

令和 4 年度
AI を利用した文化財建造物の見守りシステムの
調査研究

業務成果報告書

令和 5 年 3 月 31 日
凸版印刷株式会社
情報コミュニケーション事業本部
ソーシャルイノベーション事業部

1. はじめに

1-1 本事業の概要・目的	P. 3
1-2 スケジュール	P.4

2. データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み	P.5
2-2 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理	P.18
2-3 先行研究についてのヒアリング調査	P.30
2-4 過年度調査研究実施地域へのヒアリング調査	P.41

3. 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-1 データベース構想の検討方針	P.50
3-2 機能一覧	P.59
3-3 検討にあたっての前提条件・制限事項	P.61
3-4 システムの全体像	P.62
3-5 コスト試算について	P.63

1 はじめに

1-1 本事業の概要・目的

本事業の概要・目的

概要： 我が国の国宝・重要文化財（建造物）は、令和 4 年 11 月時点、2,548 件、5,336 棟（うち国宝 229 件、292 棟を含む。）である。これらの国宝・重要文化財建造物を後世に継承していくためには、適切な時期に様々な保存修理が必要である。しかし、木造を中心とした文化財建造物を適切な周期で点検できる環境は十分整っておらず、点検結果の蓄積も積極的に行われていない。文化財の点検には熟練の技術者が必要となるが、高齢化等による技術者の不足も課題となっている。一方で、建設業界では新技術（AI や IoT、ICT 等）を活用した建造物の診断技術の導入が進んでいる。

目的： 新技術を利用した文化財の適切な保存を図るための維持管理サービスの実用化を目指し、民間事業者のノウハウを取り入れながら実装にむけた調査研究を実施する。 令和 4 年度は、これまでに実施した AI 等の先端技術調査を基に、文化財建造物のモニタリング等に資する技術的な可能性をより詳細に調査することにより、今後の施策の検討に資する資料を作成する。

令和4年度事業の全体像

1 データベースの検討のための調査

文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討に際し、過年度の取り組みや関連する文献、論文、調査報告書等からデータベース構想の検討に資する情報を整理する。また本事業を進める上で参考となる先行研究の取り組みの実施主体や過年度に本事業において調査研究を実施した自治体へヒアリングを実施し、データベース構築に向けた課題を明らかにする。

1. これまでの本事業における取り組みの整理
2. 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理
3. 先行研究についてのヒアリング調査
4. 過年度調査研究実施地域へのヒアリング調査

2 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

上記調査によって整理されたデータベース構想の検討に資する情報や関係者へのヒアリング調査によって判明した課題を整理し、アプリケーションによるデータ収集、予兆分析を踏まえた、文化財建造物の維持管理等データベース構想を検討・提案する。また維持管理等データベース一式を含めた文化財見守りシステム構築、運用するためにかかる費用についても試算し、報告する。

1. 関係者へのヒアリング調査
2. 文化財建造物の維持管理データベース構築の検討・提案
3. コストの試算

1 はじめに

1-2 スケジュール

スケジュール

業務全体スケジュールの概要は、以下のとおり実施した

項目		令和5年					
		2月		3月			
		3	4	1	2	3	4
■ 全体スケジュール							
1	契約開始	●					
2	契約終了						●
■ 文献調査及びヒアリング調査							
1	調査資料の選定	●					
2	調査の実施		●	●			
3	ヒアリング先選定	●					
4	ヒアリング日程調整	●					
5	ヒアリングの実施	●	●	●			
6	調査結果とりまとめ				●	●	●
■ アプリ利用に関する自治体への調査							
1	自治体の選定	●					
2	ヒアリング日程調整	●					
3	ヒアリングの実施		●				
4	ヒアリング結果とりまとめ			●	●		
■ 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討と提案の実施							
1	検討フェーズ	●					
2	課題抽出・整理フェーズ		●	●			
3	要求定義フェーズ				●		
4	要求定義書作成、概算試算				●	●	●
■ 貴庁との連携及び報告書の作成							
1	貴庁との協議				●		
2	貴庁への報告（不定期）	●	●	●	●	●	●
3	業務報告書の作成			●	●	●	●

2 データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み（AIによる破損画像認識）

事業実施の背景

「AIを利用した文化財建造物の見守りシステム調査研究」は、AIを活用して文化財のモニタリングを行うことを目的とした調査研究である。事業着手時の構想では、地域に住むボランティアがスマートフォンで文化財の損傷状況の写真を撮影し、その画像データをクラウド上に蓄積。そして、AIを用いて蓄積した画像の損傷箇所や程度を分類・評価することで、文化財の状態把握と修理計画に役立てるというものであった。当該システムの構想には、文化財建造物の点検等業務分野において文化財建造物の見守り及び損傷状態の把握には専門的かつ熟練の技術が必要であるが、従事者の高齢化等による技術者数の不足やその技術伝承が課題となっているという背景がある。

当該システムではAIに文化財の破損パターンを学習させ、損傷の傾向や予測を分析することで、より高い精度で修理サイクルを予測するシステムを構築し、文化財建造物の維持管理担当者の適切な維持・修理策を講じるための補助となるシステムとなることを目指した。

事業は、文化庁、民間事業者、専門家会議の三者で協働して進められた。民間事業者は関連の事業で多くの実績を持つ企業であり、文化財の画像データから損傷箇所や程度を識別するAIモデルの開発や運用に関わった。専門家会議は文化財や木材など各分野の研究者から構成された組織である。事業者に対して専門的な知見やアドバイスを提供した。事業着手時の専門家会議では、調査研究が目指す文化財不具合事象の識別方法について、さまざまな要因を想定し、各不具合のクラス分類について検討することとした。そして将来的には、AIによって不具合の度合いも判定できるよう、各不具合クラスの重要度も専門家と協議しながら整理することにした。

過去2年における取り組みの概要（令和2年・3年）

令和2年から令和3年における本事業の取り組みの概要は以下のとおりである。

令和2年度

- AIを活用した画像解析システムの開発
- こけら葺き屋根劣化現象におけるAI評価の実施結果
- 甲虫害現象におけるAI評価の実施

令和3年度

- 瓦の隙間検出AIの検出システムの開発
- 瓦の隙間検出AIの検出システムの実証
- AIによる予兆分析を行うために有用なデータの検討

2 データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み（AIによる破損画像認識）

令和2年度の取り組みの概要

事業初年度である令和2年度は、こけら葺き屋根を例にしたパイロット事例を検討し、屋根画像のAI分析による屋根状態の診断に焦点を当てた。また本事業委員の協力を得て甲虫害の破損範囲の特定も試みた。

屋根状態の診断に焦点を当てた理由は、文化財建造物の維持管理において雨仕舞い等が問題となりやすく、外部から点検ができ、かつ屋根面を広く撮影することで破損の全体像を識別することが容易と考えられたためである。木の薄板（柿板）を幾重にも重ねて施工する伝統的なこけら葺き屋根は、多くの文化財建造物で見られる。このタイプの屋根は、約30年ごとに葺き替えが必要であり、健全であれば、30年経過しても下層は当初状態とほとんど変わらないとされている。ただし、日射や風雨による先端（葺き足）からの損耗が主な問題となり、破損が深刻化する前に適切な周期の点検による破損状況の把握が必要となる。以上の検討の結果、こけら葺き屋根画像から老朽化箇所や劣化度合いを自動的に判定するモデルの開発を進めた。このモデルはDeep Learning技術を用いたものであり、システムが大量の画像データから特徴量やパターンを学習して事象の認識や分類を行う「機械学習」手法である 注1。

注1 Deep Learning技術ではニューラルネットワークと呼ばれる人工知能（AI）モデル内部パラメータ（重み・バイアス）を既知データ（教師データ）を用いて最適化することで未知データへ対応可能な識別モデル作成する手法である。

【参考】Deep Learning技術活用フローの3つフェーズ

フェーズ	内容
データ収集フェーズ	ニューラルネットワーク構築・最適化するため教師データ（画像と正解ラベル）を大量に用意する。DeepLearningの判定精度は教師データの質に大きく影響を受けるため、精度を高めるためには、画像の場合は対象のサイズや角度、照度等の条件に近い画像を集める必要があり、さらに汎用性を持たせるためには様々な条件の異なる画像をそれぞれ大量に収集することが重要である。
学習フェーズ	作成した教師データと正解ラベルを用いてニューラルネットワーク内部パラメータ（重み・バイアス）を最適化していき、未知データに対しても正しい結果を得られるような識別モデルの作成をする。
判定フェーズ	作成した識別モデルに対し、判定させたいデータ（屋根画像）を入力することで判定結果（老朽化箇所や劣化度合い）を得ることができる。

2 データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み（AIによる破損画像認識）

令和2年度の取り組み概要

画像解析手法には、得られる情報量によって複数の手法が存在する。画像中から特定領域や物体だけを検出する「セグメンテーション」や、特定領域や物体ごとに分類や認識を行う「オブジェクト検出」などである。初年度のこけら葺屋根の破損識別では劣化度合いの識別を行うため、セグメンテーション型を採用した。理由は画素単位で物体（文化財やその部分）の領域（劣化領域）を推定し、画像中での大きさと実世界での大きさを比較することで、対象領域（劣化箇所）の面積の算出や全体のうちの対象領域（劣化箇所）の比率を求める等の応用が見込めるためである。



DeepLearningのモデルを学習させるため、教師画像に対して識別したい対象（文化財やその部分）や劣化箇所（木材や瓦等）にタグ付けを行うアノテーション作業を行った。しかし、文化財の不具合箇所を特定するのは専門家でなければ難しいため、この作業については、専門家会議のメンバーである藤井義久教授（京都大学 大学院農学研究科 森林科学専攻 教授）と藤原裕子研究員（京都大学大学院農学研究科森林科学専攻）にご協力いただいた。サンプル写真をクラウドシステムにアップロードし、藤井教授と藤原研究員にシステム上でアノテーション作業を実施頂き、「こけら葺き屋根」の破損写真データセット（学習画像）を準備した。

教師画像全てのアノテーション作業が完了後、パラメータを選択しDeepLearningのモデルを作成した。モデルの作成後、解析したい画像（文化財やその部分）を登録し、結果表示のために必要な確信度等のパラメータを設定し解析を実行することで解析結果（劣化箇所やその程度）を得た。

2 データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み（AIによる破損画像認識）

こけら葺き屋根劣化事象におけるAI評価の実施結果

実証結果	屋根に近い位置で撮影した画像の推論精度率は約80%だったが、屋根全体を撮影した画像の精度率は約40%だった。AIエンジンが認識不足になった領域は、遠景画像中の領域や目の前から撮影した画像中の領域だった。また、AIエンジンが認識した各領域と、対応する認識してほしい領域の範囲との差はあまり大きくないと感じられた。
推察	写真の撮影位置の差による精度の差の要因は、アノテーションが近接画像で一定の大きさの領域で行われ、これを用いて学習したためだと思われる。AIエンジンが認識した領域数は、全体として認識してほしい領域数よりも少なかったが、近接画像については認識率は高かったことが分かった。
専門家からの意見	専門家より推論精度の改善が必要であるとの意見が寄せられた。また、目視や画像では見ることができないもの（堆積落葉の下の状態など）、あるいは屋根面に異物、葺込銅板の脱落、こけら板先端の劣化などをどう判断できるのか、との質問が寄せられた。これらの要素は周囲との差で判断することは難しいが、屋根面の破損に大きく影響する要素である。また、応急補修用の差込み鉄板も含め、劣化程度に応じた色分けが見たいという要望も寄せられた。
示唆	撮影条件の標準化 今後はAIの精度向上に加えて、適切な撮影条件の確立やアノテーションの改善、周囲との比較を可能にするための基準の設定が必要とされる。さらに、目視で確認できない要素に関しては、より高度なセンサーや測定装置の導入や、専門家による現地調査が必要となる。劣化程度の色分けやアラーム表示についても、今後の検討が必要である。このような施策を行うことで、より確実かつ迅速に屋根劣化を判断することができるようになると思われる。

2 データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み（AIによる破損画像認識）

令和2年度の取り組みのまとめ

令和2年度の取り組みのまとめー文化財に対するAI画像解析の課題と今後の取り組みの提案

課題	AIによる画像解析システムの精度の向上
取り組み	専門家がどのような観点で損傷度を判断しているか、感覚的になっている部分をロジックに整理する
課題	アノテーション作業の効率化
取り組み	専門性がないとできない部分が多いため、専門家との連携が必要であるが、アノテーション作業が属人的になる傾向があるため作業の効率化を検討
課題	AIを利用した画像解析システムの構築にむけた検討
取り組み	文化財保護の観点から、AI画像解析技術による損傷度合いの判定は専門家の判断を補完するものとし、専門家の判断を踏まえた上で適切な活用方法を検討
取り組み	破損の深刻度や種類を判定するための機構を検討
取り組み	損傷面積の算出だけでなく、別の算出方法がある可能性を考慮し手段を検討

以上の課題や取り組みを踏まえ、AI画像解析技術を活用した文化財の保全・修復に向けた研究開発を次年度も進めることとした。

2 データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み（AIによる破損画像認識）

令和3年度の取り組み概要

■実施方針

令和2年度の実証における課題を踏まえ、令和3年度についても引き続き屋根状態の診断に焦点を当て、瓦屋根の破損抽出を試みた。瓦屋根の不具合事象として、瓦のひび割れ、瓦の配列のずれ、藻類の発生等が想定される。これら各不具合のクラス分類について専門家と協議の上、教師画像が集まるものに対して、実際にAIで識別が可能であるか検証を実施することとした。

■画像解析手法の検討

画像解析手法の検討については昨年度実施したセグメンテーション手法によるアノテーション作業は、作業負担が非常に大きいことが問題となったため、令和3年度については分類型での判定を試みた。しかし、瓦の破損の特徴をとらえきれず、結果的には分類型では瓦屋根の破損判別は難しいことがわかった。そこで専門家会議にて協議し、瓦のズレ等によって生じる隙間検出を試みてはどうかとの示唆を受けたため、検出型で画像解析に取り組むこととした。

■AIによる瓦の隙間の検出

検出型手法による画像解析を用いたAIによる瓦屋根の破損抽出部分の推論を試みた。AIの学習については興福寺五重塔にてドローンを用いて撮影した画像から瓦周辺を切り取った画像（約80枚）を教師画像とし学習を実施。瓦屋根（興福寺・高知城・今井町伝統的建造物群保存地区）の画像に対してAIによる推論を実施した。なお、軒下の木部劣化については、昨年度ドローンで撮影した興福寺の画像から木部劣化箇所を切り取った画像を用いてセグメンテーション型でAI学習を実施することとした。

■AI評価指標について

機械学習の分類問題評価指標についてはF値（F-measure）を評価目安として各実証結果を確認した。F値を目安とした理由については、瓦の隙間AIでは画像単位ではなく画像内の対象単位で判定を行ったため、TN（真陰性）が算出できないためである。適合率と再現率はトレードオフの関係にありどちらかの値だけでは精度を判断することはできないため、各値の調和平均によって求められるF値を確認する必要があるためである。

【参考】指標算出のための混同行列のマトリクス集計

	実際は正 (Positive)	実際は負 (Negative)
予測は正 (Positive)	TP（真陽性） True Positive	FP（偽陽性） False Positive
実際は負 (Negative)	FN（偽陰性） False Negative	TN（真陰性） True Negative

【参考】機械学習の主な分類問題評価指標

正答率 (Accuracy)	全予測に対する正答率
適合率 (Precision)	正予測の正答率
再現率 (Recall)	正に対する正答率
特異率 (Specificity)	負に対する正答率
F値(F-measure)	適合率と再現率の調和平均

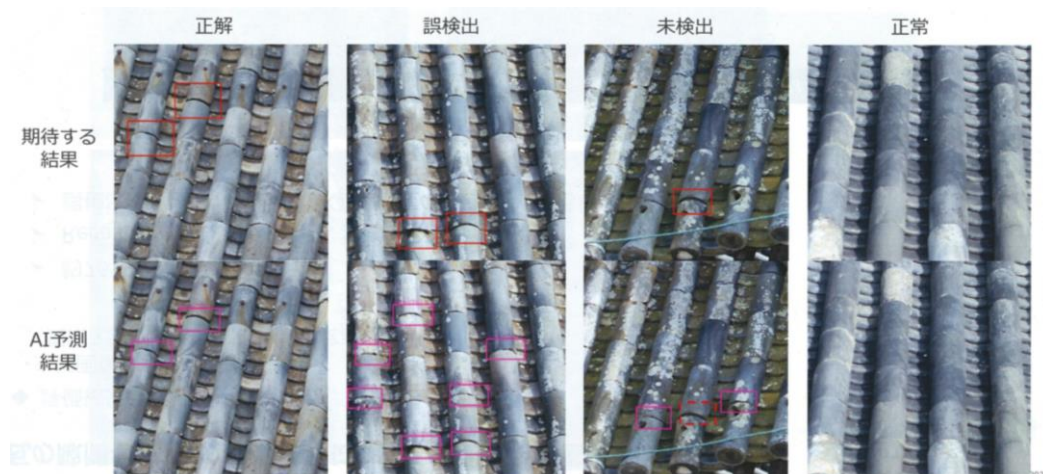
2 データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み（AIによる破損画像認識）

瓦の隙間検出AIの検出結果 実証結果

■ 興福寺五重塔の瓦屋根に対しての解析結果

興福寺五重塔の画像から瓦の隙間周辺を切り取った画像約80枚を用いてAI学習を実施し、そのAIに対して興福寺から切り抜いた画像のうち未知画像40枚（異常を含むデータ20枚と異常を含まないデータ20枚）を用いて推論を実施した。検出結果は、対象領域を正しく検出しているもの（正解）、誤った場所を検出しているもの（誤検出）、対象領域を検出できていないもの（未検出）を、それぞれカウントし集計した。集計は、検出結果のバウンディングボックスごとに行った。



評価結果は、瓦の隙間検出AIの検出精度は約76%であり、Recall（再現率）は94%程度となっており、未検出を抑えられていることがわかった。ただし、誤検出はやや多く、隙間ではなく瓦の段差の影を誤検出する場合があることも判明した。なお、今回の測定方法では、AI予測で隙間なしと判断されたもののうち、実際に隙間のないデータの計測は不可能であったため、F値を算出するのに影響はないことを付記する。

	実際に隙間あり	実際は隙間なし
AI予測で隙間あり (Positive)	79	45
AI予測で隙間なし (Negative)	5	※計測不可

Precision（適合率）	Recall（再現率）	F値
63.71%	94.05%	75.96%

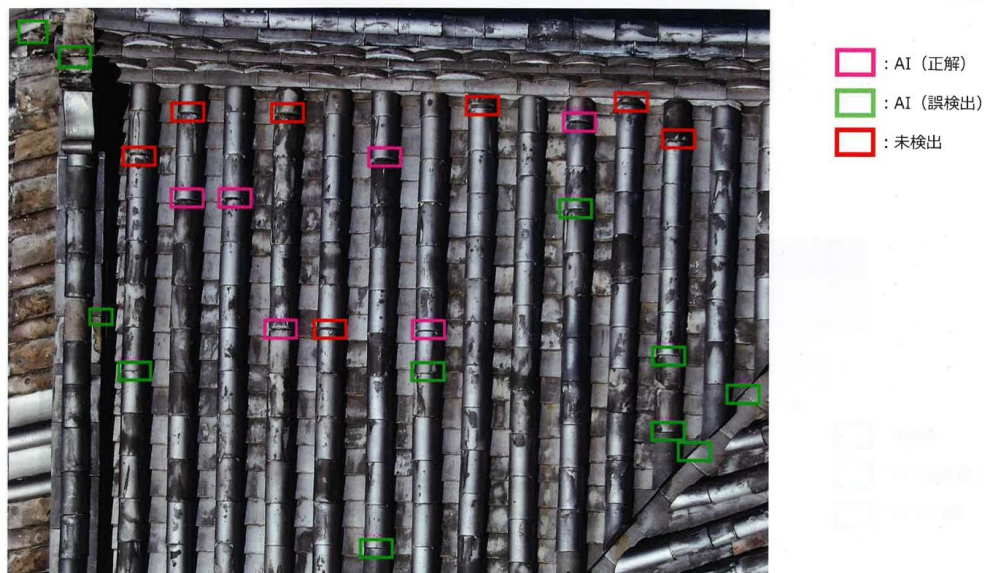
2 データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み（AIによる破損画像認識）

瓦の隙間検出AIの検出結果 実証結果

■ 高知城の瓦屋根の画像に対する解析結果

高知城の瓦屋根をドローンで撮影した画像のうち、隙間が発見できた画像で正解、誤検出、未検出をカウントし集計することによって、検出精度を算出した。ドローンで撮影された画像サイズは学習時と異なり大きな影響が出るため、画像を一度分割してAI検出を実施し、その後合成する処理を実行した。その結果、検出精度は約26%であった。



興福寺と比較した場合、微細な隙間も隙間と検出している傾向が見られた。ただし、興福寺と比較し、画角が屋根を見下ろす構図のため、隙間が見やすいと想定される。一方、屋根の端の造りが異なる部分や横向きの瓦の部分の誤検出や未検出も目立った。これは、学習画像にそういった要素が含まれていなかったためである。今後、学習画像を充実させることで改善が見込めると考えられる。また、横向きの瓦の未検出が多く精度が悪かったことも明らかになった。ただし、横向きの未検出を除いた場合、精度は約36%まで向上した。

	実際に隙間あり	実際は隙間なし
AI予測で隙間あり (Positive)	7	17
AI予測で隙間なし (Negative)	22	※計測不可

Precision（適合率）	Recall（再現率）	F値
29.17%	24.14%	26.42%

2 データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み（AIによる破損画像認識）

瓦の隙間検出AIの検出結果 実証結果

■ 今井町伝統的建造物群保存地区の瓦屋根の画像に対する解析結果

撮影機器を全長約5mの棒の先端に取り付け、高所から瓦屋根を撮影した画像43枚を使用した。ただし、画像サイズが学習時と異なるため、画像を一度分割してAI検出を実施し、その後合成する処理を実行した。瓦の隙間検出AIの検出精度は約35%だった。



撮影時の安定性に問題があり、撮影角度が異なることや電線の影などによる誤検出が目立った。今後、瓦の隙間検出AIの検出精度を向上するためには、撮影時の安定性の向上や、学習データの追加などが必要である。

	実際に隙間あり	実際は隙間なし
AI予測で隙間あり (Positive)	32	107
AI予測で隙間なし (Negative)	14	※計測不可

Precision（適合率）	Recall（再現率）	F値
23.02%	69.57%	34.59%

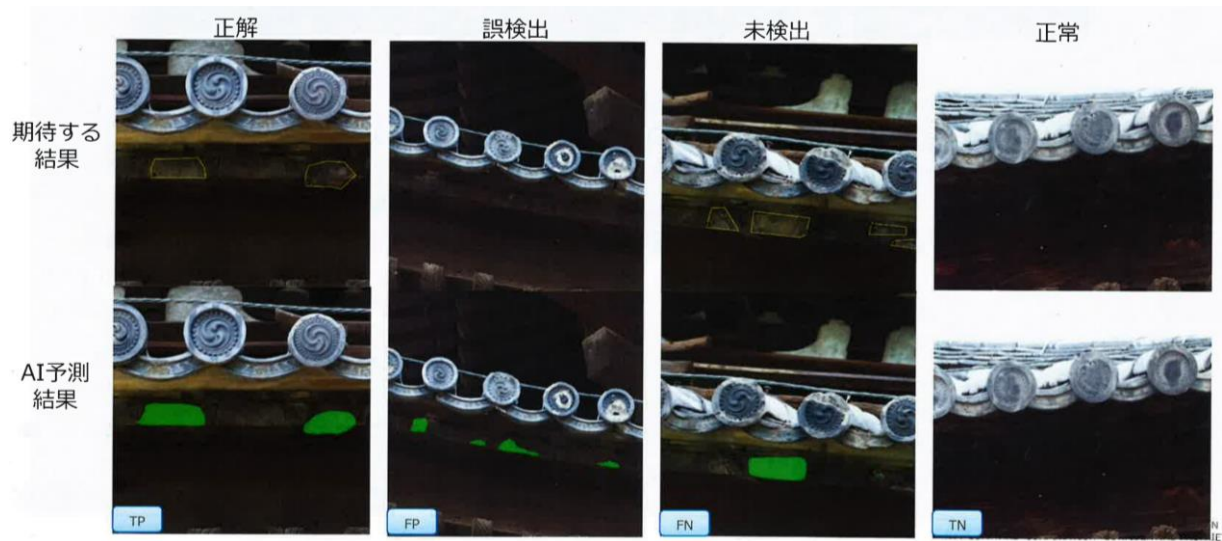
2 データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み（AIによる破損画像認識）

瓦の隙間検出AIの検出結果 実証結果

■ 木部劣化AIによる木部劣化部分周辺の解析結果

興福寺の画像から木部劣化周辺を切り取った画像(68枚)を用いてAI学習を実施。同様に興福寺から切り抜いた画像のうち未知画像で評価を実施し、検出精度は約59%であった。



正常画像のデータに対してのみ6枚の誤検出が発生しており、それらの木部は対象の瓦の下ではなく、異なる部分に検出されていた。一部の事象は正解と定義されるものの、完全には正解ではないため、約86%の精度となる。

	実際に隙間あり	実際は隙間なし
AI予測で隙間あり (Positive)	10	6
AI予測で隙間なし (Negative)	8	6

Precision（適合率）	Recall（再現率）	F値
62.5%	55.56%	58.82%

2 データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み（AIによる破損画像認識）

令和3年度の取り組みのまとめ

令和3年度の取り組みのまとめを以下に記載する。

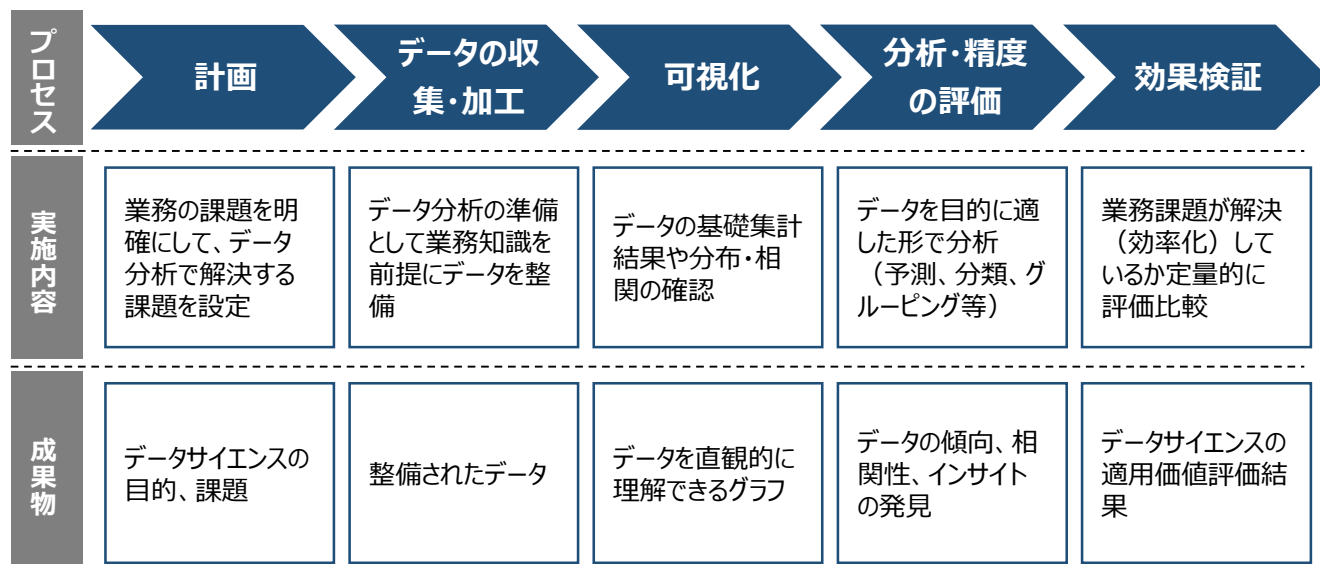
課題	AIによる画像解析システムの精度の向上
示唆	様々な色合いの瓦や横向きの瓦画像を集めて再学習することが考えられるが、精度の向上についてはバランスを見極めて取り組むことも重要となる
	技術的ハードルが高いため、背景が多く写り込んだ画像を正しく判定できるようにするのは、現段階では困難である。背景が多く写り込んだ画像でも正しく判定できるようにするためには、画像の前処理を行うことが必要である
今後の検討課題	高精度なAIを構築するために、様々なバリエーションの画像を集めて検証する必要がある
	データセットの収集を積極的に行う。現場に出向いて画像を収集したり、過去の資料から画像を収集することを検討する必要がある
	画像を収集する仕組みを優先的に取り組むことが急務であり専門的な設備や技術を用いた画像収集のためのインフラを整備することも視野に入れ検討する
	AIによる画像解析システムの汎化性能を上げるための検討をする必要がある
	AIモデルが誤った判断をしたケースをフィードバックとして新たな学習データとして利用して学習を促進する方法の検討
	専門家がAIモデルの評価やフィードバックを提供するためのオンラインプラットフォームを構築することを検討する
	木部の劣化画像は精度が確認できたが、今後、別のケースを試みた際には瓦の隙間AI同様に精度低下が発生する可能性が高いため継続的な検証が必要である
課題	AIを利用した画像解析システムの構築にむけた検討
今後の検討課題	瓦や木部劣化の判断等が素人ではつかない場面もあるため、専門家の指導を受けやすい体制を構築することが必要であるが、専門家とのコラボレーションの形を作ることが難しい。AIエンジニアや文化財の専門家などの専門家とのワークショップや会議を定期的を開催することで継続した連携方法を検討
	破損の深刻度や種類を判定するための機構を検討
	損傷面積の算出だけでなく、別の算出方法がある可能性を考慮し手段を検討

2 データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み（AIによる破損画像認識）

AIによる予兆分析を行うために有用なデータの洞察について①

令和3年度には、物件情報と補修履歴（毀損届/修理届等）を可視化して、データの傾向等の確認を行った。データサイエンスの標準プロセスに則り、計画、データの収集・加工、可視化、分析・精度の評価、効果検証の5つの段階に沿って洞察を進めた。



最初に、業務の課題を明確にし、データ分析で解決する課題を設定した。また、データサイエンスの目的や課題を把握するとともに、業務知識を前提にデータを整備し、基礎集計結果や分布・相関の確認を行った。そして、予測、分類、グルーピング等、目的に合わせた形でデータを分析した。可視化には、直観的に理解できるグラフを使用し、データの傾向、相関性、インサイトの発見に努めた。効果検証には、業務課題が解決（効率化）しているかを定量的に評価した。

物件情報と毀損届/修理届のデータを加工し、可視化を実施した結果、既存データについて下記のような課題点が見つかった。

1. 各種データ間のリレーション関係が築けておらず、データが紐づかない。
2. 物件のユニークキーになるべきCODEに欠損がある。
3. 物件のユニーク化のルールが不明瞭。
4. 「県名」「件名」「棟名」でキーを結合しても物件がユニークにならない場合がある。
5. 各種届の記述単位が定まっていない（件名単位・棟名単位等）
6. データの整形ができていない（1つのセルに複数のデータがある）

そこで、物件情報と修理届を紐づけてデータの可視化・分析作業を行った。物件のユニークキーになるはずのCODEに欠損があることや、物件のユニーク化のルールが不明瞭であることなど、既存データには課題があった。これらの問題を解決するために、県名や件名、棟名などのキーを結合して物件をユニークにし、各種届の記述単位も明確にすることでデータの整形を行った。

物件情報と修理届の紐づけによるデータの可視化・分析作業を進めたが、国宝・重要文化財リストと修理・毀損届のリレーションがないため、十分な分析ができない状況だった。

2 データベースの検討のための調査

2-1 これまでの本事業における取り組み（AIによる破損画像認識）

AIによる予兆分析を行うために有用なデータの洞察について②

国宝・重要文化財リストの物件情報と修理届を紐付けてサンプルとして可視化したところ、以下の分析結果を得た。

現状のデータの可視化	予兆・保全等につながるデータの発掘は難しいことが分かった
修理届と文化財マスタの紐付き状況	国宝データの紐付け率が重要文化財データよりも高く、年度別や都道府県別にみても大きな偏りはなかったが、県によっては若干の偏りがあることが分かった
都道府県別の修理届件数および、修理届のうちの構造分類割合を表示	木の割合が圧倒的に多く、京都府の件数が圧倒的に多いことが分かり、石の割合が高い県もあることが分かった
時代区分×屋根素材別修理届件数と屋根素材割合を比較	鎌倉～室町時代は桧皮葺の割合が多く、桃山、江戸中期あたりに本瓦葺が多くなり、江戸末期、明治以降にかけて桧瓦葺が増える傾向があることが分かった
時代区分別の物件数と時代区分別の修理届件数(紐づいたもののみ表示)を比較	文化財として登録が一番多い「明治時代」について修理届件数も多く、昭和の物件の修理届が多い傾向があることが分かった
県別の修理届件数/文化財件数を比較	山形、北海道、秋田が物件数に対して修理届件数が多く、文化財の登録が多い関西圏での修理届の届出数が少ない傾向があることが分かった
物件数の屋根分類ごとの件数と修理届の屋根分類件数の比較	屋根分類としては「桧瓦葺」、「本瓦葺」、次いで「茅葺」が多く、文化財の屋根分類としては「本瓦葺」が多い一方で、修理届としては「桧瓦葺」の方が多いことが分かった。都道府県別に見ても、「桧瓦葺」は満遍なく分布し、京都府の件数が多い

以上の結果より、精度の高い予兆分析に向けて、データの品質向上や分析手法の改善など、継続的な取り組みが必要であることが分かった。そのためには、データ整備の推進に取り組むことが必要となる。データを活用するための土台となる蓄積方針を策定し、データの意味づけ（コンテキスト化）を行い、適切に管理する手法を検討する必要がある。例えば、単に瓦の写真を蓄積するのではなく、文化財データを中心としたデータ蓄積を行うことが考えられる。

具体的には、各種届や点検結果、重文データ、点検データ・画像、センサーデータ類など、各種データのリレーションを整理しながらデータを蓄積していくことで、以下のTOBE(案)のような状態を実現することができる。

- ・ 重要文化財の物件データを中心に各種データが紐づく状態
- ・ 各種届や点検結果が物件から検索可能
- ・ スマホ点検結果も格納され、そのデータで分析も可能
- ・ 過去データも紐付け、点検時に過去の修理状況を参照可能
- ・ 点検マニュアルや過去点検レポートも格納して検索可能
- ・ 特に重要な設備はセンサー設置して監視等も実施する

2 データベースの検討のための調査

2-2 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理

調査実施手法

文献調査の実施に際し、以下の4つの観点から調査対象とする文献を決定した。

- ・ 文化遺産における AI 等の先端技術の活用に関する現状と今後の見通しについて
- ・ 国内における建造物等の修理・管理に AI 等の先端技術を活用した事例等について
- ・ 海外における建造物等の修理・管理に AI 等の先端技術を活用した事例等について
- ・ AI 等の先端技術の発展に関する展望と文化遺産の保存に与える影響等について

また調査対象の論文については概要をまとめ、文化財の保存、修理のために資するシステムを検討する上での課題や重要だと思われる示唆についてまとめた。

調査対象文献

本事業で調査の対象とした論文は下記の6本である。

①	原題	Autonomous damage segmentation and measurement of glazed tiles in historic buildings via deep learning
	タイトル (和訳)	ディープラーニングによる歴史的建造物の釉薬タイルの自律的な損傷区分と測定
	著者	Niannian Wang, Xuefeng Zhao, Zheng Zou, Peng Zhao, Fei Qi
②	原題	Automated defect detection and classification in ashlar masonry walls using machine learning
	タイトル (和訳)	機械学習を用いた切石積み壁の自動的な破損の検出および分類
	著者	Enrique Valero, Alan Forster, Frédéric Bosché, Ewan Hyslop, Lyn Wilso, Aurélie Turmel
③	原題	Machine learning techniques for structural health monitoring of heritage buildings: A state-of-the-art review and case studies
	タイトル (和訳)	遺産建築物の構造ヘルスマニタリングのための機械学習技術：最先端技術のレビューとケーススタディ
	著者	Mayank Mishra
④	原題	A Digital-based Integrated Methodology for the Preventive Conservation of Cultural Heritage: The Experience of HeritageCare Project
	タイトル (和訳)	文化遺産の予防保全のためのデジタルベースの統合的方法論：HeritageCareプロジェクトの経験から
	著者	M.G. Masciotta, M.J. Morais, L.F. Ramos, D.V. Oliveira, L.J. Sánchez-Aparicio & D. González-Aguilera
⑤	原題	Heritage Monitoring Scouts: Engaging the Public to Monitor Sites at Risk Across Florida
	タイトル (和訳)	ヘリテージ・モニタリング・スカウト：フロリダ州内の危機にある遺産のモニタリングへの一般市民の参加
	著者	Sarah E. Miller & Emily Jane Murray
⑥	原題	ARCHES DUNHUANG: HERITAGE INVENTORY SYSTEM FOR CONSERVATION OF GROTTO RESOURCES ON THE GANSU SECTION OF THE SILK ROAD IN CHINA
	タイトル (和訳)	Arches敦煌：中国・甘粛省シルクロード沿いの石窟遺跡保存のための遺産目録システム
	著者	Xiaowei Wang, Yipu Gong, David Myers, Shunren Wang

2-2 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理

論文①

原題	Autonomous damage segmentation and measurement of glazed tiles in historic buildings via deep learning
タイトル (和訳)	ディープラーニングによる歴史的建造物の釉薬タイルの自律的な損傷区分と測定
著者	Niannian Wang, Xuefeng Zhao, Zheng Zou, Peng Zhao, Fei Qi
発表年	2019
DOI	http://dx.doi.org/10.1111/mice.12488

■ 概要

中国の歴史的建造物の黄色い釉薬のかかった瓦は、優れた防水性が特徴だが、建設から数百年たち傷みが見られるようになり、歴史的建造物の美観に影響を及ぼすのみならず、屋根の防水性能も低下させてしまう。このような歴史的建造物の維持・保護には、定期的な破損の検知が重要であるが、これらの破損点検は目視で行われることから時間と労力がかかる。これを解決するため、近年最先端技術の活用が注目されている。

マシンビジョンは従来の目視検査に代わるものとして注目されているが、手動で特徴を抽出する必要があり、またノイズによる検出精度の限界などの問題がある。また検出精度を向上させるため、機械学習を用いた手法も研究されているが、これらの手法は複雑な背景画像を扱うことは難しい。これに対してディープラーニングを用いた手法は、直感的で柔軟かつロバストであり、特定のシナリオでの物体検出において良好な性能を発揮する。しかし、大規模な構造物の中の小さな損傷を自動的に測定・評価することはできず、画像の切り出しや細切れのサンプルの収集を手動で行う必要がある。

この問題を解消するために、本論文ではディープラーニングに基づき、歴史的建造物の大規模な表面的損傷を自動的に検出、セグメント化、測定する2レベル戦略を提案し、用いている。第1レベルでは、物体検出技術(Faster R-CNN)を利用して中国の故宮博物院の屋根の画像100枚(2,488 × 3,264 pixels)から2種類の瓦の分類と位置を検出し、自動的に切り出した。モデルのmAPは0.90に達した。また切り出された瓦は第2レベルの、Mask R-CNNモデルを学習するためのデータセットを形成した。そして第2レベルでは、Mask R-CNN法を使用し瓦の損傷をセグメント化し測定した。さらにピクセルにおける損傷領域と損傷比率を検出し、損傷の形態学的特徴を定量的に測定することができる。APは0.975となった。

さらに学習させたMask R-CNNモデルを基に、新たに100枚の画像を用いてモデルの性能を検証したところ、高い識別精度を示した。大きな損傷の境界にてわずかに未検出の箇所があったものの、予測された損傷は正解データとよく一致した。また、モデルの安定性を確認するため複雑な背景を用いて検証を行ったところ、本手法では周囲のノイズに影響されないことが示された。

Mask R-CNN は損傷検出とセグメンテーションにおいて効果的だが、非常に複雑な幾何学的特徴を持つ重度の損傷の検出においては改善の余地があり、今後より多くの学習サンプルと最先端のディープラーニング手法を用いて瓦の破損点検を行うことの可能性を示している。

本事業への示唆となる補足情報：

本研究に用いたデータである中国の故宮博物院の屋根釉薬瓦の写真は、iPhone6によって1枚ずつ撮影された。平瓦は丸瓦よりも低い位置にあるため、すべての瓦を撮影するにはカメラと屋根を平行に構えて一定の高さから撮影する必要がある。さらにその上で、形状と位置情報から瓦の境界を判断し1枚ずつ切り出すためのモデルを作成し、瓦1枚ずつについて損傷の状態などを判断している。

2-2 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理

論文②

原題	Automated defect detection and classification in ashlar masonry walls using machine learning
タイトル (和訳)	機械学習を用いた切石積み壁の自動的な破損の検出および分類
著者	Enrique Valero, Alan Forster, Frédéric Bosché, Ewan Hyslop, Lyn Wilson, Aurélie Turmel
発表年	2019
DOI	https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102846

■ 概要

建物の修繕とメンテナンスは、その性能を保持し使用を続ける上で不可欠である。歴史的建造物の保存においてもメンテナンスは極めて重要で、メンテナンスの不足によって劣化が加速し、文化的意義が失われることもある。これらのプロセスの基本となるのは調査と記録で、中でも最も一般的なのが状態調査で多くのプロセスの出発点となっている。

状態調査では目視による評価と手作業による記録に依存しており、特に伝統的な切石積の調査では、壁を構成する石材の量が多いため非常に時間とコストがかかってしまう。交換が必要な石材は正確なサイズと位置を把握し、保存される石材についても修理の方針を決定するための情報が必要となる。その上、調査の精度や欠陥の判断は調査者の専門知識によって主観的に左右されてしまう恐れがある。経験豊富な専門家が調査に関わることでこれらのエラーはなくせるかもしれないがそのコストを鑑みると現実的ではない。そこでレーザースキャンから作成された精密なデジタルモデルから欠陥を自動検出することで、精度と効率の両立というパラダイムシフトが期待できる。

近年は歴史的建造物の保存におけるリアリティキャプチャ技術やデータ処理技術の利用は特に注目されているが、その理由の一つとしてこれらの建築形式が複雑で独特な部材によって構成され、一般的に経年劣化していることが挙げられる。正確な点群データを取得すれば、3Dモデル・HBIMモデルの生成や構造解析に利用したり、建築的・考古学的分析に役立てたりすることもできる。さらに、これらのモデルを用いて歴史的建造物をより細かいレベルで調査・評価し、その後の検査、診断、修理の意思決定をよりよくするための研究や、人工知能を用いた新たな研究も近年行われている。

本研究では、機械学習（ML）とアルゴリズムによって石積壁の欠陥パターンを自動的に検出することを試みている。従来の目視検査の手法、過去の調査結果を学習させ、欠陥の検出と分類を自動化することで、現在の手動/目視の手法の信頼性を高める。建造物の劣化は普遍的な劣化要因と、それに伴う劣化プロセスのいずれか、あるいはその組み合わせによって分類することができ、石造建造物の劣化過程についても5つの主要要因によって分類を行った。

テスト運用は、スコットランドのスターリング城のチャペルロイヤルのメイン（南）ファサードのデータを用いて行われた。TLS（Terrestrial Laser Scanners）とフォトグラメトリによって点群データを作成し、個々の切石に分割した後、破損の領域の特定を目的として様々なパラメータを算出した。これらのパラメータは、形状と色情報の両方に関連し、その後評価され、機械学習アルゴリズムの入力特徴として使用される。

結果、壁面の変色の検出と分類には好ましい結果が得られた一方で、破損の形状については、同時に発生することが多く、専門家でも区別が難しい、剥離と浸食の破損が混同されていた。

本研究で用いたモデルでは、専門家による過去の調査結果を学習に用いたが、このデータに専門家の主観が含まれた場合、不十分又は不正確に学習されたアルゴリズムが生成されてしまう恐れがあるため、多様な専門家がチームとして共同で破損のラベリングを行い、より信頼性の高い結果を提供する必要がある。また、石材についても、その材質や形状、仕上げ、歴史によって異なる破損状態を示すため、様々な歴史的建造物のラベリングが必要である。

2-2 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理

論文③

原題	Machine learning techniques for structural health monitoring of heritage buildings: A state-of-the-art review and case studies
タイトル (和訳)	遺産建築物の構造ヘルスマニタリングのための機械学習技術：最先端技術のレビューとケーススタディ
著者	Mayank Mishra
発表年	2020
DOI	https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.09.005

■ 概要

本論文では、遺産である建物の健康状態を評価するために適用される様々な機械学習（ML）技術の系統的なレビューを行っている。

歴史的建造物の保全は、観光効果による経済発展と、伝統や地域・個人のアイデンティティの保持のために極めて重要である。しかし歴史的建造物は材料の劣化、水の浸透、風化、環境や気候の影響、観光客による破壊行為などの要因により様々な破損が生じ、その構造性能と美観が経年的に低下する可能性がある。それを防ぐためには、小規模な修理による維持管理が必要となるが、現状はギリギリになってから高額な修理費を費やしている。そこで注目されているのが構造ヘルスマニタリング（SHM）で、不測の事態が発生した場合の損傷箇所を予測し、そこを監視することは建造物の寿命を延ばすうえで必要不可欠である。

現代建築に関するSHMや検査のガイドラインは確立されている一方で、歴史的建造物はその構法や材料が一般でなく現在と異なって複雑だったり、設計時・破損時の資料が乏しかったりすることから、扱いにくい場合が多い。そのため歴史的建造物のSHMを行うには、まずその構造や地盤、建設手法や過去の修理履歴に関する調査を行うなど、重要な各指標に関する知識を増やし、建造物の知識レベル

（KL）を上げる必要がある。その他にも歴史的建造物のSHMのために、継続的なリアルタイムシステムや局所的な試験など、様々な技術を使用したケーススタディが報告されている。またKLとは別に、4段階の損傷特定法－第1レベル：損傷の存在を確認、第2レベル：損傷の位置を同定、第3レベル：損傷の程度を定量化、第4レベル：耐用年数の推定のため損傷した構造物の寿命を推定－も提案されている。

近年、機械学習（ML）アルゴリズムは土木工学におけるSHMの適用や、歴史的建造物の破損検知において大きな可能性を示している。様々な側面からアプローチした研究が増えつつあるが、本研究ではそれらを統合し整理している。ML技術を用いた歴史的建造物の様々な構成要素の状態評価は、コスト削減、長期的な安全性の確保、診断における不確実性の削減、より信頼性の高い解決方法の提案に役立つと考えられる。

SHMシステムにおける損傷検出を向上させるために、実験室や現場から得られたNDテストデータ、ラボテストデータ、歴史的建造物のシミュレーションモデルからのデータ、画像データなどに様々なMLメソッドが適用されている。これらのモデルは、石造物（レンガや石材）や補修モルタルの圧縮強度の予測、可能性の高い損傷パターンと耐用年数の推定、耐震性能や材料特性の評価、質感・強度・色の似た代替石材の発見、風化・欠損・エフロレッセンス・浸透・藻の成長・苔の付着等による遺跡表面の損傷の特定・分類・定量化等、いくつかの用途で使うことが可能で、損傷の診断に貢献するさまざまな損傷指標を特定することができる。また、MLを補強工事に活用するなど、いくつかの興味深く多様なアプリケーションの事例もある。

2 データベースの検討のための調査

2-2 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理

■ 概要

歴史的建造物のSHMにおけるMLの応用は上記のように多岐にわたるが、それぞれの歴史的建造物の固有性のためそのデータやデータベースもそれぞれ異質なものとなることから、課題も多く存在する。とある遺産で用いられたデータセットが、他の地域の遺産では有効でない場合もあり、含水率、ひび割れ、堆積した埃の量など、損傷の程度を定量化するために決定しなければならない間接的な要因についても再検討が必要な可能性が高い。

歴史的建造物のSHMのためのMLの適用は、効果的なレトロフィット技術の実装を促進し、歴史的建造物の寿命を保証することができる。また、特に経年劣化した構造物においてコアサンプリングが難しい場合には、ND試験（非破壊試験）データと画像データを用いて状態を評価・予測することも可能である。ML技術は歴史的建造物において、技術者が迅速に複雑な分析を行うことなく望ましい成果を得る助けとなり、歴史的建造物の維持補修にかかる費用も最小化することができる。さらにこれらのSHMの結果は、歴史的建造物の埃や菌類、藻類の堆積を除去したり、様々な部材の補強案を設計したりするなどの保全のための予防処置に利用することができる。

今後より多くの質の高いデータを得ることで、歴史的建造物に対するKLが向上し、ML技術の精度も向上するため、より多様な分野での適用が望まれる。

2 データベースの検討のための調査

2-2 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理

論文④

原題	A Digital-based Integrated Methodology for the Preventive Conservation of Cultural Heritage: The Experience of HeritageCare Project
タイトル (和訳)	文化遺産の予防保全のためのデジタルベースの統合的方法論：HeritageCareプロジェクトの経験から
著者	M.G. Masciotta, M.J. Morais, L.F. Ramos, D.V. Oliveira, L.J. Sánchez-Aparicio & D. González-Aguilera
発表年	2019
DOI	https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1668985

■ 概要

文化遺産の予防保全は、従来の治療保全とは対照的に、日々の点検とモニタリングによって損傷の原因に直接対処し、劣化を最小限に抑えることで、破損が生じてから後手に回り、高価な修理を行うことを避ける試みとして注目されている。

モニタリングを行い、文化遺産の状態を把握するためには、体系的なデータ収集、情報の記録、そしてその管理が不可欠である。欧州プロジェクト「HeritageCare - Monitoring and preventive conservation of historic and cultural heritage」では、文化遺産の保存状態を時系列的に評価するための一連の標準化・統合された文書プロトコルを開発し、データ収集・分類、体系的な報告、情報のデジタル化、経年の状態評価・比較、短期・中期・長期の意思決定支援などの多方面で活用できる可能性がある。

特にプロジェクトが行われたスドー地方（南西ヨーロッパのポルトガル、スペイン、フランス）では、各国各地域に文化遺産の保存機関が存在するが、その保存状態を定型的に記録、監視、管理するための政策が存在しないという問題点がある。文化遺産の予防保全のための体系的な戦略を行うためには、標準化された検査とモニタリングを手ごろなコストで、かつ個々の建物の条件や所有者の要求に沿った形で行い、それらの保存状態を長期にわたって効果的に追跡するためのデータベースを整える必要がある。

このプロジェクトは、文化遺産の建物を適切に記録し、その遺産の保存プロセスに所有者と、社会全体を直接関与させるために、広く人々がアクセスできるサービスを提供することを目的としている。アクセスが簡単なウェブおよびスマホアプリにて、検査した遺産の状態を長期にわたって追跡し、懸念すべき症状がみられると関係者に通知される。また、3DモデルやHBIMを作成し、破損原因の分析・診断と、それらの情報の可視化、共有、などを容易にしている。

論文内ではHeritageCareのシステムの開発過程およびプロトコルを詳細に説明した上で、このプロジェクトの最も象徴的なケーススタディとして、ポルトガルのギマランイス公爵領を例に、プロトコルの適用と、システムの実際の運用について紹介している。

2 データベースの検討のための調査

2-2 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理

■ 概要

本事業への示唆となる補足情報：

HeritageCareは4つのフェーズで開発された。

第1フェーズではまず文化遺産の予防保存や文書化プロトコルに関する文献調査を行い、また文化遺産の所有者・管理者に対してアンケートを実施し、文化遺産の保存状態やメンテナンスなどの問題点について調査した。これにより、既存の基準等を満たしつつも多種多様な文化遺産に適用できるような柔軟性を持った、体系的な分類基準と、最適なワークフローの必要性が浮き彫りになった。さらに共通の破損目録を作成するために、それぞれ歴史的建造物は9つ、可動・複合遺産は12つの分類を設け、7つの大分類から派生した合計87種類の破損項目が整理された。

第2フェーズでは標準化されたデータ収集プロトコル、柔軟な検査手順の開発、検査した遺産の建物や資産の保存状態を評価するための統一基準の確立により、建造文化遺産の予防的保存のための統合的方法論の定義に焦点を当てた。様々な文化遺産に対応し、増え続ける情報を処理するために、3つの検査レベルを設け、建物の複雑さや保存の必要性、所有者や管理者の要求に応じてレベル（1：遺産の基本情報のほか主要な破損・劣化の状況とメンテナンスに必要な情報、2：1の情報をより正確で詳細な調査やモニタリングと統合し、3DやGISに保存、3：2までのすべての情報をHBIMモデルに統合）を選択し記録することで、システムの拡張性と柔軟性を確保した。

第3フェーズではHeritageCareの横断的ツール（データベース、ウェブアプリケーション、モバイルアプリケーション）の開発を行った。各遺産に関するすべての情報は、データベース上に統合・保存され、一定のアクセス制限を設けつつもそれぞれの所有者（または管理者）が利用できるようになっている。深刻・緊急の問題が発生した場合、所有者（管理者）または担当の国家機関は、詳細な診断調査を行うか、迅速な介入を計画するために専門家に連絡するよう警告・助言され、また、実績のある建設会社に関する情報も提供されるようになっている。積極的に持続可能な形で文化遺産の予防保全を行うことで、最終的には社会的・経済的にもメリットが大きいといえる。

第4フェーズではスドー地方においてHeritageCareの手法を導入するべく、60件以上のケーススタディを行った。すべてでレベル1を行い、そのうちレベル2は15件、レベル3は3件にて実施された。

2 データベースの検討のための調査

2-2 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理

論文⑤（Arches事例）

原題	Heritage Monitoring Scouts: Engaging the Public to Monitor Sites at Risk Across Florida
タイトル (和訳)	ヘリテージ・モニタリング・スカウト：フロリダ州内の危機にある遺産のモニタリングへの一般市民の参加
著者	Sarah E. Miller & Emily Jane Murray
発表年	2018
DOI	https://doi.org/10.1080/13505033.2018.1516455

■ 概要

世界中で起きている、海面上昇、気温の上昇、永久凍土の融解、嵐の増加、山火事の悪化、海岸の浸水、侵食などの気候変動によって、文化資源が脅威にさらされている。考古学者はこれらの脅威に対応しているが、公共主導のアプローチの必要性を唱えており、そのためには管理者である自治体の支援と、一般市民のリテラシー向上のための活動が必要である。

フロリダ州の約13,000kmの海岸線沿いには、約4,000の考古学的遺跡と600以上の歴史的墓地が存在しているが、海岸浸食や海面の上昇など、気候変動の影響によって危険にさらされている。2012年に発表された地図（予測モデル）によると、フロリダでは海面が1m上昇すると16,015件の、2m上昇すると34,786件の文化資源が影響を受けることが指摘されている。

フロリダ州会議は2005年にフロリダ州会議によって設立されたフロリダ公共考古学ネットワーク

（FPAN）では、2016年に危険にさらされている遺跡のモニタリングに一般市民を参加させるため、ヘリテージ・モニタリング・スカウト（HMSフロリダ）プログラムを創設した。

HMSフロリダは無数のパートナーや一般市民が参加し共同で制作するプログラムである。参加ボランティアに向けては研修やワークショップを行い、リテラシーを向上させ、モニタリングのスキルを身に付けさせた。またこのプログラムは、ボランティアが現場の状況を報告するという一過性のもではなく、フロリダ州全域で、地域の様々なパートナーシップの組み合わせにより、プログラムに独自の機会を提供している。

プログラムは運営初年度より急成長し、233人のボランティア（実際にフォームを提出したのは76人）が1年間に312枚のモニタリングフォームを提出した。また、モニタリングされた遺跡に加え、フロリダ・マスター・サイト・ファイル（FMSF）に掲載されていない19の遺跡も報告された。さらに、HMSフロリダによって、土地管理者も遺跡の存在や位置を確認することができ、モニタリングされた遺跡のうち3%はFMSFの記録とは別の場所で発見され、4%は発見されなかった。

全体として、遺跡は良好な状態にあり、中程度から低いレベルの脅威に直面していることが報告された。FPANは高い脅威レベルに直面しているが状態は良好な遺跡については、環境の回復戦略について議論することを推奨している。一方で、状態の悪い遺跡は地域社会から異論が出ない限り、脅威レベルにかかわらず放棄することを検討すべきである。評価された状態と脅威レベルの正確さを検証し、海面上昇の影響を受ける文化遺産を推定するためには、より多くのデータが必要である。

また2016年のハリケーンシーズンによって発生した沿岸部の洪水・浸水により、HMSフロリダを通じて遺跡の浸食がはじめて記録されたことで、嵐の前後に遺跡のモニタリングを行う必要性が再確認された。さらに、ハリケーンによって遺跡に設置してあるフェンスが壊れていることを発見し、早期の修理につながったなど、このプロジェクトが長期的な変化の追跡のみならず、管理上で発生する小さな問題を特定し解決する上でも役立つことがわかった。

HMSフロリダとパイロットプログラムの初年度における予備的な成果として、このプログラムは一般市民の参加に効果的であり、時間の経過とともにサイトの変化を追跡するための強力な管理ツールであることが示された。また、各遺跡の状態に関する情報をもとに、全体的な保全の取り組みや、将来の研究および修復プロジェクトに寄与することができ、保護区内の土地管理機関やパートナーに長期的かつ広範な管理について議論し、実行するための枠組みも与えることができる。

2 データベースの検討のための調査

2-2 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理

■ 概要

本事業への示唆となる補足情報：

Site Monitoring Form（遺跡モニタリングフォーム）の記入事項は以下の通りである。

記入事項	（和訳）
Master Scout ID	マスタースカウトID（個人ID）
Site Name	遺跡名
Site Number	遺跡番号
Time	時間
Date	日付
Site Location - Mission location verified - Site found but in different location (note corrected location in comment field below) - Site could not be found	遺跡の位置 - 位置は確認済み - 遺跡は見つかったが、別の場所にある（コメント欄に正しい位置を記入） - 遺跡が見つからなかった
Visit - Initial - Follow up	訪問 - 初回 - フォローアップ
Overall Site Condition - Good Stable (structural stability, no obvious or predicted deterioration) - Fair Declining (discernible decline, wholeness or physical integrity threatened by normal wear) - Poor Unstable (palpable, accelerating decline, physical integrity is being compromised quickly)	遺跡の全体的な状態 - 良好 安定（構造的に安定している、明らかな劣化や予測される劣化はない） - 普通 劣化している（目に見えて劣化している、全体性または物理的完全性が通常の経年劣化によって脅かされている） - 悪い 不安定（明らかに劣化が加速している、物理的完全性が急速に損なわれている）

2 データベースの検討のための調査

2-2 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理

■ 概要

記入事項	(和訳)
Threats Observed (Check all the apply: link to illustrative examples forthcoming) - Active erosion - Storm surge - Wind - Flooding - Wave action - Vegetation growth - Animal disturbance - Visitor traffic - Vehicle damage - Development - Other:	観察された脅威（該当するものすべてにチェック） - 活発な浸食 - 高潮 - 風 - 洪水 - 波動 - 植生の成長 - 動物の妨害 - 訪問者の往来 - 車両による損害 - 開発行為 - その他
Priority (include justification in comments section below) - High threats pose immediate risk, recommend urgent follow up - Medium threats pose a moderate risk, continue to monitor after storm events or on annual basis - Low site at minimal risk, monitor after storm events or every 5 years	優先度（コメント欄にその理由も記入） - 高 脅威が直ちに危険をもたらす、緊急のフォローアップを推奨 - 中 脅威が中程度の危険をもたらす、暴風雨の後または年単位で監視を継続 - 低 サイトに最小限の危険がある、暴風雨の後または5年ごとに監視する
Comments on site impacts:	サイトへの影響に関するコメント
Artifacts visible (photograph in place, do not move) - Prehistoric pottery - Lithics - Shell tool - Historic ceramics - Glass - Architectural (nails, wire, bricks) - Other:	確認できた遺物（その位置から動かさずに撮影） - 先史時代の土器 - 石器 - 貝殻ツール - 歴史的陶器 - ガラス - 建築物（釘、ワイヤー、レンガ） - その他:
Recommendation (repeat visit, defense, FMSF update, other comments):	推奨事項（再訪問、防衛、FMSFの更新、その他のコメント）:
select/representative pictures of site conditions and any other documentation or questions	現場状況の写真やその他の資料、質問などを選択し添付

2 データベースの検討のための調査

2-2 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理

論文⑥（Arches事例）

原題	ARCHES DUNHUANG: HERITAGE INVENTORY SYSTEM FOR CONSERVATION OF GROTTO RESOURCES ON THE GANSU SECTION OF THE SILK ROAD IN CHINA
タイトル (和訳)	Arches敦煌：中国・甘粛省シルクロード沿いの石窟遺跡保存のための遺産目録システム
著者	Xiaowei Wang, Yipu Gong, David Myers, Shunren Wang
発表年	2021
DOI	https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-837-2021

■ 概要

中国・甘粛省のシルクロード沿いには、十六国時代から各時代の仏教石窟が127カ所（県指定以上）もあり、歴史的、文化的、芸術的に重要な価値を有している。この中には、莫高窟、麥子山石窟、炳靈寺などの世界遺産も含まれ、これらは規模が大きく、壁画や彫刻が精巧で、保存や管理も比較的標準化されている。一方で中小規模の石窟も多く、これらは遠隔地に存在し、石窟の数が少なく、また管理するチームの専門能力も低いため、効果的な保護が行われず、急激な人口増加、都市化、農地開発などによる破壊の危機に今も直面している。

石窟の状況を十分に把握し、この貴重な遺産の保護をさらに強化するため、2018年に米国のGetty Conservation Institute（GCI）と中国の敦煌アカデミーの専門家が共同で、これらの石窟の保存・管理状況を調査した。また、2020年には、中国が国家主導で石窟の特別調査を開始した。これらの調査を通じて、石窟の位置、数量、内容、遺産価値、保存状況などの基礎情報が得られた。

これらの石窟の規模の違い、地理的分布の広さ、管理レベルの偏りなどを考慮すると、遺産目録システムを構築してデータを一元管理し、甘粛省内の石窟に対してより科学的で有効な保存管理システムの確立を支援する必要がある。情報技術を利用して石窟を統一的な目録の枠組みで管理することは、異なる石窟の比較研究にも貢献し、遺産の状態の標準的な記録を促進し、遺産価値の認定も推進することになる。さらに、目録の内容の一部が一般市民にも公開されることで、石窟の価値に対する認識を高めることができる。

遺産インベントリとは、文化遺産を将来にわたって保護するために、貴重または潜在的価値のある遺産の重要な情報を継続的に記述する権威ある記録である。インベントリは武力紛争や自然災害、特に近年顕著になっている地球温暖化や都市化などから遺産を保護するための重要な手段であり、多くの国際機関や、国や地域の遺産当局が、遺産管理におけるインベントリの重要性を認めている。世界遺産である莫高窟を含む6カ所の石窟を管理する敦煌アカデミーでは、GCIとWorld Monument Fund（WMF）が共同開発したオープンソースのソフトウェアプラットフォーム「Arches」に基づいて、全省の石窟目録システムを構築し、石窟の情報を管理し状態を定期的に評価するためのデータベースを構築した。このデータベースは石窟の標準化された管理体系、予防的保護、持続的発展のための基礎となることを目的としている。

2 データベースの検討のための調査

2-2 書籍、論文、調査報告書等からの情報の整理

■ 概要

石窟を管理するためのインベントリでは、石窟ごとに固有で多様な建築などの構成要素とその配置を一元的に管理し、さらに洞窟内の壁画の状態を定期的にモニタリングし劣化状況を把握できることが求められる。また、遺産の目録は遺産の進化、完全性、保存状態の変化を忠実に証言するものでなければならないため、インベントリのデータは将来にわたって保護され、技術やソフトウェアのアップグレード、その他の変更によってデータの損失や破損が生じないようにする必要がある。

Archesではセマンティックグラフデータモデリング技術を利用しており、この要件を満たしている。本プロジェクトではArches Designerの柔軟性を利用してそれぞれ遺産、洞窟、状態評価、保存プロジェクト、組織、人、情報資源の資源モデルを設計し、石窟の基礎情報の包括的な管理を実現し、さらにCIDOC-CRMオントロジーを取り入れることによりデータの互換性と長寿命化を実現した。

またArches内の石窟マッププラグインとリソースコンポーネントの設計を通じて、石窟情報のシンプルなインタラクションと直感的な視覚化を実現した。

敦煌アカデミーによる本プロジェクトに基づいて、次のステップは主要な石窟の基本情報をシステムに入力し、各遺産地で積極的に普及・応用し、さらに各石窟のニーズによってシステムの設計を最適化し、データの分析と可視化に力を入れることである。今後システムは各石窟の遺跡名、地理的位置、測量と地図データなどの基本情報に加え、劣化状況の評価データ、保存プロジェクトの記録などの動的情報を含み、データの種類は画像、文書、3Dモデルなども含む予定である。最終的には動的なデータベースを構築し、甘粛省の石窟の科学的かつ効果的な保護と管理のための基本的なデータソースとなる予定である。

また、本プロジェクトでは多くの石窟の入り口の位置を示す崖面のパノラマ標高画像の注釈を通じて、洞窟の垂直位置を特定するための新しいデータ型とウィジェットを開発した。これらの開発は、岩絵や、崖面やその他の急峻な地形に作られた他のタイプの遺跡など、他のタイプの遺産の垂直位置の特定をサポートするために応用できる可能性があると予想される。さらに特定の石窟の相対湿度、二酸化炭素、訪問者数などのリアルタイムデータを取り入れたことは、これまでのArchesの活用事例において新しい展開であり、今後のArchesの展開にも様々な可能性を与えるものである。このプロジェクトを通じて、Archesのプラットフォームが他の石窟群や中国国内の他の遺産管理にも適用できることが期待されている。

2 データベースの検討のための調査

2-3 先行研究についてのヒアリング調査

ヒアリング① Archesプロジェクトに関するヒアリング

日時	2023年2月27日（月）17時—18時
開催手法	オンライン開催（ZOOM）
ヒアリング先	Getty Conservation Institute
参加者	Ms. Annabel Lee Enriquez（Getty Conservation Institute） Mr. David Myers（Getty Conservation Institute） 村合 永光氏（文化財保存計画協会） 豊永 早織氏（文化財保存計画協会）

事前調査

■ Arches (<https://www.archesproject.org/>) について

Archesは、Webベースの企業レベルの情報管理プラットフォームで、各物件の情報（位置・写真・reportなど）を統合し、地図上（GIS）に整理する基本的なプラットフォームを提供している。以下の4点が特徴として挙げられている。

- 標準規格に基づく
- カスタマイズ可能
- オープンソース
- コミュニティ主導の運用

「Archesはオープンソースの情報管理プラットフォームで、世界中の組織が個々のニーズに応じて自由にインストール、設定、拡張することができ、使用上の制限を受けることもありません。Archesは、Getty Conservation InstituteとWorld Monuments Fundによって文化遺産分野での利用を想定して開発されました。文化遺産データは複雑で多様な性質を持つため、また、相互運用性と持続可能なデータの実践を促進するために、Archesプラットフォームは、幅広い用途をサポートする標準ベースの包括的かつ柔軟なプラットフォームとして開発されました。Archesプロジェクトは、様々な分野の開発者、サービスプロバイダー、専門家が協力し、アイデアやリソースを共有し、解決策を検討し、指導やサポートを提供する国際的なコミュニティを確立しています。」—“What is Arches?”

(<https://www.archesproject.org/what-is-arches/>)より引用、翻訳

2 データベースの検討のための調査

2-3 先行研究についてのヒアリング調査

ヒアリング成果

■ Archesの基本的な情報について

Archesは、文化遺産や博物館の専門家がコレクションに関する情報を管理し、カタログ化し、共有するために設計されたオープンソース・ソフトウェアである。Getty Conservation Instituteがソフトウェアを開発しているが、どのように展開し実装するかは実際に使用する各組織が決定しており、Getty側は支援するのみである。

組織が共有・公開しない限り、Getty Conservation InstituteとArchesプロジェクトは各組織のArchesデータにアクセスすることはできない。基本的には、どの組織がArchesをインストールし実装しているかも把握していない。しかしArches活用事例の追跡は試みており、一部の組織はArchesの使用方法に関する論文やプレゼンテーションを共有していることがある。

またArchesは非常に柔軟な構造になっており、様々なデータ手法に対応できる。ソフトウェアは拡張性があり、特定のユーザーのニーズに合わせてカスタマイズすることが可能である。（事例C参照）

■ Archesの参考事例について

1, Arcadia-Funded Projects Using Arches to Record Endangered Heritage

以下はイギリスのARCADIA基金が現在資金提供しているプロジェクトのリスト。絶滅の危機に瀕している遺産を記録するためにArchesを導入している。

Mapping Africa's Endangered Archaeological Sites and Monuments (MAEASaM) <https://maeasam.org/>

関連機関のリスト：<https://maeasam.org/collaborating-institutions/>

- **Central Asian Archaeological Landscapes (CAAL)**

<https://uclcaal.org/>

参加機関のリスト：<https://uclcaal.org/about/participating-institutions/>

- **Endangered Archaeology in the Middle East & North Africa (EAMENA)** <https://eamena.org/>

- **Cairo City of the Dead**

Heritage and Beyond主導のプロジェクトで、ARCHiNOS (<http://www.archinos.com>)が担当している。

※データはEAMENAデータベースにも登録されている。

- **Maritime Endangered Archaeology in the Middle East & North Africa (MarEA)** <https://marea.soton.ac.uk/>

「MarEAは、遺跡のデータベースを作成し、地域機関とのパートナーシップを強化することで、危機に瀕した海洋遺産の持続可能な管理のための基盤を確立することを目指しています。このデータベースは、リモートセンシング技術、特に衛星画像の利用によって発見され、報告書や出版物によって補足された、これまで記録されていなかった遺跡が多く含まれています。しかし、このデータベースは、直接脅威にさらされている場所に限定されているわけではありません。私たちが活動する地域内のすべての遺跡を記録し、すでに記録され、様々な情報源で発表されている遺跡もデジタル化し、データベースに収録しています。

潜在的な脅威を監視し、個々の遺跡の優先度を評価し、保存と保護のために資源を集中させる場所を決定するために、遺産当局は、どのような考古学的資源が存在し、どこに位置しているかを知る必要があるからです。」－MarEA紹介文より引用、翻訳

2 データベースの検討のための調査

2-3 先行研究についてのヒアリング調査

ヒアリング成果

プロジェクト関係者のリスト：<https://marea.soton.ac.uk/team/>

※データはEAMENAデータベースにも登録されている。

- **Maritime Asia Heritage Survey (MAHS)**
<https://maritimeasiaheritage.cseas.kyoto-u.ac.jp/>
プロジェクト関係者のリスト：<https://maritimeasiaheritage.cseas.kyoto-u.ac.jp/team/>
- **Mongolia Archaeology Project: Surveying the Steppes (MAPSS)**
<https://mapss.shh.mpg.de/info/>
プロジェクト関係者のリスト：<https://mapss.shh.mpg.de/info/team/>
- **Nepal Heritage Documentation Project (NHDP)**
<https://danam.cats.uni-heidelberg.de/>
関係者のリスト：<https://danam.cats.uni-heidelberg.de/nhdp/>
- **Inventory of Maritime Archaeology in Pakistan (IMAP)**
<https://www.mahi.org.pk/imap>
プロジェクトチームのリスト：<https://www.mahi.org.pk/index#team>
関係者のリスト：<https://www.mahi.org.pk/index#partners>
※データはEAMENAデータベースにも登録されている。
- **Mapping Archaeological Heritage in South Asia (MAHSA)**
<https://www.mahsa.arch.cam.ac.uk/>
- **Endangered Wooden Architecture Programme (EWAP)**
<https://www.brookes.ac.uk/research/units/tde/projects/endangered-wooden-architecture-programme/>

2, Florida Public Archaeology Network Heritage Monitoring Scouts

フロリダ州の文化遺産の状態を監視するためにArchesを使用している組織の一例。州の公式インベントリやデータを使って、海面上昇や開発などの要因で危機に瀕している遺跡の状態を追跡している。

※Archesの利用に関しては記述がないが、取り組みについて記された論文⑤を参照。

3, Article on Dunhuang Academy Implementation of Arches

リアルタイムで温度や相対湿度などの環境データを取得しモニタリングに活用している事例。環境データに対応できるよう、Archesの柔軟な構造とカスタマイズ性を活用して、システムを拡張した。

※その取り組みや、データベースとシステムの構成について記された論文⑥を参照。

2 データベースの検討のための調査

2-3 先行研究についてのヒアリング調査

ヒアリング成果

1, Arches導入のプロセスについて

「Arches Implementation Considerations」というページには、Archesを導入する際に考慮すべき点がまとまっている。

【参考：「Arches Implementation Considerations」】

<https://www.archesproject.org/implementation-considerations/>

ここではArchesを導入するための基本的なプロセスとして、以下のステップが紹介されている。

- Archesが目的に適したソフトウェアであることを確認する。また、Archesを導入するために必要な技術的専門知識（社内または社外）を利用できるか確認する。
- Archesをどのようにホストするかを決定する（クラウドまたは自社サーバーのいずれか）。
- Archesソフトウェアとその基盤を用意する。
- どのようにデータモデリングを行うかを決定する。公開されているArchesリソースモデルを使用するか、独自に構築するか、あるいはArchesコミュニティの他のメンバーのリソースモデルを利用することも可能。
- データモデリングの方針と一般的な要件に基づいて、Archesを修正または拡張する必要があるかどうかを決定する。
- 必要であれば、Archesにインポートするための既存・蓄積データを準備する。これらのデータには、語彙の定義の管理、クリーニングと構造化が必要である。
- Archesの実装を継続的にサポートおよびメンテナンスし、より大きなArchesコミュニティに参加するための戦略を立てる。

2, コストについて

Archesのソフトウェアコードはオープンソースであるため、基本的には無料で提供されており、個人のライセンス料もないので、利用機関は必要な数のエンドユーザーに展開できる。機関の方で発生するコストとしては、それぞれのサーバやクラウド、外部や内部のプロバイダーやITサービスなどの実費が挙げられるが、各機関のデータ量や実装する機能によっても異なるためArches側では把握はしていない。

例えばArchesの実装を、自前で用意するのではなくArchesサービスプロバイダーを利用して行くと追加コストがかかる。

2 データベースの検討のための調査

2-3 先行研究についてのヒアリング調査

ヒアリング成果

■ Archesの取り組みの中で本事業への示唆となる情報

1, 3Dデータと防災のための活用について

本事業の令和3年度の調査研究では瓦の画像（2D）を用いてAIに破損検知させることを試みたが、画像内の対象物の角度などによって適切に検出がなされない等の問題がみられた。今後は検出精度を上げるためや、更なる管理システムの構築のため、3Dデータを用いることも想定される。

Archesでは3D点群データ、3Dモデルデータの両方の実装例があり、データのファイルそのものだけでなく、それらを視覚化するための様々なビューアも実装されている。現段階の利用目的としては、これらのデータを文化遺産に関する他のデータと組み合わせで管理し、検索可能にすることである。

また今後の展望として、現在進行中の「Arches for Science」というプロジェクトでは、文化財保護のための科学的データを記録するために、Archesに様々なカスタマイズを試験的に行っており、そこでは異なる時間帯に撮影された画像の比較を行う拡張機能も含まれる。

これにより、災害の前後に撮影された写真を比較し被害の早期発見に役立てるなどといった活用方法が期待できる。さらに、Archesではその拡張性と柔軟性から、上記の機能をさらに発展させ、例えば3Dデータの比較などを実装することも機能上は可能であると考えられる。

【参考：Arches for Science】<https://www.archesproject.org/arches-for-science/>

「Arches for Scienceは、遺産科学者、その他の遺産専門家、および遺産関連組織が、遺産科学データの確保、取得、視覚化、比較、共有、およびラボでのタスク管理を行うための包括的なシステムです。

（中略）Arches for Scienceは現在、美術品の技術的な検査に重点を置いて開発されており、注釈、材料のサンプリング、機器データの検索と可視化、画像とデータの比較のためのツールを含んでいます。

Arches for Scienceを他の様々な目的に適用するための基盤となることが期待されています。」－Arches for Science紹介文より引用、翻訳

2 データベースの検討のための調査

2-3 先行研究についてのヒアリング調査

ヒアリング成果

■ Archesの取り組みの中で本事業への示唆となる情報

2, データクエリとAIについて

重要なのは、画像の解析など、データをクエリするためには必ずしもAIを使用する必要があるというわけではないということである。Archesについてもデータがどのように整理され、クエリされるかは熟考されている。AIが最も効果的な手段であるかは、データがどのような統一された方法で整理されているかによる。Archesにおいて、データが意味論に基づく統一的な方法で構造化されていることが、AIが最もうまく機能する前提である。

3, データモデリングについて

先述した内容とも被るが、データモデリングにおいて重要なのは、テクノロジーを評価しそれありきで企画するのではなく、組織として具体的にどんなことが必要かということを考え、そこを中心に進めていくということである、といった助言をいただいた。例えばArchesの導入を検討する際に、自らのニーズがArchesの機能とそぐわない場合でも、Archesをカスタマイズして拡張することで対応できる可能性がある。Esri社やArcGIS社のシステムも、Archesに組み込んだ拡張機能もあるため活用できる。

またArchesには「Arches Resource Model Working Group」というコミュニティがあり、データモデリングのノウハウや実例を共有し合い、コミュニティ内で活用できるようにしている。現在このグループでは、実例ライブラリーの拡充に取り組んでおり、コミュニティの人々が使用したり、一部を取り出したりできるように、様々なデータモデルのライブラリを作成している。

【参考 : Arches Resource Model Working Group】

<https://www.archesproject.org/arm-wg/>

「Arches Resource Model (ARM) Working Groupは、Arches Resource Modelsと構成するBranchesについて、特にその構築と適用方法について、コンセンサスに基づいたガイダンスを提供することに重点を置いています。この作業は、ピアレビューされたResource ModelsとBranchesのリポジトリに情報を提供し、Resource ModelsとBranchesを作成するための基本的なモデリング・パターンに関するドキュメントも提供します。ARM WGのモデルおよびBranchesの採用は、Archesの導入を容易にし、Archesで生成されたデータの長期的な互換性と相互運用性をサポートすることを目的としています。」ー Arches Resource Model Working Group紹介文より引用、翻訳

2 データベースの検討のための調査

2-3 先行研究についてのヒアリング調査

ヒアリング② 文化財総覧WebGISをはじめとした奈良文化財研究のデータベースに関するヒアリング

日時	2023年3月3日（金）16時30分—17時30分（日本時間）
開催手法	オンライン開催（ZOOM）
ヒアリング先	奈良文化財研究所
参加者 （敬称略）	高田 祐一（奈良文化財研究所企画調整部文化財情報研究室主任研究員） 結城 啓司、八ツ本 宏之（文化庁） 寺師 太郎、森 恵子、加藤 厚、西脇 健一郎、橋本 淳広、一寸木 遥子、中村 快（凸版） 村合 永光、豊永 早織（文化財保存計画協会）

事前調査

■ 奈良文化財研究所について

奈良文化財研究所では様々なデータベースを整備・運営しているが、今回特に注目するのが、2015年にリリースされた、埋蔵文化財の発掘調査報告書を電子化したデータベース「全国遺跡報告総覧」と、各文化財の基本情報をGISに落とし込み位置情報を可視化した「文化財総覧WebGIS」である。

【参考：「全国遺跡報告総覧」】

<https://sitereports.nabunken.go.jp/ja>

【参考：「文化財総覧WebGIS」】

<https://heritagemap.nabunken.go.jp/main?lat=34.68&lng=135.82&zoom=12&bearing=0&pitch=0&ol=1%2C2%2C10%2C11%2C12&bq=slope%3A0.8%2Cpale%3A1&hz=>

【参考資料①「文化財総覧WebGIS：データと機能」、参考資料②「考古学・埋蔵文化財の情報プラットフォームとしての全国遺跡報告総覧」】

「文化財総覧WebGIS」では、「遺跡抄録データベース」（全国遺跡報告総覧と共有）と、「遺跡データベース」（国や自治体の公開しているデータベースより取得）の2種類のデータベースを参照することができ、それぞれ遺跡の名前や位置情報、種別、時代と遺跡の概要、そしてその一部については「全国遺跡報告総覧」より報告書を見ることができる。背景地図も、過去の航空写真や地形図など多種多様なものが用意されており、切り替えることができる。また、「全国遺跡報告総覧」には文化財に関するイベントや動画の情報も集約されている。

2 データベースの検討のための調査

2-3 先行研究についてのヒアリング調査

ヒアリング成果

■ 文化財総覧WebGISをはじめとした奈良文化財研究所のデータベースの基本的な情報について

文化財総覧WebGISは主に市民をターゲットとしたシステムであり、日本全国に47万件以上あるといわれる埋蔵文化財について知ってもらうことを主な目的としている。また、これらのデータは文化財関係者にも有用であるといえる。

データはすべてオープンデータで構成されており、文化庁や国交省、各自治体の公開しているデータを利用して構成されている。公共財である文化財について、クローズドにする必要のあるデータ（例えば個人情報など）を含む必要性は薄く、ユーザーのニーズにはないと考えられる。また税金を使って開発・運営を行っていること、所有者は文化財を公開することが文化財保護法でも求められていることから、データについてもなるべく公開する必要があるといえる。またクローズドにしなくてはならないデータが含まれると、セキュリティなどの面から管理が難しくなり、コストも跳ね上がってしまうことも踏まえると、オープンデータのみで構成することが重要である。

■ データベースやシステムの開発・運用について

1, データの収集について

全国遺跡報告総覧のデータベースについては、自治体や博物館などの公的機関、学会などにIDを付与し、WebフォームからPDFと、遺跡の位置情報を含む基本情報を登録してもらっている。情報を持っている自治体担当者や地域住民に協力してもらいやすいように、ストレスなく彼らの日常業務の中に組み込んでもらえるようなシステムを考える必要があった。

【参考資料①：「文化財総覧WebGIS：データと機能」】

奈良文化財研究所の一連のデータベース開発事業のステークホルダーは、データベースに情報を提供してくれる自治体の文化財担当者などである。そんな彼らにとっての顧客は地域の住民であるので、住民にどのようなサービスが提供できるかを重要視している。全国遺跡報告総覧の中には文化財の動画やイベント開催の情報を登録できるデータベースがあり、行政の担当者が地域住民にアピールできるようなツールを用意している。データベースへの登録に協力するかどうかはあくまで自治体の考えによるので、便利なものを提供して使ってもらうことがデータの収集へつながる。また自治体や、担当者によって異なった意識を持っており、協力的でないところももちろん多かったが、周辺の自治体が協力すると感化されて次第に協力的になるところも多かった。

また、異なったアプローチとして、事例やベストプラクティスを広めるために奈良文化財研究所で毎年研究報告書を出版している。活用事例などを積極的に紹介することで、利用の促進と発展を期待している。

【参考：奈良文化財研究所研究報告37「デジタル技術による文化財情報の記録と利活用5」】（シリーズ1～5まで公開中） <http://doi.org/10.24484/sitereports.130529>

2 データベースの検討のための調査

2-3 先行研究についてのヒアリング調査

ヒアリング成果

■ データベースやシステムの開発・運用について

2, 開発・運営のコストについて

開発にかかるコストは大きく分けて「システム開発」と、「中身のデータの費用」の2種類ある。システム開発については、必要な機能を取捨選択し、それらをいかに盛り込むかを考えた。高田氏は前職がSEのため、自らの経験からコストパフォーマンスを推測し判断することができた。その一方で、中身のデータの整備には苦戦を強いられた。特に位置情報が正確でないものが多く、クレンジングが必要だったが、エラーの法則性を見つけて修正を行い、最終的には人海戦術で手作業で確認し整備した。

高田氏は『奈良文化財研究所研究報告 第27冊 デジタル技術による文化財情報の記録と活用3 -著作権・文化財動画・GIS・三次元データ・電子公開-』にて「考古学デジタルデータのアーカイブにおけるビジネスモデル -イギリスADSの事例から-」といった論稿を発表している。これはイギリス・ヨーク大学の考古学デジタルデータアーカイブである「Archaeology Data Service」について、20年間のアーカイブ運営経験からデジタルアーカイブの費用対効果を含む可能性についての論稿を翻訳し要約したものである。アクセスが困難であった「灰色文献」をデジタルアーカイブすることによって、データの管理費の数倍のリターンが期待できると結論付けられている。

高田氏によると、奈良文化財研究所の文化財総覧WebGISにおいても費用対効果については検証したいと考えているが、現時点では人手が足らず実現していない。しかし、データベースは世界共通なのでADSのものと似た傾向になる可能性が高いといえる。

【参考資料③：「考古学デジタルデータのアーカイブにおけるビジネスモデル」】

【参考（資料③の原典）：「Twenty Years Preserving Data - A View from the United Kingdom」】<https://doi.org/10.1017/aap.2017.11>

また、文化財総覧WebGISをはじめとした各データベース、システムのランニングコストは、奈良文化財研究所の運営費から捻出されている。文化財情報研究室の活動目標は「日本中の文化財の情報を集約する」ことであるため、これらのデータベースを運営している。予算は多い方がもちろんよいが、財政状況も厳しいので、より多くの人に使うってもらうことで国民の税金を使用することへの理解を得て、予算を確保している。

しかし前提として、奈良文化財研究所では高田氏自身がSEとしてシステム管理やデータの拡充などに携わっているため、これらのデータベースにかかるコストは外部に発注する場合より抑えられている（数百万円程度）。システムの開発や保守までは手が回らないため、外部機関に委託している。

3, データベースの公開にあたって

データベースの公開にあたっては、特にクレームなどの大きな問題は起こらなかったが、自治体職員からの懸念として民間事業者などの他機関が執筆した報告書を自治体の方で提供してもよいのかという声があった。データベース（特に報告書のデータ）の公開にあたって必要となる著作権の処理については、知的財産権に詳しい弁護士の方と議論し、整理したうえでガイドラインを作成した。ガイドラインに沿った運用により、現時点で問題は生じていない。

【参考：奈良文化財研究所研究報告34「文化財と著作権」】

<http://doi.org/10.24484/sitereports.115734>

文化財総覧WebGISの開発は着手から試行版まで一年以内で進み、その後関係機関との調整やデータのチェックなどで半年、すなわち計1年半程度で公開に至った。意思決定は奈良文化財研究所内で行えばよかったため、スムーズに進んだ。

公開後はSNSでの反響が特に大きく、「自宅の近くに遺跡があった」などといった利用者の生の声が多く届けられた。

2 データベースの検討のための調査

2-3 先行研究についてのヒアリング調査

ヒアリング成果

■ 文化財総覧WebGISをはじめとしたデータベースの可能性について

1, 文化財総覧WebGISの展望

文化財総覧WebGISでは現状、遺跡（不動産）のみを対象としているが、将来的には石造物などの他種の文化財についてや、より多くの情報も含んでいく構想があり、現在機能開発中である。地方自治体では文化財担当者として、学芸員が一人しか配置されていないことも多く、民俗・無形・建造物・埋蔵文化財などすべての文化財を一人で請け負わなければならないことも多い。彼らは文化財の種別は特に区分せずに活動しているので、そのニーズに応えるためにゆくゆくはデータベースにも多種多様の文化財を盛り込み、すべての情報を集約することを考えており、そのために必要な機能開発が進められている。なお今後の展開に関するロードマップなどは特に公開されていない。

2, データベースの可能性

さらなるデータベース活用の可能性として、機能の拡張が挙げられる。

文化財のデータは画像とテキストの2つに大別することができる。このうち画像データについては、機械学習技術などを活用して、画像を自動的に分類する奈良文化財研究所独自のシステム（教師データ含む）が、科学研究費の助成を受けて開発済みである。しかし、大量の報告書（約3万件）から大量の写真（報告書1冊あたり平均100枚程度と仮定）を抽出すると仮定すると、写真が約300万件存在することになるが、それを保管するためのストレージが足りず実装に至っていない。実用化にはストレージが数十テラバイト程度クラウド上に必要だが、予算が足りず未だ実現していない。しかしストレージさえ確保できれば、機械学習を実装することができ、例えば「似ている画像検索」などのより拡張された検索ツールがすぐにでも実装できる状態にはある。

一方テキストデータについては、現在は報告書の全文検索ツールが実装されている。このツールでは、特定の単語を入力するとその語を含む報告書内の文章がヒットする。しかしこのようなテキストの検索は、単語を正確に入力する必要がある、基本的に専門用語を知っているような専門家しか使えないという側面がある。専門用語を知らなくても利用できるテキスト検索を目指して、サジェスト機能によって単語の一部などから用語を予測できるように、一定数の関連する語も登録されている。また、頻出用語のワードマップを都道府県ごとに表示し、検索できるページもある。

【参考：全国遺跡報告総覧「報告書ワードマップ」】

<https://sitereports.nabunken.go.jp/ja/visualization/term/pref/01>

テキスト検索の展望としては、先日API化されたchatGPTをはじめとしたAIの導入が考えられる。例えば、専門用語があやふやな状態でも特徴などを記した文章等を入力すれば、AIから可能性の高い答えが返ってくる、といった使い方が期待できる。しかし現時点では精度や正確性が十分ではなく、実用段階ではない。

また、文化財総覧WebGISをAPI化し、他のサービス・システムとのコラボレーションによってさらに活用方法の幅を広げることも考えられる。奈良文化財研究所内でも検討が行われたが、システムの根幹からの改修が必要なため、現段階では実現が難しく先送りとなっている。

■ 本事業への示唆

まずはすでに蓄積されているデータを整理、分析し、活用する。そのうえで足りないものがあれば追加していく。毎回新たにデータを集めていては事業が進まなくなることには注意する必要がある。

2 データベースの検討のための調査

2-4 過年度実証実施地域への追加ヒアリング調査

これまで、本事業では令和2年度及び令和3年度に伝統的建造物群保存地区を対象に実証実験を実施してきた。

■ 対象

奈良県橿原市

■ 実施概要

- ・ 第1回実証：令和3年11月
- ・ 第2回実証：令和4年1月

■ 実証実験 概要

文化財の点検に関して、スマートフォンアプリを活用し現場で簡単に点検データの登録・確認ができるような仕組みを検証。熟練技術者の「目」をAI画像解析機能に組み込み、その仕組みをアプリから簡単に利用。熟練技術者でなくても簡単に点検作業を実施できないか検証した。

■ 実証実験 結果概要

上記の実証実験の後に参加者にヒアリングを実施。アプリの使用感や業務フローへのコメントを収集し、改善点を洗い出した。その結果、スマートフォンを用いて、写真で文化財の状態を管理・点検するという本サービスの有用性を確認できた。サービスの軸は変えないまま、継続してアプリのブラッシュアップをしていく必要があると考えている。

項目/機能	有用性	詳細
スマホアプリについて		
全体	○	・ 操作性・利便性などの観点から、スマホアプリは文化財の点検業務に活用できる見込み ・ スマホアプリの動きの遅さの改善が必要
点検情報の登録 (写真による 状態管理)	○	・ 文化財保存・データ蓄積などの観点から写真で情報を管理することは重要 ・ 品質を保つために利用者にとどの程度裁量を持たせるか検討が必要 ・ 点検者の業務レベルによって変わるので、ターゲットを定めることでより有用なものになりうる
AI診断	△	・ 知識のない人が点検する場合、有効であると考えられる。知識がある点検者にはあまり有効ではない ・ AI診断を実用的なものにするには、今後も継続して診断パターンを増やす必要がある → 教師データを十分に集めることが重要
過去データ確認	○	・ 前回撮影時の条件を踏襲できるため、有用と判断 ・ 地図に表示する撮影位置・方角の精度への向上の対応は必須。現状のスマートフォンから取得できる撮影位置・方角の情報精度では、欲しいレベルの情報が得られない。 ・ 点検者が補正する仕組みなどの対策の検討が必要。
点検レポート	○	・ 担当者間の引継ぎといった観点からも有用
その他		
点検棒の利用	○	・ 高所の撮影時、撮影棒を用いた点検は有用な手段として判断 ・ 撮影棒・カメラと導入コストや、安全性の観点もあるため、簡単に導入決定はできない

2 データベースの検討のための調査

2-4 過年度実証実施地域への追加ヒアリング調査

実証実験の背景

伝統的建造物群保存地区の文化財の保守点検作業は、主任技術者やヘリテージマネージャーなどの専門家が定期的に実施・管理することが望ましいとされてきたが、年々専門家の数が減っており、人手不足から将来的に適切な時期に点検できなくなる懸念がある。そこで、その対応策として熟練技術者の「目」をDeep LearningによるAI画像解析機能に組み込み、スマートフォンアプリから利用できる仕組みを構築、点検現場で活用することで、熟練技術者でなくても簡単に点検作業を実施できるか実証実験を行った。また、スマートフォンアプリを活用して現場で簡単に点検データの登録・確認ができるようなワークフローをつくり、確実かつ標準化された点検データをシステムに登録・蓄積することを検討した。

点検は、身近なデジタルツールであるスマートフォンを活用し、文化財の撮影から劣化箇所の判定、管理者への報告までの一連の作業を行える情報共有の仕組みを構築し、実際に現場作業で利用して有用性を検証した。また、この実証実験においては、クラウド環境へのAIおよびデータベース構築、スマートフォンアプリの現場での活用も検討した。

実証実験の進め方

下記の3つのステップで実証実験を進めた。

1, 伝統的建造物群保存地区の点検作業業務フローの仮説立案

スマートフォン点検アプリを用いた際の点検作業および点検フローの仮説整理を行う

2, プロトタイプアプリケーションの提供

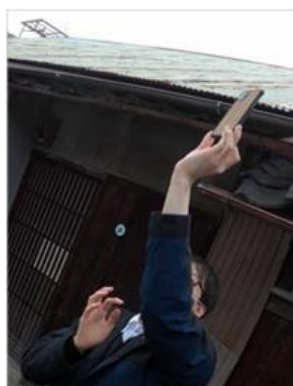
検証用プロトタイプアプリケーションを準備。事業者より提供を受けたスマートフォンを活用した。主な機能として、文化財点検状況の確認、点検箇所の確認、点検情報の登録等が行えるようにした

3, プロトタイプアプリケーションを活用した現場検証および評価

今井町の管理者（点検実施者）の方にプロトタイプアプリケーションを活用した点検業務の実証をしていただき、下記の検証を行った。

- ・サービスのユーザビリティアンケートを実施し、ユーザビリティに関する評価
- ・関係者に本事業における点検サービスの改善点に関するヒアリング
- ・改善点を洗い出し、課題を抽出

実証実験 風景



2 データベースの検討のための調査

2-4 過年度実証実験実施地域への追加ヒアリング調査

実証実験の進め方

実証実験では、アプリの利用方法について点検対象の選択、点検イベントの選択、点検設備の選択、そして点検部位の選択というフローで進めた。



2 データベースの検討のための調査

2-4 過年度実証実験実施地域への追加ヒアリング調査

コメント内容と今後の対応方針について

アプリケーションに関するコメント内容から考えた対応方針案は、下記の通りである。

■ 記録用・診断用の兼ね備えたアプリを目指す

- ・ アプリの目的として、記録用と診断用の2つの用途で使えるようにしたいという要望があったことを受けて、その実現方法を検討することとした。
- ・ 記録用であれば屋根全体を撮影する必要があるが、AIだと精度の問題で近接撮影が必要であるため、両立できるように工夫すべきだという意見があったことから、撮影方法や画像処理技術などを改善することとした。
- ・ システムの入り口としては、記録用・診断用を分けずにひとつのサービスとして利用したいというニーズも寄せられたことから、アプリ利用時の点検フローを見直しを検討することとした。

■ 撮影時の位置・方角情報を活用する

- ・ 過去写真を参考にし、撮影・点検できる機能は良いと評価されたことから、その機能を維持しながら改善することとした。
- ・ 撮影した際の方角や位置情報が記録されていれば、次に撮る時に同じ位置から写真が取得できるのでより良いだろうという提案があったことから、撮影時の情報（位置・方角）をEXIFから取得し、アプリ上やレポート上で地図上に表示するよう対応することとした。

■ 点検・撮影の難易度を考慮する

- ・ 現状では見えない箇所も点検できたら嬉しいという要望があった。
- ・ 特に高いところや狭い道などは撮影・点検しにくいことがハードルとなっている。
- ・ カーボンの棒を用いて上部から点検・撮影するアイデアもあった。

■ 写真の取得方法の整理の観点からアプリを考える

- ・ システムの改善というよりは、写真の取得方法を整理する必要があり、理想は、建造物・部位を問わずランダムに点検・撮影し、自動的にAIが撮影した建造物・部位を振り分けることではないか、との意見があった。
- ・ 一般の観光客が撮影した建造物写真もAI診断できたら良いのではないかと、との意見があった。

■ 点検管理の区分を考慮する。

- ・ 通常点検と災害時点検は分けて管理する方が良いのではないかと、との意見があった

現場から寄せられた見守りシステムへの期待は高いものだったが、技術的な実現性やコスト等は未知数であるため、今後も協議しながら見守りシステムとして目指すべきTOBEモデルを設定することが必要と考えられる。また、対象物や環境に応じて適切な撮影・点検方法を選択することで、対象とする文化財や部位分類などの一部機能を実現できる可能性はある。

2 データベースの検討のための調査

2-4 過年度実証実験実施地域への追加ヒアリング調査

今後のアプローチについて

スマートフォンアプリの業務フローの見直し、一部機能改修を実施し、第二回目の実証実験にて、改めて有用性や課題抽出を実施する。

①AI処理のフロー変更

②登録データの追加（※方位等の情報追加）

■ 第1回目実証実験時のフロー



■ 第2回目実証実験時のフロー(予定)



■ 第一回目実証実験から第二回目実証実験にかけてのフローにおける変更点

【⑤ 過去写真の確認】

表示項目の追加

- ・ 前回点検時の撮影場所・方角を地図上に表示する
→ 前回の点検方法を踏襲した点検が可能に

【⑦ 登録】

AI判定

- ・ AI判定の利用を任意にする
→ 点検者の点検スキルに応じてAI利用者の有無を選択し、時間短縮に繋げる
- ・ 撮影時点や撮影時の方角を取得し、撮影時の情報として登録する
→ 入力するのは任意の「コメント」のみになる

点検部位の選択

- ・ 撮影後の登録時に点検部位を選択する
→ 部位を気にせずに点検・撮影可に

【⑧ レポート送信・確認】

項目追加

- 過去写真と同様、撮影時の情報を地図上に表示
→ 現地で再調査する際、映像時の細かな状況を把握できる

2 データベースの検討のための調査

2-5 ヒアリング調査の概要

令和2年度及び3年度に文化庁が実施した当該調査研究に関して、見守りアプリを利用した奈良県橿原市にアンケートおよびヒアリングを実施。現状の課題と今後の見通しについて整理する場を設けた。

■ 調査対象

奈良県橿原市

■ 調査目的

過年度に見守りアプリを利用したことのある団体にユーザビリティ、機能面などのヒアリングを行うことで現状の課題抽出、ならびにデータベース構想の検討の際に押さえるべきポイントを明らかにする。

■ 調査手法

ヒアリング調査

※ ヒアリング調査の前に、事前にヒアリング項目を送付し、ヒアリング当日に回答結果を深掘りしてく形でヒアリングを進めた。

■ ヒアリング調査の流れについて

ヒアリング調査は文化庁様と調査内容を協議した上で内容を決めていくなど、有意義かつスムーズな調査が行うことができるよう下記のような流れで実施した。



■ ヒアリングの実施概要

実施日時：2月27日（月）13:00-14:00

実施方法：オンライン（zoom）

参加者（敬称略）：

- ・ 文化庁：岡本
- ・ 橿原市：山下・中川
- ・ 凸版：森、加藤、西脇、大庭、江副、橋本、一寸木、中村

■ ヒアリング内容について

ヒアリングでは「ユーザー情報」「業務内容」「見回り」「アプリ」といった観点からヒアリング項目を設定。現状、地域が抱えている課題感や今後進めていくデータベース構想の検討の際に押さえるべきポイントを整理する。

【ユーザー情報】

- ・ 使用者情報

【業務内容】

- ・ 日々の業務内容
- ・ 業務における課題感
- ・ デジタル技術で補うことができる業務

【見回り】

- ・ 見回りの頻度・体制
- ・ どのような点を確認しているか

【アプリ】

- ・ アプリの活用について
- ・ 欲しい機能や性能など

2 データベースの検討のための調査

2-5 ヒアリング調査の実施

ヒアリング調査は、下記のヒアリング票に基づき実施した。

項番	質問 カテゴリー	ヒアリング内容	回答
1	ユーザー情報	貴市の文化財部局の構成、 人数を教えてください	《魅力創造部》 ・世界遺産登録推進課 (埋蔵文化財技師 2 名、事務員 3 名) ・文化財保存活用課 (埋蔵文化財技師 6 名、事務員 2 名) ・今井町並保存整備事務所 (建築技師 1 名、土木技師 2 名、 事務員 2 名)
2	業務内容	貴市の伝建地区に限らず、 指定文化財建造物等を管理する上 で、業務上、苦勞されていること があれば教えてください	・市指定文化財建造物については 文化財保存活用課が所管しているが 建築技師がいないこともあり 管理等が難しい ・建造物等の修理・修景事業に伴う 調査記録等の整理に時間を要する ・危険性が危ぶまれる不可視部分の 状況把握
3	業務内容	苦勞されている業務について、 デジタル技術にて補うことは可能 かまた、補うことができるといわ れる業務があれば具体的にお教え いただきたい	・補うことは可能。 ・調査記録や写真等の整理機能。 ・AIシステムによる不可視部分の 状況把握
4	業務内容	文化財建造物 (特定物件及び指定文化財建造 物)を管理するために、経年劣化 等の履歴を保存しているか また、保存していれば、どのよう に保存されているか教えてください	・相談等があるなどして記録 (把握)している物件以外は、 特に記録していない

2 データベースの検討のための調査

2-5 ヒアリング調査の実施

ヒアリング調査は、下記のヒアリング票に基づき実施した。

項番	質問 カテゴリ	ヒアリング内容	回答
5	業務内容	建造物・工作物含め、定期的な維持管理・点検を行うことで修理・修繕の適正化が図られると考える文化財建造物（特定物件及び指定文化財建造物）は個人所有・市所有等あるが、定期的な維持管理・点検を行う上で、課題となるものはどのようなことが考えられるか	・ 地区内の特定物件が500件以上あり、すべてを定期的に維持管理することは難しい
6	見回り	伝建地区の見回りをされているか どの程度の頻度でされているか教えていただきたい また、伝建地区内の重文等の指定文化財建造物についてもどの程度の頻度でされているか教えていただきたい	・ 定期的には行っていないが、災害時には確認している
7	見回り	伝建地区の見回りについて、見回りを実施するのに十分な体制と考えているか、また不足している場合は、どの程度不足していると考えているか	・ 十分な体制とは言えない。 最低限、建築技師 1 名の増員が必要と思われる
8	見回り	伝建地区の見回りについて、理想的にはどの程度行うべきと考えているか	・ 毎月 1 回程度
9	見回り	伝建地区の見回りの際、どのような点を確認しているか 実際に活動のなかで、破損を発見したケースがあれば状況をお聞きしたい	・ 屋根瓦のズレや落下、土壁の剥落や漆喰壁のひび割れ等
10	見回り	見回り時にチェックするポイント、課題は何かがあるか	・ 落下物等による危険性の把握。 屋根瓦や土壁など目視でしか確認できない点
11	見回り	伝建地区の見回り実施が不十分な場合、それを補填するために工夫されていることはあるか	・ 特にないが、地区内を歩く際には周囲の建物状況に目をやりながら歩いている
12	見回り・アプリ	見回りの実施の代替として、アプリは有効と考えるか	・ アプリの機能性にもよるが、人員が削減されるうえでは有効と考える
13	見回り・アプリ	見回り時にアプリやシステムに期待することはあるか	・ 作業時間の短縮。不可視部の状況把握
14	アプリ	アプリについて、欲しい機能や性能などあればお教えいただきたい	・ 撮影した写真等の自動整理機能等。

2 データベースの検討のための調査

2-6 ヒアリング調査結果の概要

ヒアリング結果の概要は下記の通りである。

■ ユーザー情報に関して

- ・ 主に見守り活動に関与する人は町並保存整備事務所担当者が実施する。
- ・ 指定文化財は数が少なく、大半は伝統的文化財となるため、指定文化財も含めて点検を実施しており、エクセル等でデータを蓄積している。

■ 業務内容・見回りに関して

- ・ 主な業務として点検の実施が挙げられる。点検の頻度については災害時の後に一括で目視による見守りをしており、定期的の実施しているわけではない。チェックする点は主に瓦と壁。土壁は漆喰が落ちていたり、落下する恐れがある部分などをチェックしている。破損のチェックに関しては、専門知識を有する必要がある。
- ・ 点検の対象数は760件ほど。地区内を1時間ほどかけてまわる。移動は自転車を使用する。
- ・ 苦労している点として建築技師が不足している点などが挙げられる。また、調査記録などの整理に時間がかかるほか、見えない部分の状況把握にも時間を要するなど苦労している。加えて、データの管理に関して、ワード、エクセルなど媒体が担当者によって異なるため、同様のシステムで一括管理ができるとよいのではないかと考える。

■ アプリに関して

下記の業務に関して、デジタル技術による業務補助が有効であると考えられる。

- ・ 点検時に撮影した写真などの整理
- ・ 不可視部分の状況把握の効率化
 - ⇒撮影棒の使用：実証は可能であるが、時間を要する
 - ⇒ドローンの使用：民家、自治会の問題
- ・ 棄損届、補助金申請などの管理

見守りのサポートとして下記の機能がアプリに実装されると現場での維持管理業務が効率化すると考えられる。

- ・ 点検時写真の自動整理
- ・ 破損の予兆アラートなど管理者に対して注意喚起を呼びかける機能
- ・ 建造物の破損状況を平等・正確に判断できる機能

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-1 データベース構想の検討方針

令和3年度AIを利用した文化財建造物の見守りシステムの調査研究結果

文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討にあたり、これまでの調査研究の結果を踏まえて検討する必要がある。直近の調査研究の結果として、『令和3年度AIを利用した文化財建造物の見守りシステムの調査研究報告書』をインプットに令和3年度の取組内容の確認と課題の抽出を行った。

令和3年度は3つの取り組みを行っている。

1. AIが瓦葺屋根の劣化判定・生物劣化を識別できるかの検証
2. スマートフォンアプリを活用した点検作業の検証
3. AIのデータ蓄積方法の整理

取組毎に抽出した課題は下図のとおりで、特に重要と考える課題は次のとおり。

1. AIによる識別の精度向上
2. 見守りシステムとしてAIの活用方法を含めたスキームの確立（To-Beモデルの検討）
3. データ間のリレーション、キー情報を整理し正規化（To-Beデータモデルの検討）

令和3年度 取組内容	課題	
AIが瓦葺屋根の 劣化判定・生物劣化を 識別できるかの検証	教師画像になるデータが集まりにくい	画像データ不足
	劣化判断が素人では困難、専門家の指導を受けられる体制が必要	専門家の協力体制
	AIによる識別は難しいと判断（6～7割の精度） →瓦葺屋根に限定したAI検証であり、範囲が限定的かつ精度が低い	汎用的なAIは困難
スマートフォンアプリを活用した点検作業の 検証	スマートフォンアプリのターゲット決定 →有識者にはAI不要、データ入力方法は一括登録	誰が使うアプリか？が不明確
	撮影手法の決定 →スマートフォンor撮影棒+デジカメorドローン	上記ターゲットを決める要素
	見守りシステムとしてAIの活用方法を含めたスキームが確立されていない	To-Beモデルの検討
AIのデータ蓄積 方法の整理	データ間のリレーションがなく紐づかない →修理届と文化財マスタの紐づけにおいて6割の結果	To-Beデータモデルの検討
	データのユニークなキーがない、現行のデータは整理されていない（整形が必要）	
	現状、機械学習に利用するにも、データの絶対数が少なく難しい見込み	現行データの正規化

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-1 データベース構想の検討方針

株式会社文化財保存計画協会へのヒアリング

文化財の修理から環境整備、運営計画を主要な業務とし多くの文化財建造物の修理に関わる株式会社文化財保存計画協会へ文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討のためヒアリングを行い現状の把握を行った。文化財保存計画協会は文化財建造物の保存計画の手段を研究し、個々の文化財に応じた保存修理を実践する技術者集団であることから、現状の把握を行うことでデータベース化構想における課題の抽出やシステム要件を定義することができると考えた。ヒアリングに際し、『令和3年度AIを利用した文化財建造物の見守りシステムの調査研究報告書』の内容を踏まえたうえでデータベース構想の検討を行った。

文化財保存計画協会へヒアリングした結果は次のとおり。

1. 技術者が文化財建造物修理の観点で現地に赴き、修理要否の判断を行っている。
⇒ 技術者が現地で判断するため、AIによる識別・診断機能の要件は必須ではないが、技術者の点検における補助機能としてサポートが可能になる。AIによる識別の精度向上を図る場合、対象の見守り項目は屋根を優先して欲しい。
2. 現地で取得した過去の画像データや点検記録簿、修理依頼票等のテキスト資料はあるがデータベース化はされておらず、参照できる範囲も限定される。
⇒ 既データをデータベース化し、技術者が現地調査の際に参照できる様になれば点検精度の向上や効率化が期待できる。また、過去の点検記録簿や修理内容の実績から「破損の傾向と分析」、「修理計画や予防措置の立案」の仕組みができれば利用したい。

要件を整理する上で、追加でヒアリングシートを発出しており、令和5年度の要件定義期間に確認予定。

要件整理のヒアリング事項

修理技術者 による点検	点検前	・ 点検業務は何をトリガーに実施するのか ・ 連絡を受けて受動的に動くのか、能動的に予防点検として動くのか、両方かを確認したい ・ 上記のトリガーに関する関与者はいるのか ・ 能動的に動く場合、何の情報で判断するのか ・ 点検前に作成する資料や更新するデータ等はあるか
	点検時	・ 点検時に取得するデータは何か（画像データ、動画、インタビュー記録など、取得するデータ全て） ・ 温度計や測量等の量に関するデータも含まれるか ・ 点検時に持参する備品等は何か（カメラや高所確認用の脚立等、点検サポートの検討のインプットとして確認する） ・ 点検時に作成するアウトプットは何か（点検記録簿的な資料や修理依頼に関する資料等） ・ 点検時の業務関与者はいるのか
	点検後	・ 点検後の業務はあるのか（修理依頼や修理後の業務等を想定） ・ 点検後の業務に関するアウトプットはあるのか（資料や画像データ等を想定） ・ 点検後の業務関与者はいるのか

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-1 データベース構想の検討方針

文化財保存計画協会様へのヒアリング

要件整理のヒアリング事項（続き）

修理技術者 による点検	点検対象	- 修理技術者の点検の対象と点検項目は 対象：建築物、敷地、材料、環境、等 点検項目：雨漏り、破壊行為、基礎石等の破損等 - 上記、点検の対象と点検項目において頻度の高いものとその割合について
	点検時の 課題	点検業務において、課題と感じているものは何か
	過去データ	- 修理技術者の点検における過去データについて、現状の管理方法は（紙で管理されているのか、独自のシステムで管理されているのかやデータ量を確認） - 上記データは属性情報（日付や点検対象の情報、点検結果や修理依頼内容、修理結果の情報等）が定義された状態で一律同じ形式で管理されているか - 過去データをシステムに取り込む際に上記の属性情報以外に懸念される事項はあるか
ご要望の 確認	点検データの 利活用	- 点検データを文化財保存計画協会以外の関与者に提供し利用することは想定されているか - 民間活用は想定されているか
	情報 アクセス	点検業務のサポートとなるように、文化財保存計画協会様で管理されている情報やデータ以外の情報でアクセスしたい情報は
	便利機能	システム化に際しご要望はあるか（こういった機能が欲しいとか、こういうことはできないか等）

3-1 データベース構想の検討方針

文化財建造物の維持管理等データベースの検討方針

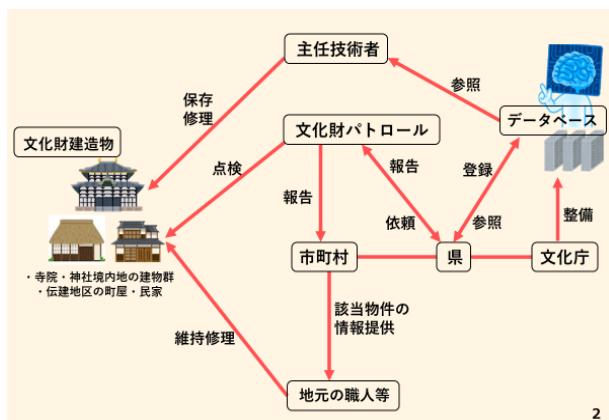
文化庁及び過年度事業関係者へのヒアリングを踏まえ、データベースの構想の検討方針を決定した。検討に際しては文化財建造物の維持管理等データベース構想の将来像のデータベース活用案と当面の案の2案を比較し、より実現性の高い案を軸に検討することとした。

将来像

将来的には主任技術者・県・文化庁が閲覧できるものとし、登録は県が窓口として行う案を検討している。

扱うデータ

- 1.破損写真（画像）
- 2.報告書（テキスト）
- 3.野帳（画像、スキャンしたもの）
- 4.3D点群（ポイントクラウド）



2

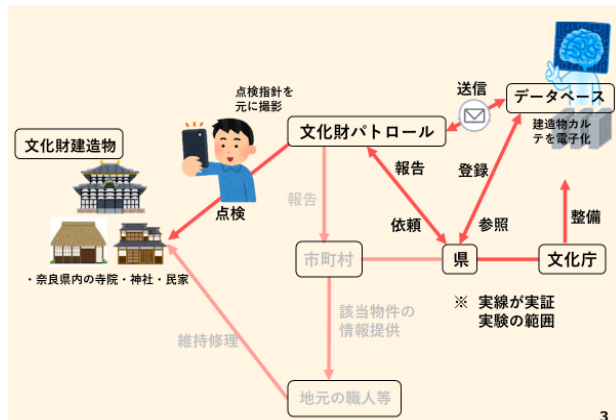
本案を軸に検討

当面の案

当面はシステムの利用者を限定し、文化財パトロールのような管理者（専門家ではない）がスマートフォン等を通じて写真をサーバに送信し、それを県が確認・登録するというテスト運用とする。

扱うデータ

- 1.破損写真（画像）
- 2.報告書（テキスト）
- 3.野帳（画像、スキャンしたもの）
- 4.3D点群（ポイントクラウド）



3

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-1 データベース構想の検討方針

データベースの開発仕様（案）

軸として検討する当面の案について、文化庁と協議の上、決定したデータベース開発の仕様（案）は次のとおり。

①目的	文化財パトロールによる破損文化財写真のデータベース化とAIによる画像識別／分類
②データベース	破損文化財写真を蓄積、主任技術者・県・文化庁が閲覧可能、登録は県が窓口（47都道府県）
③利用者	文化財パトロールの管理者がスマートフォンで写真をサーバに送信、県が確認・登録
④画面遷移	利用者に応じた画面遷移を決定
⑤インターフェース	Webアプリを開発
⑥コスト	サーバ運用費、AIでの画像識別／分類のコストを想定する
検討事項	将来に向けて、今後実際にこの事業を進める上では、報告書（テキスト）、野帳（画像、スキャンしたもの）、3D点群（ポイントクラウド）のデータの扱いについて検討が必要

当面の案と決定したデータベース開発の仕様（案）を受け、『令和3年度AIを利用した文化財建造物の見守りシステムの調査研究報告書』の課題抽出の内容や文化財保存計画協会様へヒアリングした内容との関係も踏まえ、データベース構想の検討の前提条件および、制限事項の擦り合わせを行った。ヒアリング事項は次のとおり。

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-1 データベース構想の検討方針

データベースの開発仕様（案）

見積りの前提条件についてのヒアリング事項

目的	文化財パトロールによる破損文化財写真のデータベース化とAIによる画像識別／分類	・ テスト運用（実証実験）という位置づけでよいのか、実運用ベースで見積もるのか ・ AIによる画像識別は令和3年度の検証結果を踏まえ、期待値を確認したい ・ 分類の定義を確認したい
データベース	破損文化財写真を蓄積、主任技術者・県・文化庁が閲覧可能、登録は県が窓口（47都道府県）	・ テスト運用（実証実験）という位置づけの場合、47都道府県を対象とするか ・ 破損写真（画像）のデータ量（年間のデータ量と試算期間の確認） ・ 過去データの移行の要否（令和3年度の検証結果より課題あり）
利用者	文化財パトロールの管理者がスマートフォンで写真をサーバに送信、県が確認・登録	・ 文化財パトロール管理者及び窓口（47都道府県）の利用者をシステムに登録し、権限情報を設定することによりか ・ 利用者の管理（システム登録）は文化庁がするのか ・ 認証に関する条件の確認（他システムやサービスとの認証連携機能・シングルサインオン、多要素認証機能） ・ モバイル端末やデータベースにアクセスする端末管理機能は必要か
画面遷移	利用者に応じた画面遷移を決定	・ 画面遷移と画面（機能）の定義をする一方、「破損の傾向と分析」「修理計画や予防措置の立案」といったバッチ処理は不要でよいのか
インターフェース	Webアプリを開発	・ 開発フレームワークの指定があるか ・ 他のシステムとの連携は不要でよいのか
コスト	サーバ運用費、AIでの画像識別／分類のコストを想定する	・ DR環境は不要と理解したが、サーバ・DB・ネットワーク機器の冗長構成も不要か ・ 運用費は何年間で見積もるか ・ 情報漏洩対策やセキュリティ対策、ログ収集・管理、監視機能と運用監視は必要か ・ 「防災に活用できるデータの絞り込みは今後進める」の費用も見積り対象か

ヒアリングにより確認できた前提条件および、制限事項は「3-3 検討にあたっての前提条件・制限事項」に記す。

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-1 データベース構想の検討方針

まとめ

文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討として、大きく3つの観点から検討を進めた。

- ・ 令和3年度AIを利用した文化財建造物の見守りシステムの調査研究結果
- ・ 文化財保存計画協会へのヒアリング

データベース構想として、次年度以降にシステム化実装する範囲は、「当面の案」として設定した【文化財パトロールによる破損文化財写真のデータベース化とAIによる画像識別／分類】とする。これは、令和3年度AIを利用した文化財建造物の見守りシステムの調査研究結果の課題抽出した内容へのアクションとも一致する。

令和3年度 取組内容	課題		次年度以降取組方針（案）
AIが瓦葺屋根の劣化判定・生物劣化を識別できるかの検証	教師画像になるデータが集まりにくい	画像データ不足	画像収集の仕組み作りに優先的に取り組み、様々なバリエーションの画像を集め学習する
	劣化判断が素人では困難、専門家の指導を受けられる体制が必要	専門家の協力体制	専門家とのコラボレーション体制の構築
	AIによる識別は難しいと判断（6～7割の精度） →瓦葺屋根に限定したAI検証であり、範囲が限定的かつ精度が低い	汎用的なAIは困難	瓦葺屋根以外の項目のAIによる識別の検証に取り組む
スマートフォンアプリを活用した点検作業の検証	スマートフォンアプリのターゲット決定 →有識者にはAI不要、データ入力方法は一括登録	誰が使うアプリか？が不明確	点検作業におけるシステム化範囲の策定（見守り対象の項目と取得するデータの定義）とアプリケーションの要件定義・設計
	撮影手法の決定 →スマートフォンor撮影棒+デジカメorドローン	上記ターゲットを決める要素	対象別に写真の取得方法を整理
	見守りシステムとしてAIの活用方法を含めたスキームが確立されていない	To-Beモデルの検討	見守りシステムとしてのTo-Beモデルの設定の精緻化とシステムを使った点検作業のフローの策定（点検作業フロー、業務関係者と役割、扱う情報、情報の管理方法の整理）

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-1 データベース構想の検討方針

まとめ

令和3年度 取組内容	課題		次年度以降取組方針（案）
AIのデータ蓄積方法 の整理	データ間のリレーションがなく 紐づかない →修理届と文化財マスタの 紐づけにおいて6割の結果	To-Beデー タモデルの 検討	データ整備の推進：蓄積方 針の策定の精緻化 （システムで扱うデータをエン ティティレベルで整理、ER図の 策定）
	データのユニークなキーがな い、現行のデータは整理され ていない（整形が必要）	現行デー タの正規化	蓄積方針の策定後に現行デー タの正規化作業の検討と作業 実施
	現状、機械学習に利用する にも、データの絶対数が少な く難しい見込み		

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-1 データベース構想の検討方針

まとめ

システム化実装の範囲とする「当面の案」として提示された【文化財パトロールによる破損文化財写真のデータベース化とAIによる画像識別／分類】に求められる機能要件は大きく次の3つに大別される。

- ・ AIモデル構築
- ・ 文化財パトロール
- ・ 文化財の修理計画

それぞれの機能概要と機能説明は「3-2 機能一覧」にて示す。

また、文化財保存計画協会へのヒアリングで挙げたシステム化要件①AIによる識別・診断機能の要件は必須ではないが、技術者の点検における補助機能としてサポートが可能になる、AIによる識別の精度向上を図る場合、対象の見守り項目は屋根を優先して欲しい、②既データをデータベース化し、技術者が現地調査の際に参照できるようになれば点検精度の向上や効率化が期待できる、③過去の点検記録簿や修理内容の実績から「破損の傾向と分析」、「修理計画や予防措置の立案」の仕組みができれば利用したい、についても【文化財パトロールによる破損文化財写真のデータベース化とAIによる画像識別／分類】のデータベース構想として取り入れて検討する。①～③いずれも文化財パトロールの機能を利用して運用可能なものである。

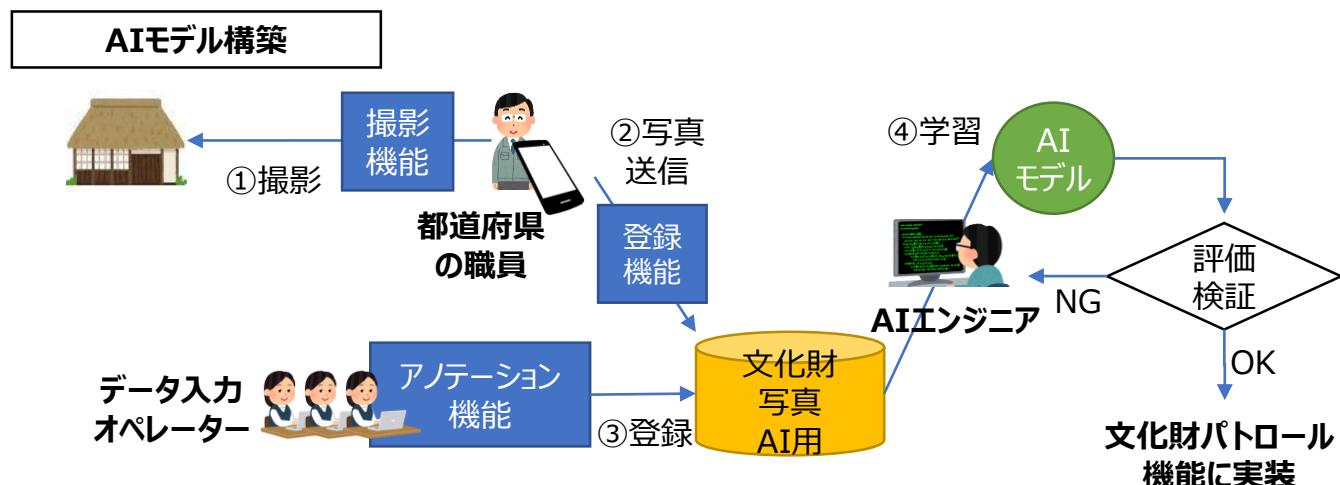
データベース構想の検討方針は以上となるが、提案にあたり「3-2 機能一覧」および、「3-5 概算コスト試算」でも示すとおり、いくつかの機能や作業はオプションとして提案させていただいている。全ての要件に対応する場合の概算コスト試算では予算を超えると想定されることから、費用対効果を考慮しオプション分の機能・作業について優先度を付けて可否を判断していただき最終的な要件とする。

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-2 機能一覧

AIモデル構築

瓦葺屋根以外の見守り項目を選定し、AIが劣化判定・生物劣化を識別できるかの検証を行うために必要な機能を定義する。評価検証の結果、運用に実装できると判断した場合は文化財パトロールのAIによる識別・分類機能に実装する。（識別・分類機能は文化財パトロールの機能一覧にて定義）



No	機能名	分類	機能説明	処理区分
1★	撮影機能	オンライン モバイル	- AIモデル構築用の専用アプリ - 文化財の画像データの撮影を行いアプリ内保存ファイルとして管理	入力・参照
2★	登録機能	オンライン モバイル	- AIモデル構築用の専用アプリ - 日付、文化財名称、見守り項目等の属性情報の入力 - データベース登録ステータス（未登録・登録済・キャンセル）を管理 - データベース登録	入力・参照
3★	アノテーション機能	オンライン 画面	- 教師データ作成用に画像のアノテーション（情報の付加）を行う - 物体検出、領域抽出、画像分類の3つの分類	入力・参照 検索
4★	学習機能	オンライン 画面	- 文化財パトロールでの実装を想定し、オンライン予測のAIモデルを構築 - AIによる識別・分類の学習	出力

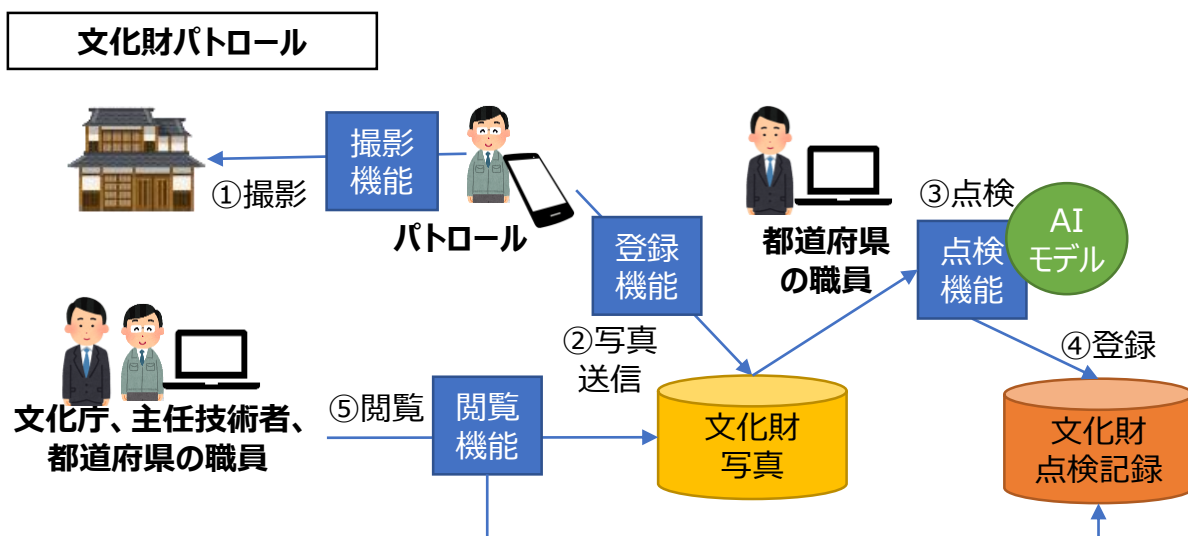
★オプション機能：AIによる精度は担保されないため、費用対効果による判断としオプションとして提案

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-2 機能一覧

文化財パトロール

文化財パトロールのような管理者（専門家ではない）がスマートフォン等を通じて写真をサーバに送信し、それを県が確認・登録するというテスト運用のための機能を定義する。破損文化財写真をデータベースに蓄積し、県職員が点検結果を点検記録としてデータベースに登録する。点検においてはAI機能を用いた識別・分類機能を活用する。文化庁、主任技術者、都道府県職員は文化財写真データおよび、文化財点検記録の閲覧ができる。



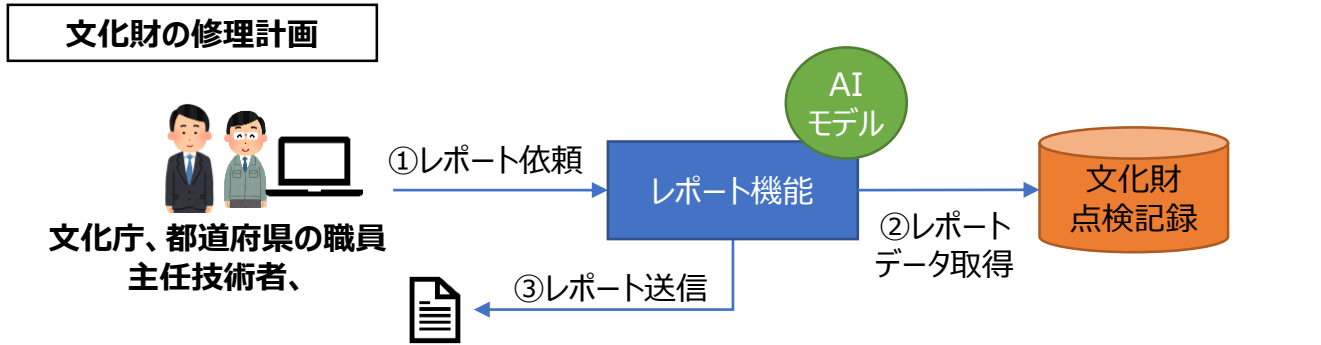
No	機能名	分類	機能説明	処理区分
1	撮影機能	オンライン モバイル	- 文化財パトロール用の専用アプリ - 文化財の画像データの撮影を行いアプリ内保存ファイルとして管理	入力・参照
2	登録機能	オンライン モバイル	- 文化財パトロール用の専用アプリ - 日付、文化財名称、見守り項目等の属性情報の入力 - データベース登録ステータス（未登録・登録済・キャンセル）を管理 - データベース登録	入力・参照
3★	点検機能	オンライン 画面	- 点検結果未登録の文化財画像データの抽出、参照、検察 - 点検結果未登録の文化財画像データの点検結果の登録 - 点検結果の登録において、AI機能を用いた識別・分類機能を活用	入力・参照 検索・出力
4	閲覧機能	オンライン 画面	文化財写真データおよび、文化財点検記録の検索と参照	参照・検索

★オプション機能：点検結果の登録において、AI機能を用いた識別・分類機能は、費用対効果による判断としオプションとして提案

3-2 機能一覧

文化財の修理計画

文化財の修理計画を立案するため、点検記録のデータから修理計画の抽出条件に合致したデータを抽出しレポートとして出力する。レポートの出力形式はCSV形式でのファイル出力を想定している。また、AI機能を活用した「破損の傾向と分析」や「修理計画や予防措置の立案」については、AIモデルの構築が必要であり優先度の観点から今回はオプション機能として提案する。



No	機能名	分類	機能説明	処理区分
1★	レポート機能	オンライン画面	- 修理計画の条件を画面より入力 - 画面で指定した条件で文化財点検記録データを抽出 - 抽出されたデータをCSV形式でファイル出力 - 画面から抽出のリクエストがあった際、処理は他のオンライン処理に影響しないようにオンラインバッチ形式で処理	入力・出力

★オプション機能：レポート機能は、費用対効果による判断としオプションとして提案

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-3 検討にあたっての前提条件・制限事項

前提条件

1. AIモデル構築
 - AIで識別・分類する文化財建造物等の見守り項目は屋根等に限定し、AIモデル構築の検証を行う
 - 令和3年度にも瓦葺屋根の劣化判定・生物劣化を識別できるかの検証を実施しており、そこでの課題に対応して引き続き瓦葺屋根でAIモデルを構築するか、別の見守り項目で検証するかは今後協議とする
 - 「分類」の定義は修理要否ではなく、異常有無の分類であり最終的には専門家の判断とする
 - 「専門家とのコラボレーション体制の構築」は本提案ではなく、今後の本格対応に向けた対応とする
 - AIモデル構築は検証が目的であり、精度を担保するものではない
 - AIモデルを構築し識別・分類の検証を繰り返して行うが今回の提案は3回のサイクルとする
2. 文化財パトロール
 - テスト運用（実証実験）の位置づけであり、実運用に向けたシステム化ではない
 - 文化財パトロールは新たな取組であり、システム化に際し現行データの移行は必要ない
 - 文化財保存計画協会の修理技術者による点検では現地で取得した過去の画像データや点検記録簿、修理依頼票等の様なテキスト資料があり、現行データの移行が必要である
3. 文化財の修理計画
 - AIモデル構築を必要とする「破損の傾向と分析」や「修理計画や予防措置の立案」のレポート出力機能は、文化財建造物等の見守り項目を屋根等に限定してAIモデルを構築するのを優先するため、本提案では実装せず今後の本格対応に向けた対応とする
4. データベース構想（システム面）
 - テスト運用（実証実験）は文化庁が主管で実施し、弊社は業務保守および、運用保守を担う
 - 環境は検証環境1面のみとし、開発環境や本番環境は構築しない
 - Cloudに環境を構築する（提案はAWS Cloudとする）
 - 認証に関して、他システムやサービスとの認証連携機能・シングルサインオン、多要素認証機能は設けない
 - モバイル端末やデータベースにアクセスする端末管理機能（MDM）は設けない
 - 情報漏洩対策やセキュリティ対策、ログ収集・管理、監視機能と運用監視は設けない
 - 開発フレームワークの指定はなくオープン技術での開発とする
 - 他システムとの連携は不要である
 - サーバやDB、ネットワーク機器等のハード構成は冗長化はしない
 - DR環境は設けない
 - データバックアップは共有ストレージ（S3）に保管する
 - 運用費用は5ヶ年で概算する

■ 制限事項

- テスト運用（実証実験）に参画する都道府県は奈良県に限定する
- 利用者の管理（システム登録）は文化庁が実施する（ID/Active Directory管理）
- 利用者のシステム登録専用画面は設けない

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

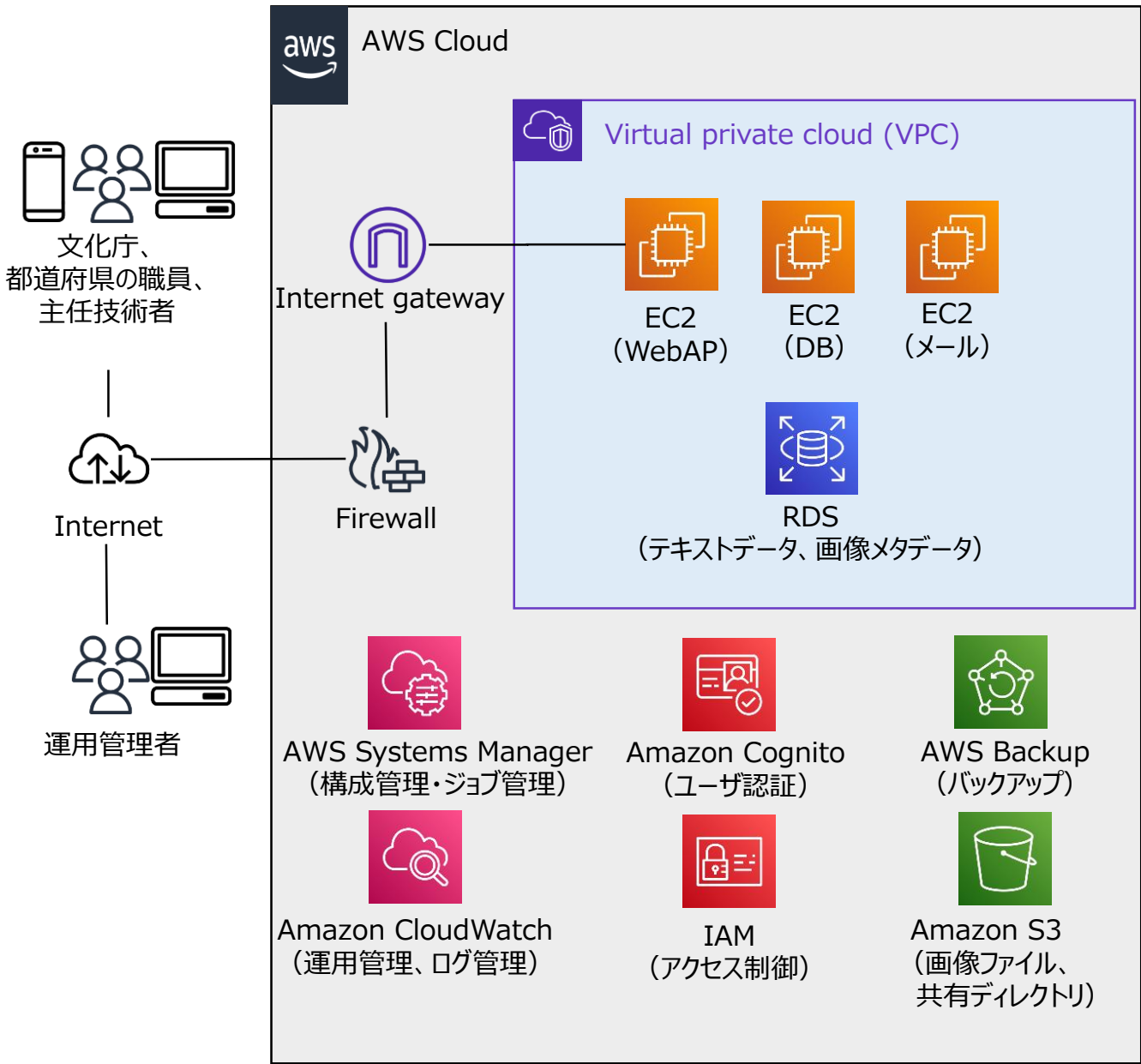
3-4 システムの全体像

AWS Cloudを利用したシステム構成

システム構築はAWS Cloudの採用を提案する。Cloudのメリットを活かし、短期間に環境構築し、データ容量は必要に応じて柔軟に拡張することでコスト最適化を図る。環境は検証用環境のみで構成し冗長構成はとらずシングル構成とする。

利用者はモバイル端末または、パソコンからインターネットを介してシステムにアクセスする。
Cloud内の主なサービスは次のとおり。

- EC2：仮想サーバとしてWebAPサーバ、DBサーバ、メールサーバで構成
- RDS：データベースとしてテキストデータと画像データのメタデータを保存
- S3：共有ディレクトリとして画像データを保存（その他、共有ファイルを保存）

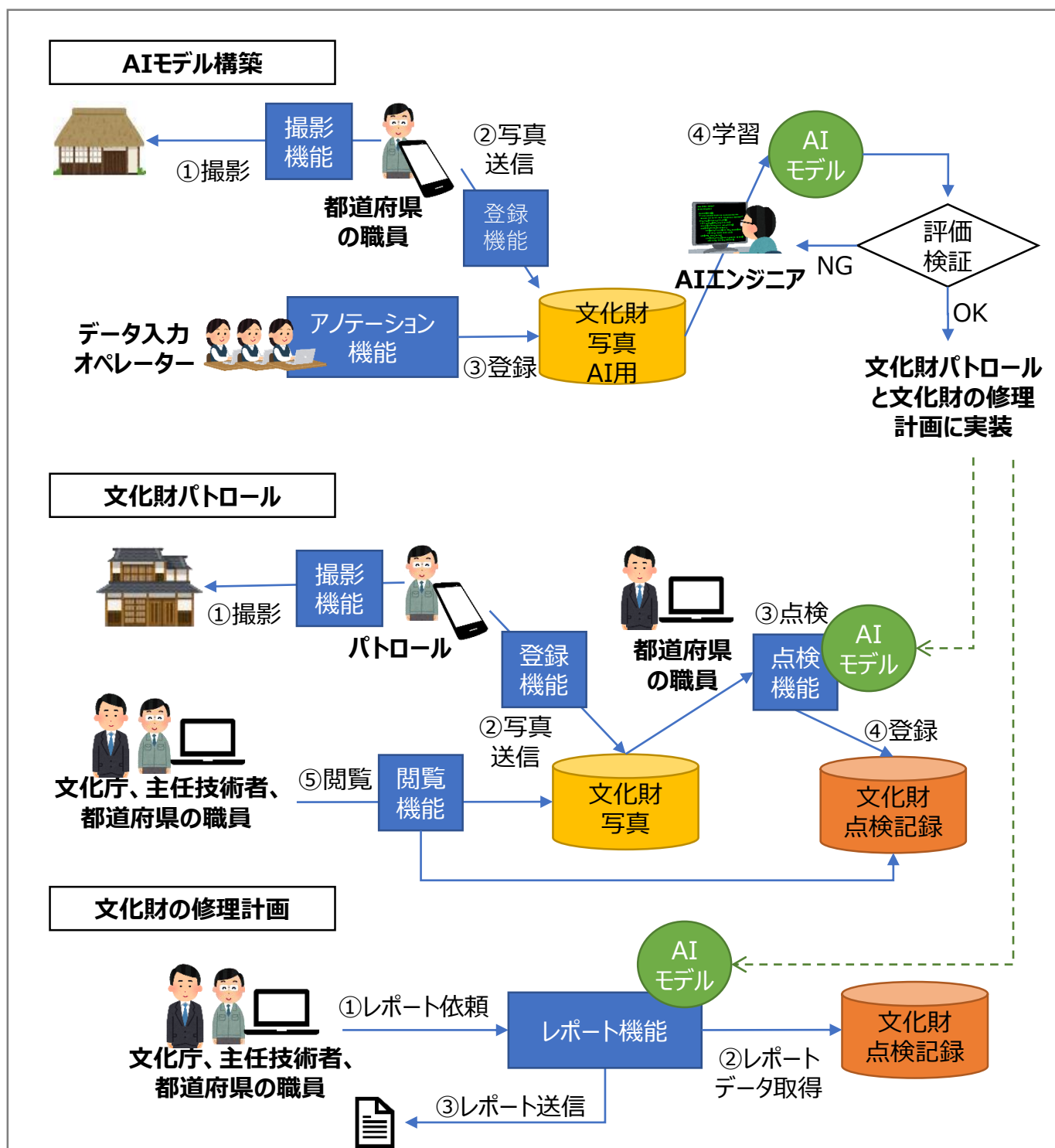


3-5 コスト試算について

コスト試算にあたっての考え方

「4-2 機能一覧」で定義した機能をすべて開発した場合と最低限の機能を開発した場合の2パターンにわけて試算する。

パターン1 すべての機能を開発する

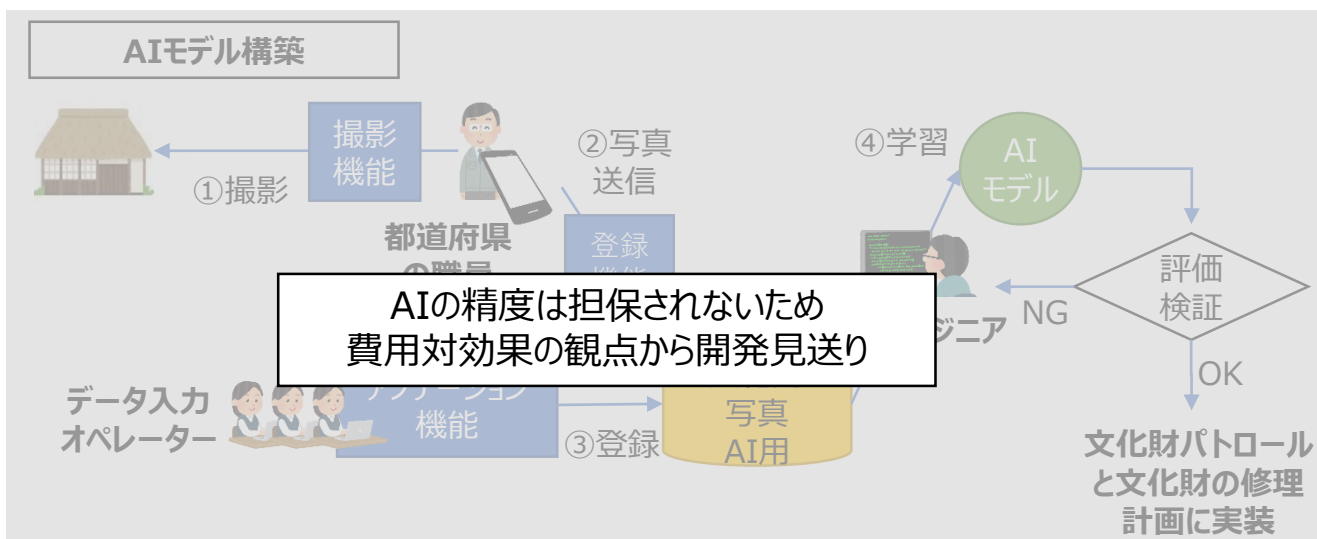


3-5 コスト試算について

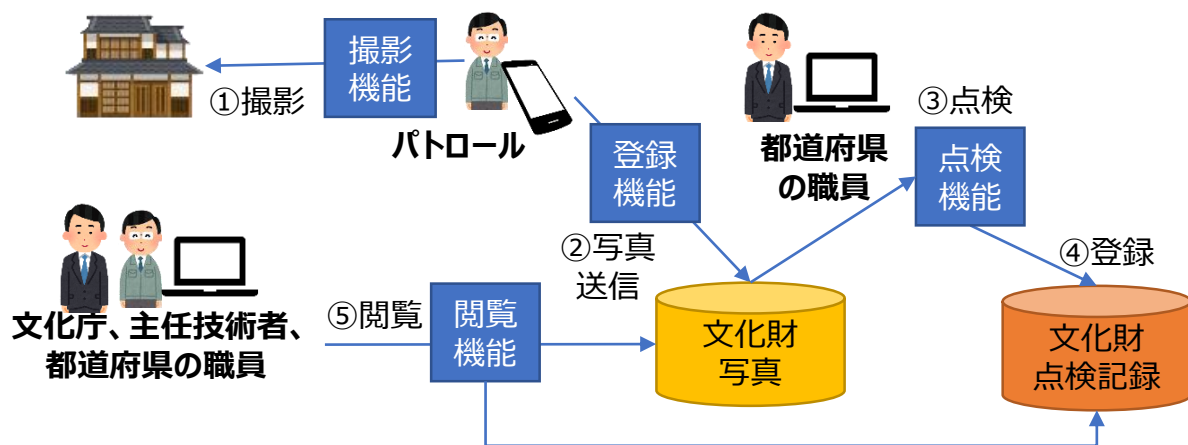
コスト試算にあたっての考え方

「4-2 機能一覧」で定義した機能をすべて開発した場合と最低限の機能を開発した場合の2パターンにわけて試算する。

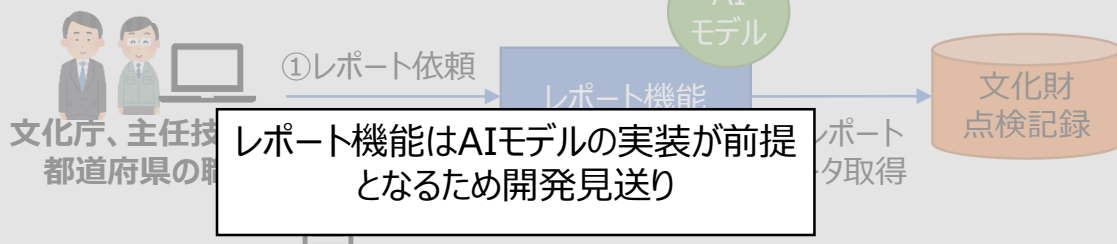
パターン2 一部の機能のみ開発する



文化財パトロール



文化財の修理計画



3

文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-5

コスト試算について

コスト試算にあたっての考え方（続き）

「4-2 機能一覧」で定義した機能開発のコストに加え、開発に付随する管理や要件定義（※1）、検証作業、移行作業等のコストについてもあわせて概算を試算する。

※1 要件定義の内訳	
①	見守りシステムとしてのTo-Beモデルの設定
②	システムを使った点検作業のフローの策定 （文化財パトロールの作業フロー、業務関与者と役割、扱う情報、情報の管理方法の整理）
③	データ整備の推進：蓄積方針の策定と精緻化 （システムで扱うデータをエンティティレベルで整理、ER図の策定）
④	「防災に活用できるデータの絞り込み」における要件定義
⑤	実証実験およびテスト運用後の本格稼働向けの要件定義

各工程におけるエンジニアの単価は、下記のように設定。市場平均の単価として設定した。

設計工程	1,500千円	要件定義工程	1,500千円
製造・テスト工程	1,200千円	AI検証工程	1,500千円

パターン1

すべての機能を開発する

イニシャル

AIモデル構築					
機能名／作業名		補足・備考	開発工数 （人月）	作業工数 （人月）	費用 （千円・税抜）
大分類	小分類				
AIモデル構築	撮影機能	・AIモデル構築用の専用アプリ ・文化財の画像データの撮影を行いアプリ内保存ファイルとして管理	1.0	-	1,275
	登録機能	・AIモデル構築用の専用アプリ ・日付、文化財名称、見守り項目等の属性情報の入力 ・データベース登録ステータス（未登録・登録済・キャンセル）を管理 ・データベース登録	2.0	-	2,550
	アノテーション機能	・教師データ作成用に画像のアノテーション（情報の付加）を行う ・物体検出、領域抽出、画像分類の3つの分類	2.0	-	2,550
	学習機能	・文化財パトロールでの実装を想定し、オンライン予測のAIモデルを構築 ・AIによる識別・分類の学習	8.0	-	10,200
	AIモデル検証作業	・AIモデル構築～検証を3サイクル実施	-	15.0	22,500
プロジェクトマネジメント		・上記に関するQC管理を実施	-	4.2	6,300
一般管理費		・上記総額の約10%	-	-	4,600
				小計	49,975

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-5 コスト試算について

パターン1 すべての機能を開発する イニシャル（続き）

文化財パトロール		+	文化財の修理計画		
機能名／作業名		補足・備考	開発工数 (人月)	作業工数 (人月)	費用 (千円・税抜)
大分類	小分類				
要件定義	要件定義①	・To-Beモデルの設定	-	1.0	1,500
	要件定義②	・点検作業のフロー策定	-	1.0	1,500
	要件定義③	・データ蓄積方針の策定	-	1.0	1,500
	要件定義④	・防災に活用できるデータの策定	-	2.0	3,000
	要件定義⑤	・本格稼働に向けた要件定義	-	5.0	7,500
文化財パトロール	撮影機能	・文化財パトロール用の専用アプリ ・文化財の画像データの撮影を行いアプリ内保存ファイルとして管理	1.0	-	1,275
	登録機能	・文化財パトロール用の専用の専用アプリ ・日付、文化財名称、見守り項目等の属性情報の入力 ・データベース登録ステータス（未登録・登録済・キャンセル）を管理 ・データベース登録	2.0	-	2,550
	点検機能(AIあり)	・点検結果未登録の文化財画像データの抽出、参照、検索 ・点検結果未登録の文化財画像データの点検結果の登録 ・点検結果の登録において、AI機能を用いた識別・分類機能を活用	4.0	-	5,100
	閲覧機能	・文化財写真データおよび、文化財点検記録の検索と参照	2.0	-	2,550
文化財の修理計画	レポート機能	・修理計画の条件を画面より入力 ・画面で指定した条件で文化財点検記録データを抽出 ・抽出されたデータをCSV形式でファイル出力 ・画面から抽出のリクエストがあった際、処理は他のオンライン処理に影響しない様にオンラインバッチ形式で処理	4.0		5,100
現行データ整備	正規化作業	・現行の画像データやテキストデータの正規化を実施	-	10.0	15,000
	移行作業	・現行の画像データやテキストデータの移行を実施	-	20.0	30,000
環境構築	クラウド設計・構築	・AWS Cloudの設計及び構築	-	5.0	7,500
プロジェクトマネジメント		・上記に関するQC管理を実施	-	8.7	13,050
一般管理費(10%)		・上記総額の10%	-	-	7,000
				小計	104,125

パターン1 すべての機能を開発する ランニング

機能名／作業名		補足・備考	開発工数 (人月)	作業工数 (人月)	費用 (千円・税抜)
大分類	小分類				
保守・運用	Cloud利用料	・5年間分で試算 ・1\$ = 134円換算	-	-	8,672
	システム運用保守	・5年間分で試算	-	30.0	45,000
プロジェクトマネジメント		・上記に関するQC管理を実施	-	6.0	9,000
一般管理費(10%)		・上記総額の10%	-	-	6,300
				小計	68,972

3 文化財建造物の維持管理等データベース構想の検討

3-5 コスト試算について

パターン2 一部の機能のみ開発する イニシャル

文化財パトロール

機能名／作業名		補足・備考	開発工数 (人月)	作業工数 (人月)	費用 (千円・税抜)
大分類	小分類				
要件定義	要件定義①	・To-Beモデルの設定	-	1.0	1,500
	要件定義②	・点検作業のフロー策定	-	1.0	1,500
	要件定義③	・データ蓄積方針の策定	-	1.0	1,500
文化財パトロール	撮影機能	・文化財パトロール用の専用アプリ ・文化財の画像データの撮影を行いアプリ内保存ファイルとして管理	1.0	-	1,275
	登録機能	・文化財パトロール用の専用の専用アプリ ・日付、文化財名称、見守り項目等の属性情報の入力 ・データベース登録ステータス（未登録・登録済・キャンセル）を管理 ・データベース登録	2.0	-	2,550
	点検機能(AIなし)	・点検結果未登録の文化財画像データの抽出、参照、検索 ・点検結果未登録の文化財画像データの点検結果の登録	2.0	-	2,550
	閲覧機能	・文化財写真データおよび、文化財点検記録の検索と参照	2.0	-	2,550
環境構築	クラウド環境設計・構築	・AWS Cloudの設計及び構築	-	5.0	7,500
プロジェクトマネジメント		・上記に関するQCD管理を実施	-	2.3	3,375
一般管理費(10%)		・上記総額の約10%	-	-	2,000
				小計	26,300

パターン2 一部の機能のみ開発する ランニング

機能名／作業名		補足・備考	開発工数 (人月)	作業工数 (人月)	費用 (千円・税抜)
大分類	小分類				
保守・運用	Cloud利用料	・5年間分で試算 ・1\$ = 134円換算	-	-	8,672
	システム運用保守	・5年間分で試算	-	5.0	7,500
プロジェクトマネジメント		・上記に関するQCD管理を実施	-	1.0	1,500
一般管理費(10%)		・上記総額の10%	-	-	1,800
				小計	19,472

3-5 コスト試算について

コスト比較

パターン 1 すべての機能を開発した場合とパターン 2 一部の機能のみ開発した場合の概算コスト総合計の結果を以下に記す。

単位：千円

		パターン 1 すべての機能を開発	パターン 2 一部の機能のみ開発
イニシャル	AIモデル構築	49,975	-
	文化財パトロール + 文化財の修理計画	104,125	-
	文化財パトロール	-	26,300
ランニング（5年）		68,972	19,472
総合計（税抜）		223,072（千円）	46,042（千円）