31
	収縮系・疲労	0	350	9	2	0	361
	豆板系	56	144	8	0	0	208
	健全部	84	0	0	0	0	84
	合計	171	781	193	25	13	1,183

適用範囲内データ：522枚

		健全度					合計
		健全度5	健全度4	健全度3	健全度2	健全度1	
劣化要因	ASR	0	12	9	0	0	21
	塩害	0	4	10	0	0	14
	中性化	0	30	76	1	0	107
	凍害	0	5	3	0	0	8
	収縮系・疲労	1	262	6	1	0	270
	豆板系	0	102	0	0	0	102
	健全部	0	0	0	0	0	0
	合計	1	415	104	2	0	522

5-2. 実証実験の結果

提供写真と諸元情報・損傷情報をもとに実証実験を行った結果、判定結果の正解率は、劣化要因が 87.9%、健全度が 87.2%となり、目標とする 80%以上の精度を確保することができた（図表-31・32）。

一方、誤判定の内容を見ると、劣化要因については、損傷部を健全部と誤判定した枚数は 8 枚（1.5%）となり、損傷を見逃さない安全性は約 98%といえる。また、健全度については危険側に誤判定した枚数は 8 枚（1.5%）、安全側に誤判定した枚数は 58 枚（11.1%）であり、本システムの安全性は約 98%といえる。いずれも危険側に誤判定した結果は 1～2%と限定的ではあるが、こういった危険側の誤判定が生じないように、改善に向けた研究開発を引き続き行う必要がある。

以上を踏まえ、実証実験においても、80%を超える精度を確認することができたが、評価データ数が少ないことから、今後はより多くのデータを用いた検証を行い、さらなる精度と汎用性の向上に向けて検討を行う必要がある。

<図表-31 劣化要因判定評価>

劣化要因		判定結果									
		ASR	塩害	中性化	凍害	収縮系疲労	豆板系	健全部	合計	正解数	正解率
入力値	ASR	18	0	0	0	2	0	1	21	18	85.7%
	塩害	8	6	0	0	0	0	0	14	6	42.9%
	中性化	0	11	93	0	0	3	0	107	93	86.9%
	凍害	1	0	0	1	0	6	0	8	1	12.5%
	収縮系疲労	20	1	0	0	246	0	3	270	247	91.5%
	豆板系	0	0	1	2	1	94	4	102	94	92.2%
	合計	47	18	94	3	249	103	8	522	459	87.9%

凡例： 正解 危険側誤判定

<図表-32 健全度判定評価>

健全度		判定結果							
		健全度 1	健全度 2	健全度 3	健全度 4	健全度 5	合計	正解数	正解率
入力値	健全度 1	0	0	0	0	0	0	—	—
	健全度 2	1	0	0	1	0	2	0	0.0%
	健全度 3	0	4	96	3	1	104	96	92.3%
	健全度 4	0	5	48	359	3	415	359	86.5%
	健全度 5	0	0	0	1	0	1	0	0.0%
	合計	1	9	144	364	4	522	455	87.2%

凡例： 正解 危険側誤判定 安全側誤判定

5-3. プロトタイプの構築

これまでに構築したシステムの実用化に向け、運用時の課題を発見し、対策を検討するために、プロトタイプを作成した。本システムを活用したサービス内容は次章で詳述するが、室内での利用だけでなく、橋梁点検現場での使用を想定し、PCやスマートフォン、タブレットなどから容易に使えるWebブラウザによるサービスを想定している（図表-34）。

プロトタイプの作成により、橋梁点検現場での撮影・アップロードに関する操作性や診断結果の送受信に係る所要時間を確認した。

プロトタイプを用い、実際の点検現場等で試験を行った結果、操作性や所要時間などについて次のような課題が生じ、今後の実用化に向けた対応方策を検討した（図表-33）。

<図表-33 プロトタイプの課題と対応方針>

項目	改善課題	今後の対応
写真撮影	点検ではスマートフォンではなく、市販デジタルカメラを使用している	市販デジタルカメラとの連動を検討
操作性	特に問題無し	—
所要時間	結果判定の送受信に約 20 秒要する 円滑な点検作業を行うため、所要時間の短縮が必要である	判定プログラムの改良を図る クラウドサーバーの高速化を図る ⇒サーバー費用の高騰が懸念 (使用料の高騰)
現場作業の効率化	写真撮影箇所や損傷状況の記録など、現場作業やデータ整理作業を効率化が必要である	現場でタブレットを用い、撮影地点の記録やタッチペンなどによる損傷図の作成機能の追加を検討する
室内作業の効率化	道路管理者ごとに異なる点検調書作成に時間を要している	道路管理者に応じた点検調書の自動作成を検討する

＜図表-34 プロトタイプ画面の例＞
（入力画面）

撮影



諸元情報

架設年度（西暦）

不明 年度

地域情報（複数選択可）

ASR地域 凍害地域
 塩害地域 凍結防止剤散布

部材情報

主桁 床版（コンクリート橋）
 横桁 床版（鋼橋）
 下部工 他

地域情報（複数選択可）

ASR地域 凍害地域
 塩害地域 凍結防止剤散布

部材情報

主桁 床版（コンクリート橋）
 横桁 床版（鋼橋）
 下部工 他

材料情報

PC RC 無筋

損傷情報

ひび割れ幅（ひび割れ無の場合：0.0 mm）

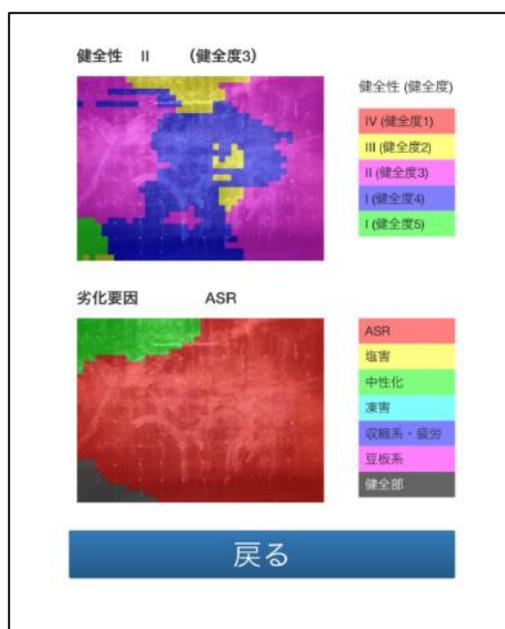
mm

断面欠損系

無
 うき有・さび汁無
 うき有・さび汁有
 小規模欠損有
 大規模欠損有
 鉄筋露出有（肉厚減少無）
 鉄筋露出有（肉厚減少有）

診断

（判定結果画面）



6. 製品化・実用化に向けた検討

6-1. ビジネスモデルの検討

本システムの実用化に向け、想定される利用者、活用パターンなどを整理し、ビジネスモデルの検討を行った。

①想定される利用者

本システムの利用者は、主に構造物の管理者である国や地方公共団地などのほか、管理者から業務を受託するコンサルタントやゼネコンなどが想定される。その他、大量のコンクリート構造物や橋梁を保有する電力会社・鉄道会社などが想定される。

●想定される利用者

- ・ 国、地方公共団体（主に構造物管理者等）
- ・ 電力会社・鉄道会社
- ・ コンサルタント・ゼネコンなどの民間会社
- ・ 社団法人

②活用パターン

本システムの活用パターンは、点検結果の判定もしくは判定支援のほか、判定結果の照査、専門技術者以外による判定補助時などが想定される（図表-35）。なお、活用パターンによって本システムに求める精度が異なることから、活用時のシステムの条件等を明確にする必要がある。

<図表-35 活用パターンの整理>

目的	概要
点検等時の判定	・ 一定の判定精度の保証を前提として、点検時に本システムを使用すれば専門技術者が判定しなくてもよいものとする（直接的な省力化・省人化を図ることが可能）
点検等における判定支援	・ 判定は専門技術者によるものとし、本システムはあくまで判定支援として位置づける。専門家の判断のもと点検重要ポイントを絞るなど、省力化・省人化や判定結果のばらつきを抑制（品質向上）する効果もある
点検結果の照査(支援)	・ 点検結果の評価業務における評価者を本システムに置き換える、または評価者を支援する
概略調査	・ 概略調査の1次スクリーニングとして使用する（新たな構造物の調査、過去の点検結果や大容量データの分析 等）
専門技術者以外の点検補助	・ 専門技術者以外が点検する際に使用することで、一定の精度を確保することができる（例：市町村の職員点検等）
補修工事	・ 補修工事において補修対象箇所の補修要否を選定する際に使用する
他システムとの連携	・ 既に開発されているシステムと連携（ドローン、点検ロボット、他システム・技術）し、点検における幅広い課題に対応する

③契約形態

本システムのサービス内容を踏まえた課金方式などについては次の通り想定している。

●契約形態

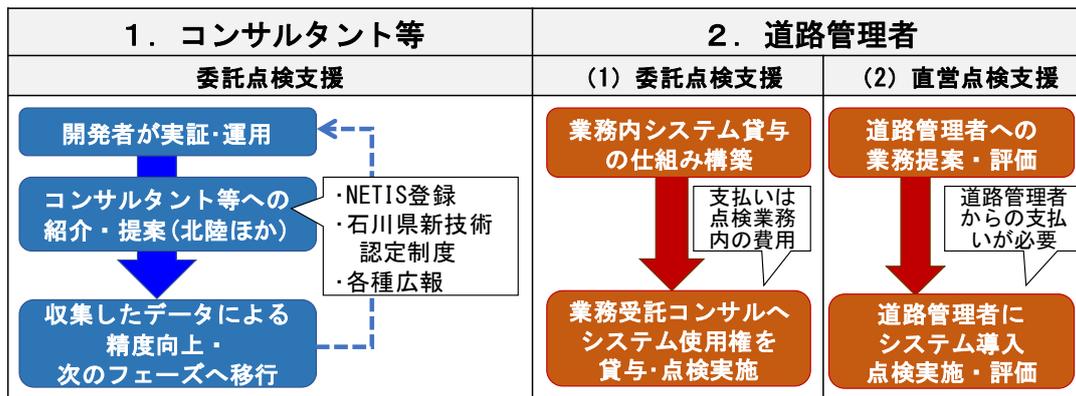
- ・サービス内容：A I 判定システム使用、サーバー使用、ユーザーサポート等
- ・課金方式：期間、数量単位（橋梁単位、判定回数単位）、ユーザー単位等
- ・データ提供：ユーザーからの入力写真データの提供を基本とした契約

④想定するビジネスモデル

上記を踏まえ、本システムが想定する主なビジネスモデルは、次の3パターンを想定する（図表-36）。

- ①. 点検を行う民間のコンサルタント会社等への委託点検支援としての活用
- ②-1. 道路管理者が委託する際に、本システムの使用権を業務受託するコンサルタント等へ貸与（システム利用料は民間会社が支払い）
- ②-2. 道路管理者が自ら委託する際にシステムの使用権を貸与するパターン

<図表-36 想定するビジネスモデル>



6-2. ニーズの調査分析

6-2-1. ニーズの把握

本システムの実用化後の主な利用者と想定される道路管理者およびコンサルタントへヒアリングを行い、点検業務における現状の課題や本システムに求めるニーズなどを把握した。

【道路管理者】

- ・職員による直営点検で活用できるとよい
- ・点検調書の作成が自動化できるとよい
- ・点検結果のばらつきを抑制できるとよい
- ・システム導入による予算縮減効果があるとよい
- ・別団体等からのお墨付きや利用実績があるとよい

【コンサルタント】

- ・現場作業や室内作業で大幅な効率化ができるとよい
→ 大幅な効率化には点検調書作成の自動化が必要
- ・点検結果のチェックや見落とし防止ができるとよい

上記のニーズを踏まえ、ニーズに対応した製品開発に向けた課題は次の通りである。

- ・AI判定システムの精度確保（品質・信頼性）
- ・利便性の高いシステムの構築（機能性・効率性・使用性）
- ・継続的に使用できるシステム、ビジネスモデルの構築（保守性）
- ・AIシステムと他のシステムの連携（移植性）
- ・その他：橋梁管理の問題点への対応
 - ・自治体ごとにDBフォーマットが異なる問題
 - ・業務委託を基本とした点検サイクルへの対応 等

6-3. 製品化・実用化に向けた展望

本システムの製品化・実用化に当たっては、前述のニーズ等を踏まえ、段階的にシステムの改良を加えながらサービスの充実を図っていくことを想定している（図表-37・38）。

具体的には、フェーズ1に関しては既にプロトタイプを作成しているが、今後はデータをさらに増やし、多様なパターンに対応できるシステムに改善していく（2019～20年度を想定）。

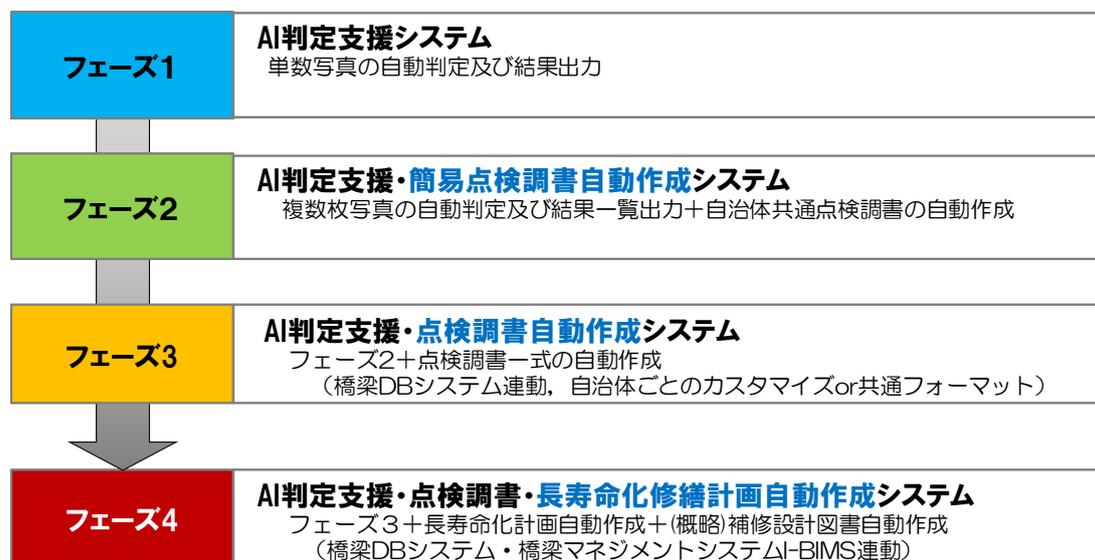
フェーズ2では、判定および結果出力だけでなく、より実務に適したシステムとなるよう、自治体共通点検調書まで自動で作成することを目指す（2019～20年度を想定）。

フェーズ3は、フェーズ2までの結果を踏まえたうえで、自治体共通点検調書ではなく、各自治体の個別様式にカスタマイズしたり、別途整備されている橋梁データベース（DB）システムとの連動を目指す。

フェーズ4では、フェーズ3に加え、長寿命化修繕計画まで自動で作成するシステムの構築を目指している。

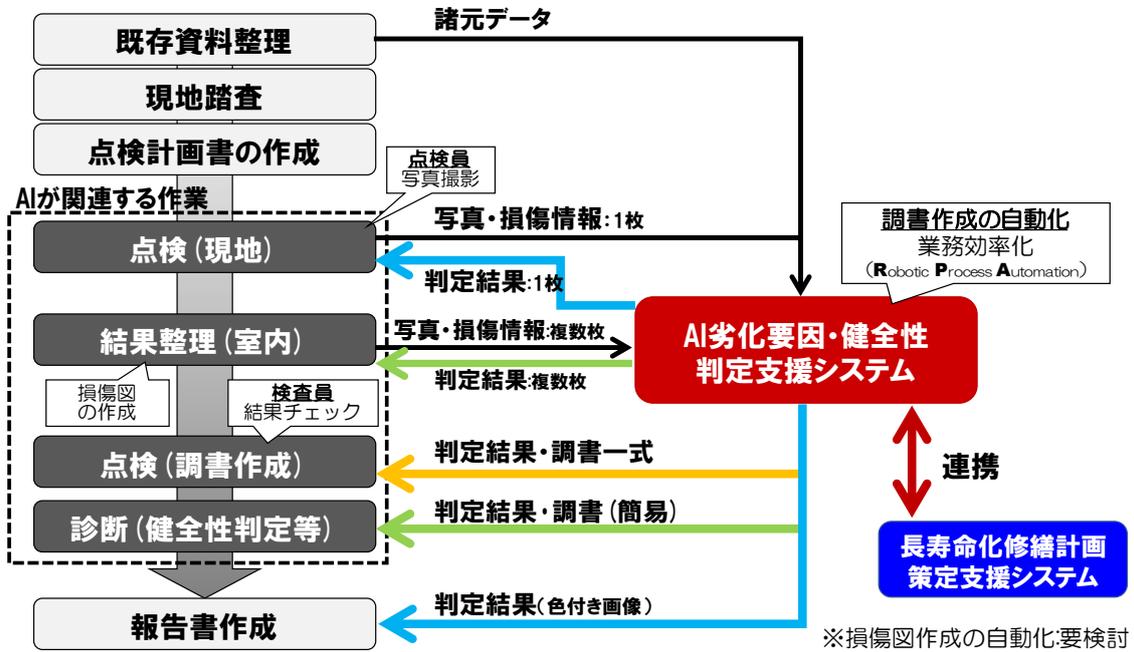
点検方法もドローン等の活用が進められており、将来的にはこれらとも連携することで、点検から結果整理、判定、計画策定まで自動で作成することを展望している。ただし、全ての工程で技術者が不要ということではなく、各工程のチェックや判断はあくまで技術者が行うことで、ミスや誤判断を防ぐ必要があると考える。

<図表-37 段階的なシステム改善>



※他：その他構造物への適用範囲拡大

<図表-38 点検業務のフロート各フェーズの関係>



- 凡例
- ← フェーズ1の機能
 - ← フェーズ2の機能
 - ← フェーズ3の機能
 - ← フェーズ4の機能
 - ← 入力

7. 成果のまとめ及び今後の課題と対応方針

7-1. 研究開発の結果

これまでの内容を踏まえ、本研究開発による研究結果は次の通りである（図表-39）。

＜図表-39 研究結果＞

	研究項目	研究結果	
①	A I 学習モデルの作成	・専門技術者が行う判定方法を踏まえ、写真データと諸元等データを合わせて劣化要因と健全性を判定するモデルを構築	
②	学習・判定データの整備	データ整理	・学習写真枚数：約 1490 枚 (適用範囲を設定) ・諸元情報と損傷情報を合わせて整理
		判定 (教師データ作成)	・劣化要因を 7 クラス、健全性を 5 クラスに区分 ・複数の有資格者が判定を行い、個人のばらつきや判定ミスを防止して教師データを作成
		画像処理	・学習を行う箇所をマスキング処理 ・小片に切り出し小さな特徴を把握し、画像枚数を確保
③	劣化要因判定システムの開発	・劣化要因の判定正解率は 90.8% であり目標達成 (個別要因も 80% 以上の精度を確保)	
④	健全性判定システムの開発	・健全性の判定正解率は 84.4% であり目標達成 (個別要因では一部 80% を下回り改善の余地あり)	
⑤	実証実験の結果	・国土交通省提供データを用い検証 (522 枚) した結果、判定正解率は、劣化要因が 87.9%、健全度が 87.2% であり、目標を達成 ・実用化に向けたプロトタイプを作成し、運用時の現状・課題を整理	
⑥	ビジネスモデルの検討	・想定される利用者や活用パターン等を整理し、本システムを用いたビジネスモデルを検討 ・長期的なシステム開発構想に基づき段階的な運用方針を検討	
	マスキングの自動化の検討	・学習データの整備に時間を要することから、別途自動でマスキングを行うシステムを開発し正解率は 89.4% を確保	
	外部発表等	・論文発表を 3 件 (うち 1 件査読あり) ・新聞・雑誌などでの発表が 6 件 ・パネル・ポスターでの発表が 4 件	

7-2. 研究開発の成果

本研究開発により、技術者の省力化・省人化が図られるほか、AIによる自動判定を含めたシステム化により点検全体の工期短縮につながる。さらに、技術者による判定のばらつきやヒューマンエラーの防止などの品質向上（精度向上）や、逼迫する自治体財政を考慮した職員点検の支援など、社会的な課題に対応しながら、発注者・受注者のそれぞれが求めるニーズを満たす仕組みを構築することができた（図表-40）。

＜図表-40 本システムの成果＞

	現状の課題	本システムの成果
省力化・省人化	<ul style="list-style-type: none"> 膨大な数の既設橋梁を定期的に点検する必要があり、高度な技術者が多くの時間を要している 	<ul style="list-style-type: none"> 専門技術者と同程度の精度（80%以上）で劣化要因および健全性を判定が可能となり、省力化・省人化が可能
工期短縮	<ul style="list-style-type: none"> 膨大な点検結果の判定、整理、調書作成などに時間を要している 	<ul style="list-style-type: none"> 点検結果の判定時間等の縮小により、工期全体の短縮が期待できる（データベース化、自動調書作成などを付加しさらに短縮）
品質向上（判定精度）	<ul style="list-style-type: none"> 技術者の違いによって判定結果にばらつきがある 軽度な損傷に対して見落とし（ヒューマンエラー）が生じやすい 	<ul style="list-style-type: none"> 判定結果の均一化、判定精度の向上が図られる 機械化により軽度な損傷を発見し、予防保全を促進できる
職員点検の促進	<ul style="list-style-type: none"> 予算不足等により点検業務の委託が困難な自治体は職員点検（直営）を行う必要があるが、人員不足から時間が限られる 職員は必ずしもコンクリートの技術者とは限らないため、点検実施が困難な場合がある 	<ul style="list-style-type: none"> 専門的な技術を有しない職員でも一定の点検結果の判定が可能となり、危険性の高い橋梁のみを発注するなど予算に応じた対応が可能となる 職員点検により職員の技術力向上にも寄与する

7-3. 今後の課題と対応方針

本研究開発により、劣化要因と健全性の判定に関する技術開発は当初の予定を満たし、一定の精度を確保する仕組みを構築した。今後は実用化に向けて、次の課題などについて対応が必要と考える。

①さらなる判定精度の向上と適用範囲の拡大

現時点での学習・判定データは、点検画像を収集し、併せて諸元データ（所在地、部材情報等）を整理するとともに、的確な学習が可能となるように画像を加工（マスキング）する等の整備を行っている。上記の学習モデルを基本とし、劣化要因及び健全性の判定システムの構築を行った結果、判定精度は現段階で劣化要因・健全性の判定ともに 80%以上となっており、概ね精度確保がされている。

しかし、特定の条件下では精度が低い状況が見られるため、様々な条件下における橋梁劣化の状況の写真収集及び学習（ディープラーニング）を行い、安定的な精度向上を図る必要がある。また、本システムはコンクリート部材を対象としたが、今後は鋼部材なども対象とするなど、適用範囲の拡大を図る必要がある。

②自動調書作成などの機能付加によるシステムの実用化

点検業務のうち、現場作業後の内業は、写真整理、橋梁諸元整理、劣化要因及び健全性判定、補修が必要な場合の対策検討、点検調書ならびに報告書作成と多岐にわたっており、多大な労力を要する。

これまでの研究開発により、高度な技術を必要とする判定に関するシステム開発は概ね完了しており、さらに調書を作成・出力する機能を付加し作業時間の短縮を図るシステムを構築し、実用化を図る必要がある。なお、その他の作業は、定型的な作業が多いため、橋梁データベースとの連携による作業の自動化を行い、点検調書の自動作成までを一連の作業として行うことを想定している。

これにより、従来手作業が多かった点検調書作成・出力までの作業時間をおよそ 1/2 程度に縮減させるようなシステム構築を目標とする。

(9) 成果の刊行に関する一覧表

刊行書籍 又は 雑誌名 (巻号数、論文名)	刊行年月日	刊行・発行元	原著者
構造工学論文集 「ディープラーニングによるコンクリート 構造物の劣化要因判定支援システムの開発 に関する基礎的研究」、Vol. 64A、P129-136	H30. 3	土木学会	町口敦志・ 喜多敏春・ 多田徳夫・ 武井宏将・ 近田康夫
土木学会年次学術講演会 (第 73 回) 「ディープラーニングによる橋梁 (コンクリ ート部材) の劣化要因・健全度判定モデルの 構築」、VI-221、P441-442	H30. 8	土木学会	町口敦志・ 喜多敏春・ 多田徳夫・ 武井宏将・ 近田康夫
土木学会年次学術講演会 (第 74 回) 「諸元情報等を考慮したディープラーニン グモデルによる橋梁(コンクリート部材)の 劣化要因・健全度判定」(投稿中)	R1. 9 (予定)	土木学会	町口敦志・ 喜多敏春・ 多田徳夫・ 武井宏将・ 近田康夫

(10) 成果による知的財産権の出願・取得状況

知的財産権の内容	知的財産権の 種類・番号	出願年月日	取得年月日	権利者
なし				

(11) 成果の実用化*の見通し ※論文発表や現場試行ではなく実業務での社会実装

既にプロトタイプを作成し製品のPRを行っているが、2019年度内には劣化要因・健全性判定のさらなる向上を図るとともに、実用化(商品化)を目指す。

また、本システムに点検調書を自動作成する機能の付加、既存の長寿命化修繕計画と連動するシステム開発を予定しており、段階的にシステムの改善による価値の向上を図る。

(12) その他

特になし。