

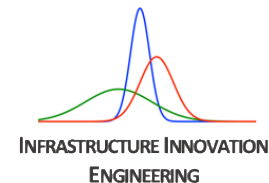
市民参加型の橋梁点検および 意思決定に向けた検討

京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 ○村尾 彩希

京都大学大学院工学研究科 金 哲佑

パシフィックコンサルタンツ株式会社 谷 直彦

京都大学

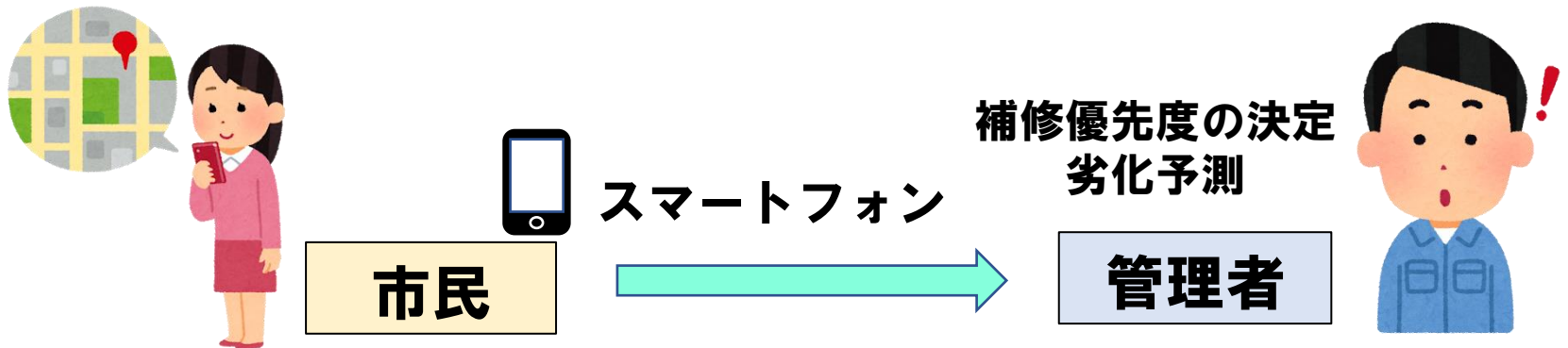


目次

- **研究背景、研究目的**
- **システムの概要**
- **画像による状態把握**
- **記述からの状態把握**
- **技術者と市民の意思決定**
- **結論**

研究背景

- 日本の橋梁の半数が建設後50年を迎えようとしている。
- 5年に一度、近接目視での定期点検が義務付けられている。
→定期点検を行わない5年の間に急速に劣化が進む橋梁が現れる可能性
- 5年の間を補完する点検が必要ではないか？
→橋などの社会基盤施設を利用する市民がスマートフォンのアプリケーションを用いて見守る仕組みを検討する



研究目的

目的

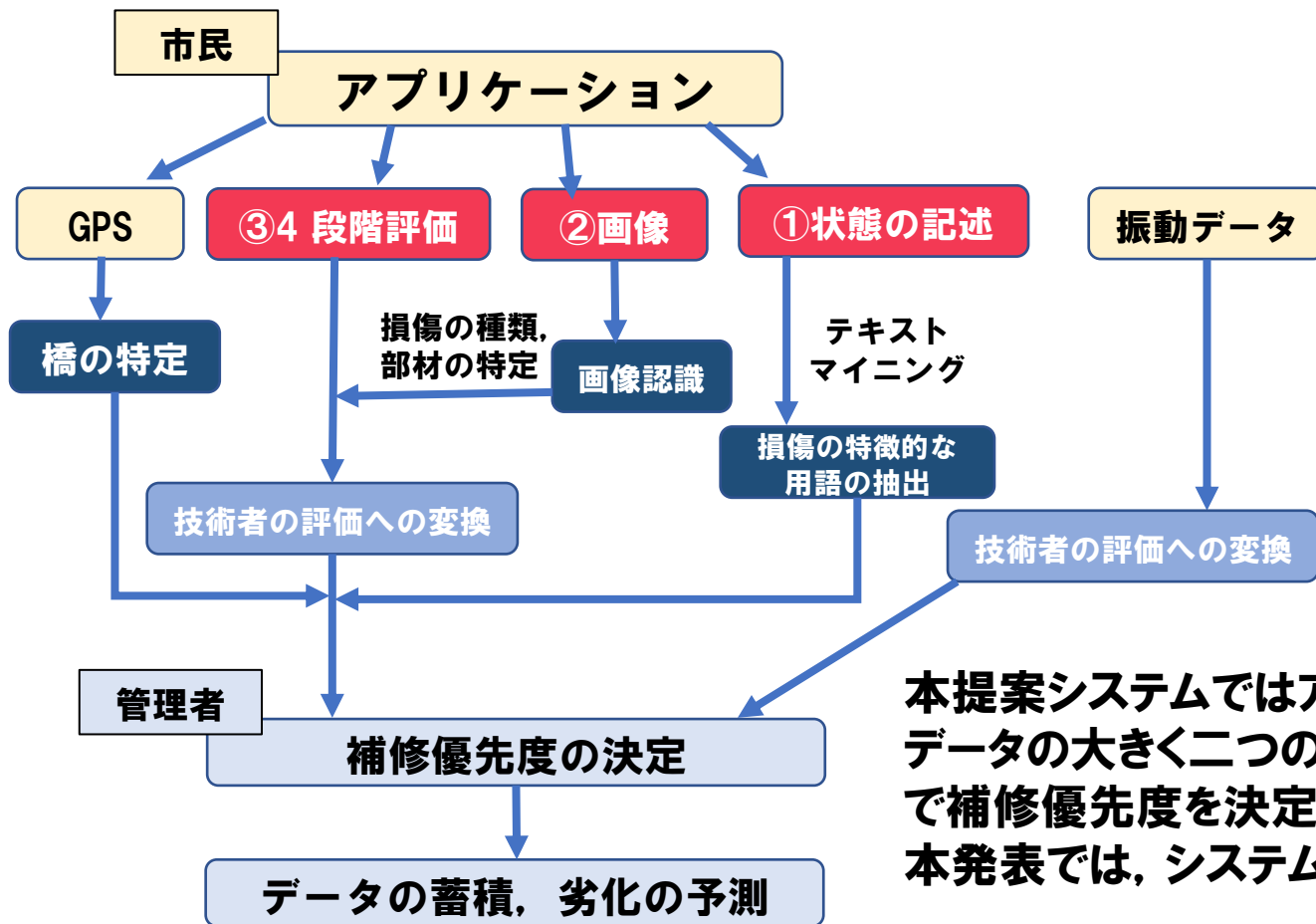
- **市民が維持管理に参画し，社会基盤構造物の目視点検を行わない期間の効率的なメンテナンスを支援する方法の検討**

研究内容

橋梁を対象とする

- **アプリケーションで収集する情報の検討**
- **収集した情報から複合的に損傷の劣化進行を予測する仕組みの検討**

システムの概要



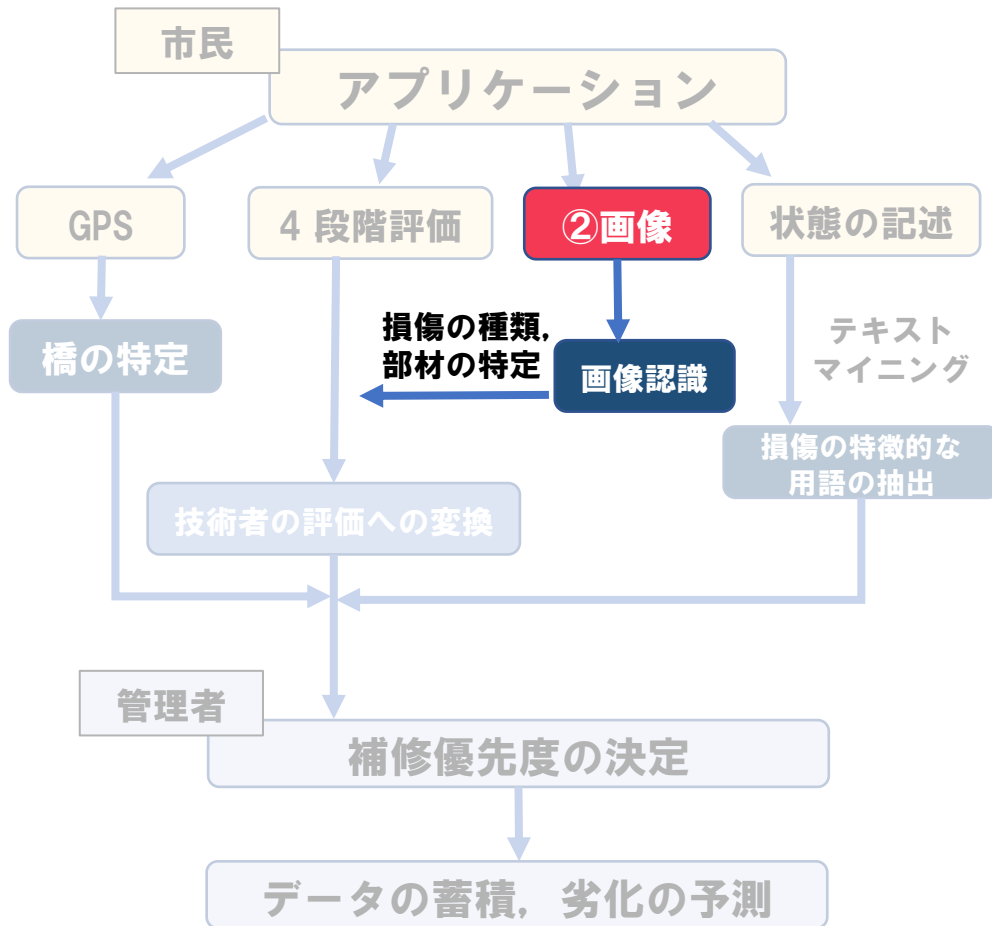
本提案システムではアプリケーションと振動データの大きく二つのアプローチを複合することで補修優先度を決定することを想定している。本発表では、システム中の、

②画像 の検討結果の概要および

①状態の記述

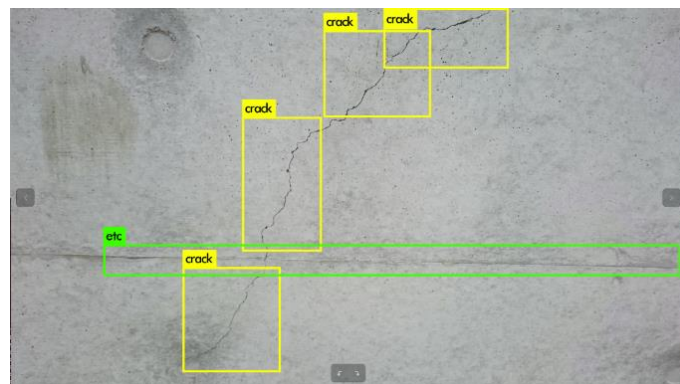
③市民の損傷に対する4段階評価、
についての手法の発表を行う。

画像による損傷把握

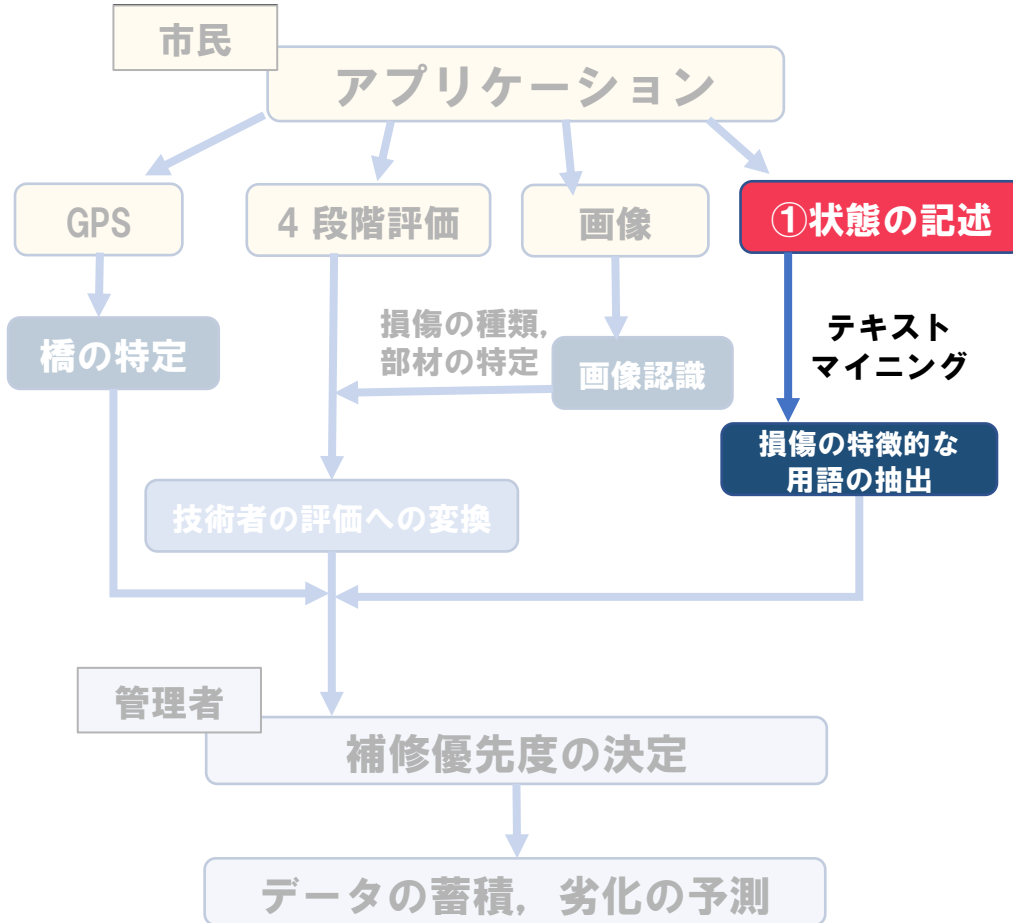


画像による損傷形態把握

- 処理速度が高速かつ高精度の深層学習を用いた画像認識システム「YOLO (You Only Look Once)」によりひび割れを学習
- 概ねひび割れの発生箇所の同定が可能。
- 異なる複数の損傷形態を検出可能。
- 本研究でのひび割れ発生箇所の検出精度は6割程度である。
- 学習データが増えれば精度改善が見込める



記述からの状態把握



記述からの状態把握

・複数の橋梁に関する多くの自由記述の文章から補修優先度を決定することを想定

・テキストマイニングを用いる自由記述による損傷状態の報告から、健全度判断に関わる用語を抽出し、各橋梁の損傷の特徴を抽出する

記述からの状態把握

記述での損傷状態報告は、一つの項目でありながら多くの情報を得られる可能性があり、補修優先度決定に用いることは有用性が高い
市民が橋梁の損傷状態を表現する「言葉」に着目し、言葉からどのような情報が得られるのかについて検討

・ テキストマイニング

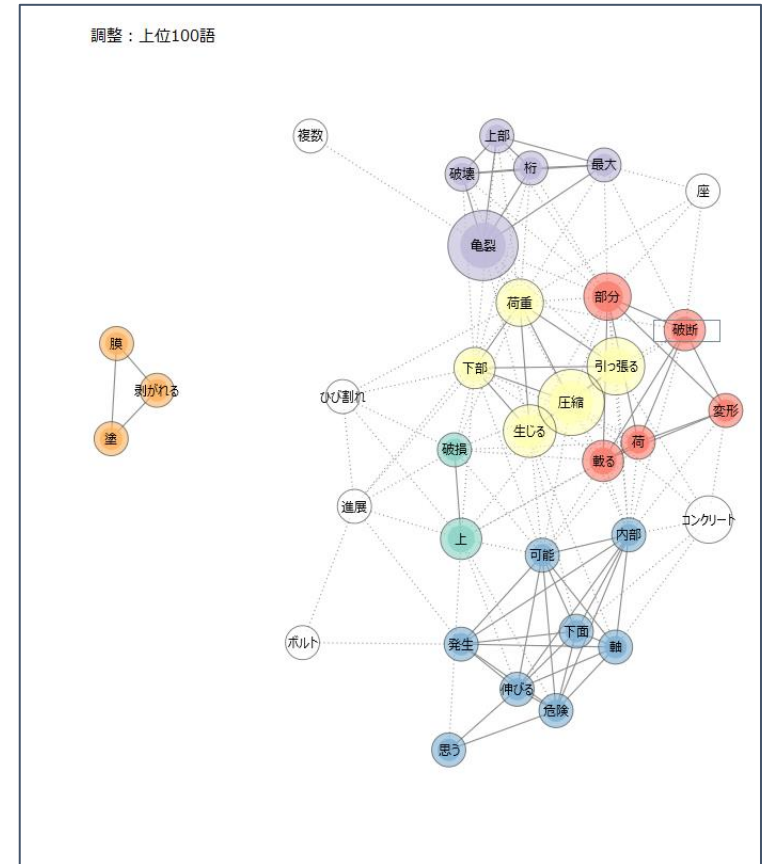
文章中から自動的に言葉が取り出され、様々な統計手法を用いた探索的な分析が行われる

・使用した手法:KH Coder

インターネット上でフリーソフトウェアとして公開されているテキストマイニング手法。様々な視覚的分析手法が可能。

本研究では主に共起ネットワークを用いた

- ・円の大きさ = 単語の出現数
- ・出現パターンの似たものを線で結ぶ。似ているほど太い線で表される。
- ・同じ色で表されているものはネットワーク上の結びつきがある
- ・配置や色の類似に意味はない



共起ネットワークの例

記述からの状態把握

実験内容

- 実橋梁の写真を用い、アプリケーションを模した紙面でのアンケートを行った
- 対象: 京都大学工学研究科社会基盤工学専攻の研究室に所属する学生13人

• 回答内容



Q1.「損傷は橋梁のどの部分ですか」

Q2.「その損傷は、どの程度ですか」

(実際の写真: 次ページ)

- アンケートの冒頭に記入例を提示した

集めたデータに対してテキストマイニングを適用し、テキストからその橋梁の損傷の特徴や損傷部位、損傷程度が示されるのか

記入例	
橋梁0	
全体	
損傷部位	
※損傷を橋梁の管理者に報告するつもりで記述してください。	
Q1: 損傷は、橋梁のどの部分ですか 床版の裏側（道路面の裏側。） 防護柵側から道路中央にかけて。	部分の正確な名称で表す必要はありません。 橋梁全体の内のどこか、わかる言葉で置き換えて表現をお願いします。
Q2: その損傷は、どの程度ですか 大きなひびわれが複数入っているように見える。 程度は軽いように思う。	損傷程度の判断が難しい場合は、状態を記述してください。 損傷が視認できなかったものについては、空欄で提出してください。

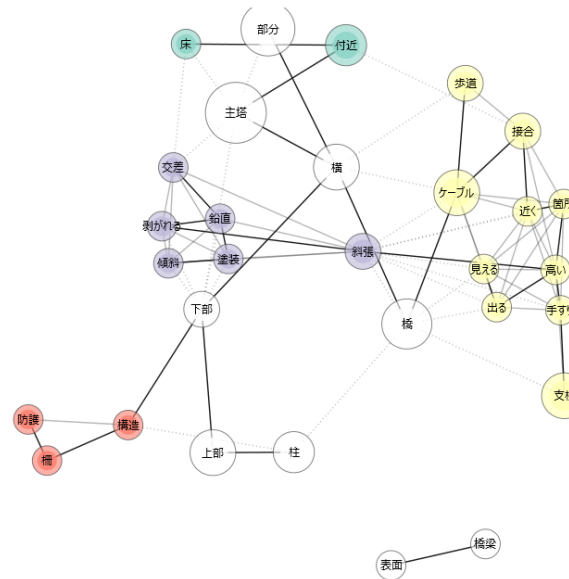
提示した記入例

記述からの状態把握

実験結果

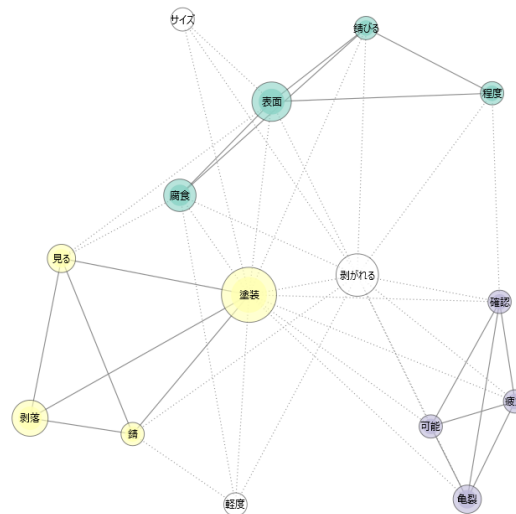
<p>橋梁 1</p> <p>全体</p>	<p>損傷部位</p> <p>損傷部</p>	
<p>損傷部位 1</p>		<p>左の赤色部分の拡大写真</p>
<p>損傷部位 2</p>		<p>左の青色矢印部分をのぞいた写真</p>

橋梁 1 アンケート内の写真



Q1 結果

「主塔」「斜張」「ケーブル」「支柱」といった言葉の頻度が高く、それらに繋がる言葉は「横」「塗装」「剥がれる」「高い」などが確認できる。





Q2 結果

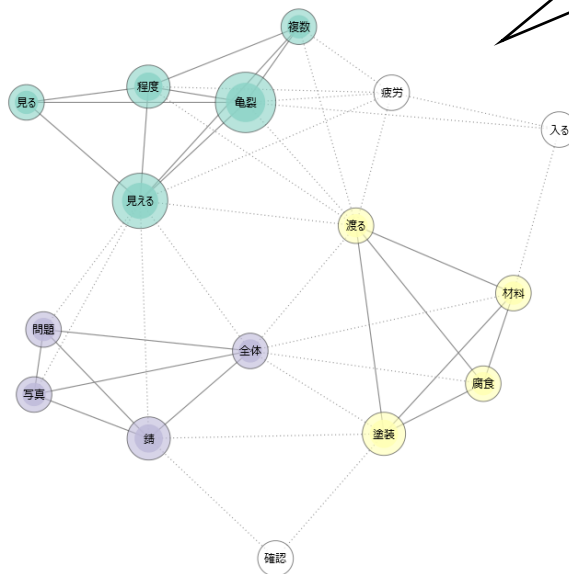
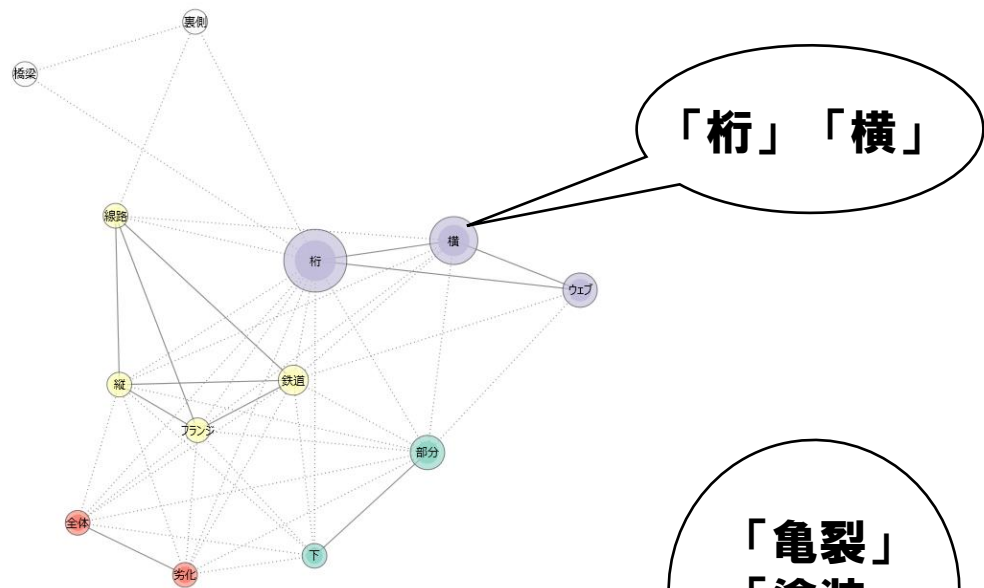
「塗装」「剥がれる」「表面」という言葉がみられるため、損傷の状態としては塗装の剥がれであることがわかる。

記述からの状態把握

実験結果

橋梁 2	
全体	
損傷部位	

橋梁2 アンケート内の写真



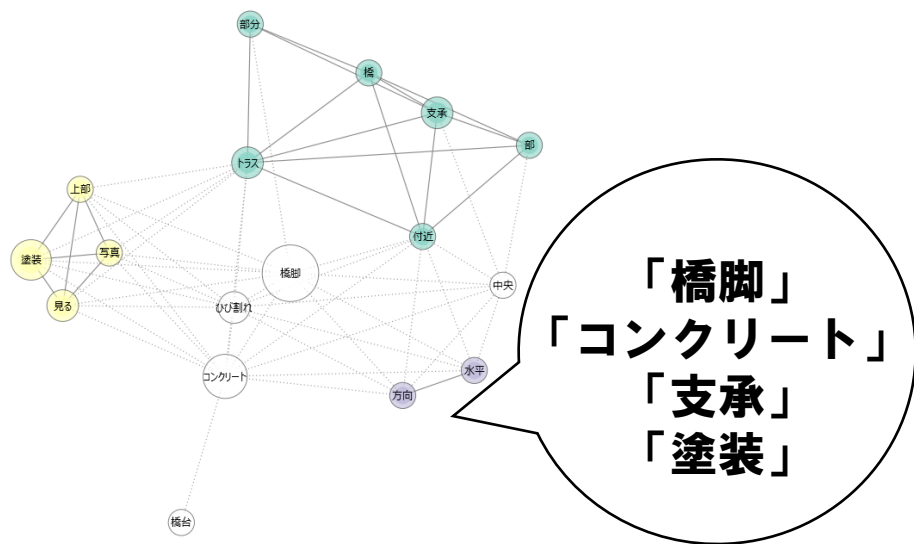
Q1とQ2から、横桁全体に複数の塗装の割れ、あるいは亀裂があることが考えられる。

記述からの状態把握

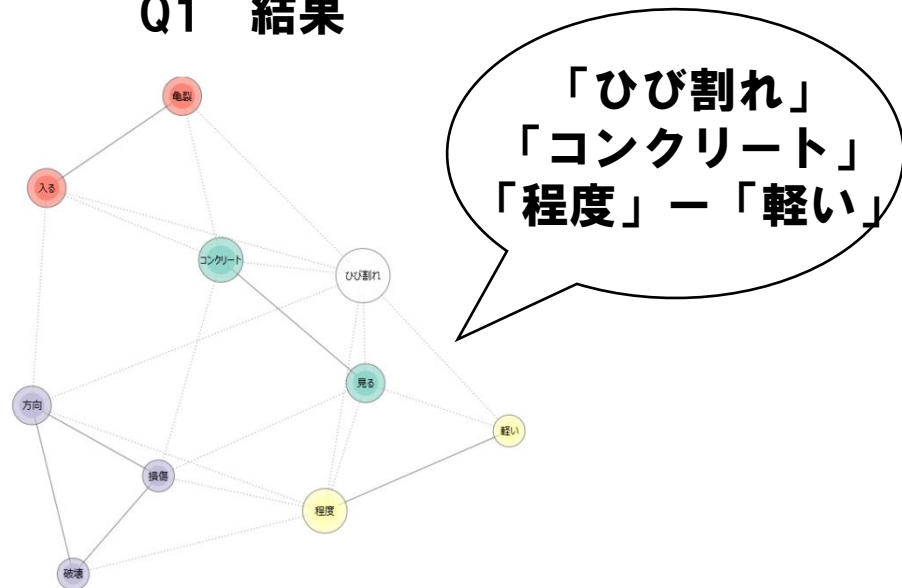
実験結果

橋梁 3	
全体	
損傷部位	

橋梁3 アンケート内の写真



Q1 結果



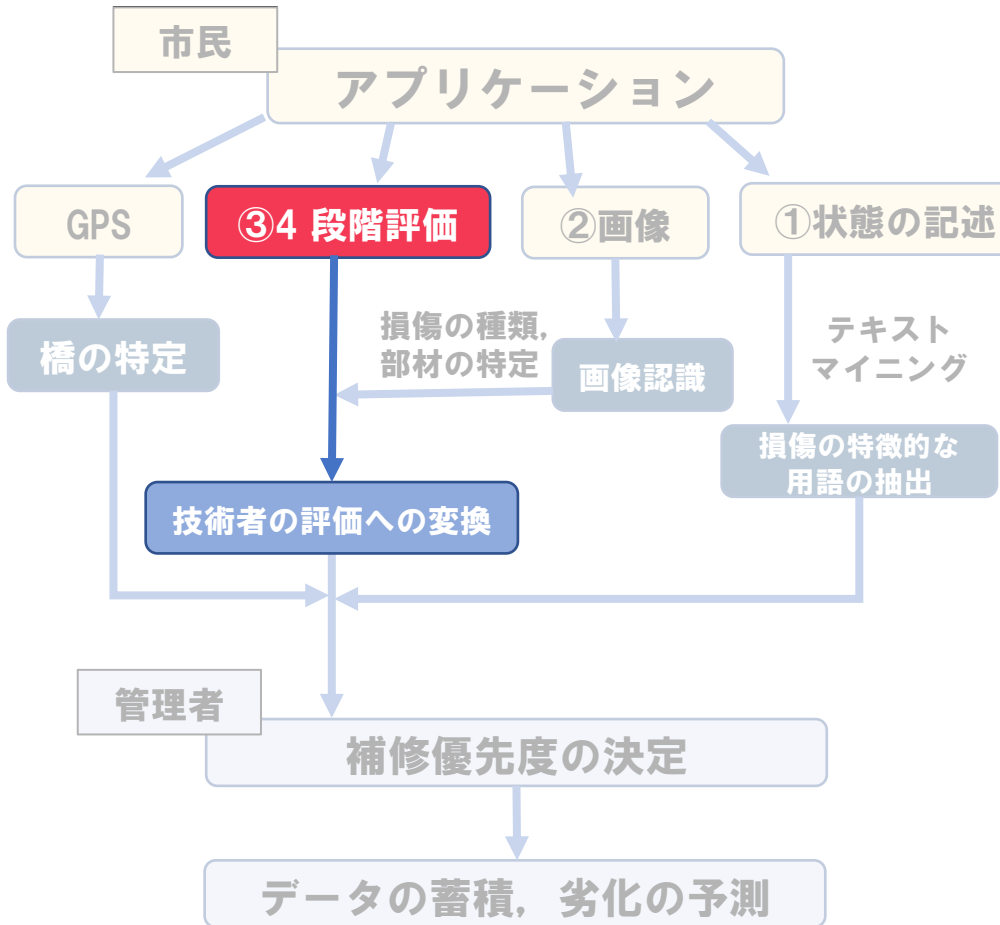
Q2 結果

記述からの状態把握

結果考察

- ・ 損傷部分や損傷の種類といった情報は得られた
- ・ 一つの橋梁に複数の損傷が確認される場合、どの記述がどの損傷部分に当たるのか、結局各文章を確認しないと不明確になってしまう可能性がある。
- ・ 損傷の程度を表すような言葉は抽出できなかった。
- ・ 参加者から「どのように言葉で表現すればいいかわからない」といった意見が挙げられた。
- ・ 実際に市民に使用してもらう場合には、技術的な用語ではなく、より簡易な言葉で表現されると考えられる
 - 今後それらに対応できる仕組みの検討が必要

技術者と市民の意思決定



市民の損傷に対する4段階評価

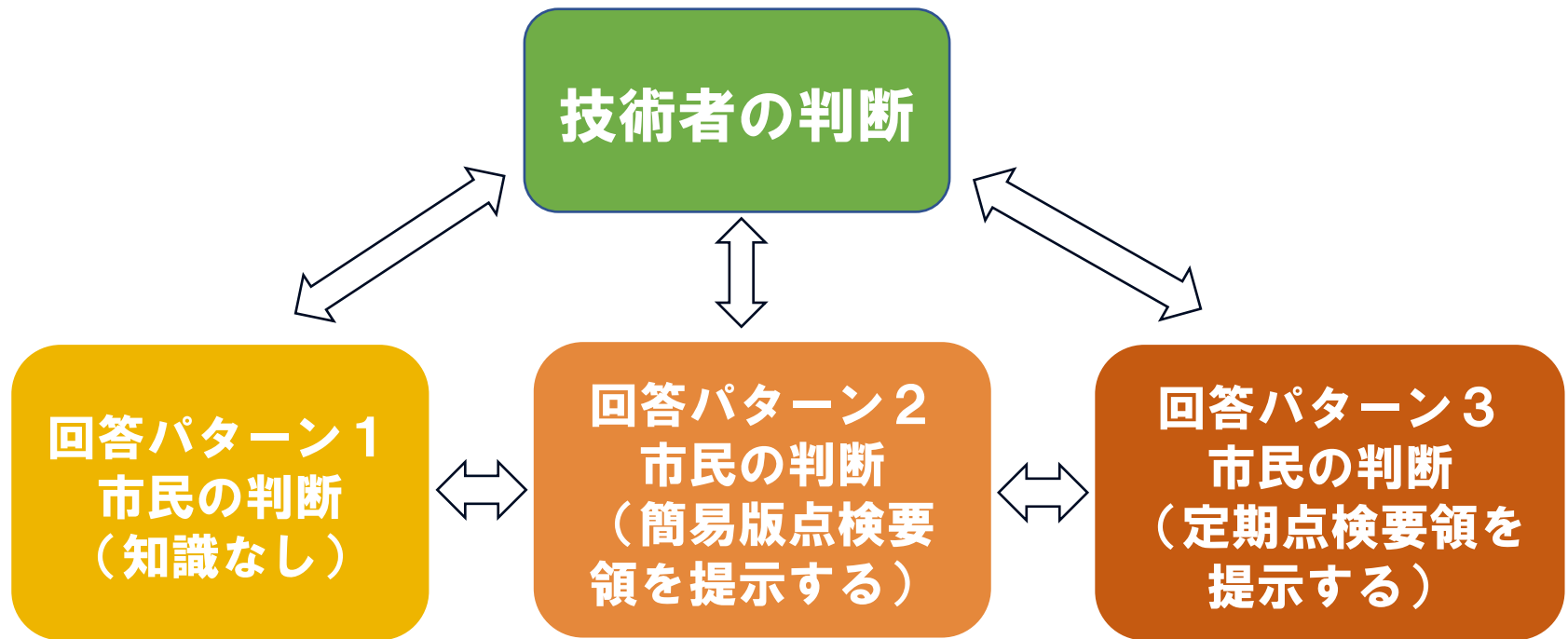
市民の判断をそのまま補修優先度決定に使用することは困難であるため、損傷に対する市民の判断と技術者の判断の相関を見出す必要がある

・実橋梁でのフィールドワーク
(次ページ)

技術者と市民の意思決定

実橋梁でのフィールドワーク

相関を検討するにあたり、より判断のばらつきが小さいものとの相関を求めることが望ましい



➤ 3パターンの市民の判断の比較→判断のばらつきは改善？

技術者と市民の意思決定

- 対象：技術者が点検済みの実橋梁3橋，学生20人
- 回答内容：損傷と思う箇所の写真，健全度の判定（4段階），状態についての記述
 - スマートフォンを用いて，現地で損傷ごとに回答を記入

回答パターン1：知識なし

回答パターン2：簡易点検要領を見ながらの回答

（定期点検要領付録から損傷程度の評価区分と写真の例の抜粋）

回答パターン3：定期点検要領を見ながらの回答

現地で収集した写真を元に解散後に送信

- 【4段階評価】健全（安全）：1，緊急に措置すべき（危険）：4

判定	損傷状況
4	緊急に措置を講ずるべき状態
3	早期に監視や対策を行う必要がある状態。
2	支障が生じていないが，予防保全の観点から状況に応じて、監視や対策を行うことが望ましい状態。
1	健全：機能に支障が生じていない状態。

技術者と市民の意思決定

対象橋梁とみられた損傷

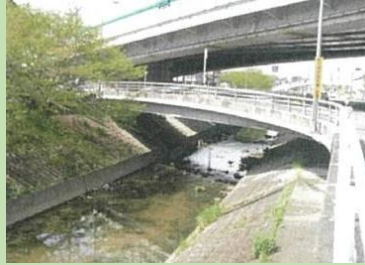


橋梁A

- 床版の遊離石灰
- 下部構造の漏水
- 橋台の汚れ
- 下部構造のひび割れ
- 総合評価



遊離石灰



橋梁B

- 高欄の亀裂
- 下部工の欠損
- ひび割れ
- 総合評価



高欄の亀裂



橋梁C

- 支承部機能障害
- 下部工のひび割れ
- 高欄のさび
- 総合評価



支承部機能障害

それぞれの損傷について回答を送信後には、
総合評価として橋梁全体の状態を送信




技術者と市民の意思決定

ばらつきについての検討

- すべてのパターンに回答した学生の判断結果のみに絞った。総合評価について検討。

総合評価の標準偏差

	パターン1	パターン2	パターン3
橋梁A	0.45	0.77	0.88
橋梁B	0.66	0.81	0.90
橋梁C	0.79	0.68	0.68

ばらつきの値  増加  減少  変化なし

- 橋梁AとBではパターン1が最もばらつきが収束
- 橋梁Cではパターン2と3でばらつきが収束する
 - 橋梁Cは支承部の損傷が顕著
 - 支承部については簡易点検要領および点検要領における基準で、支承部の機能障害がない場合1、ある場合は4の二つのみであるため、判断が容易であったと考える

技術者と市民の意思決定

損傷形態ごとに検討（パターン1）

学生の判断が技術者の判断より安全寄りであった損傷

学生の判断 < 技術者の判定

損傷に対する判断



漏水

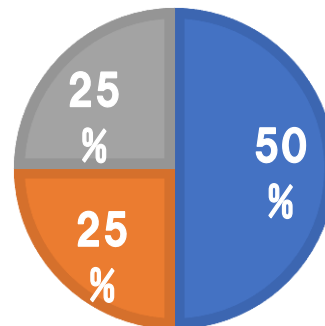
高欄亀裂

損傷名	漏水	高欄亀裂
学生判断平均	1.6	1.8
技術者判定	2	3
差	-0.4	-1.2

差 = (学生判断) - (技術者判定)

高欄亀裂

■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4



高欄亀裂の差が最も大きい
➤ 管理者の観点からはすぐに補修すべきだが、学生は構造には問題がないと考えた

技術者と市民の意思決定

損傷形態ごとに検討（パターン1）

学生の判断 > 技術者の判定

損傷に対する判断

損傷名	高欄さび	支承部汚れ	支承部機能障害
学生判断平均	3.1	1.5	3.5
技術者判定	2	1	3
差	+1.1	+0.5	+0.5



高欄さび



支承部汚れ



支承部機能障害

技術者と市民の意思決定

3橋梁に共通した損傷

コンクリートひび割れ・欠損 (パターン1)



橋梁A



橋梁B



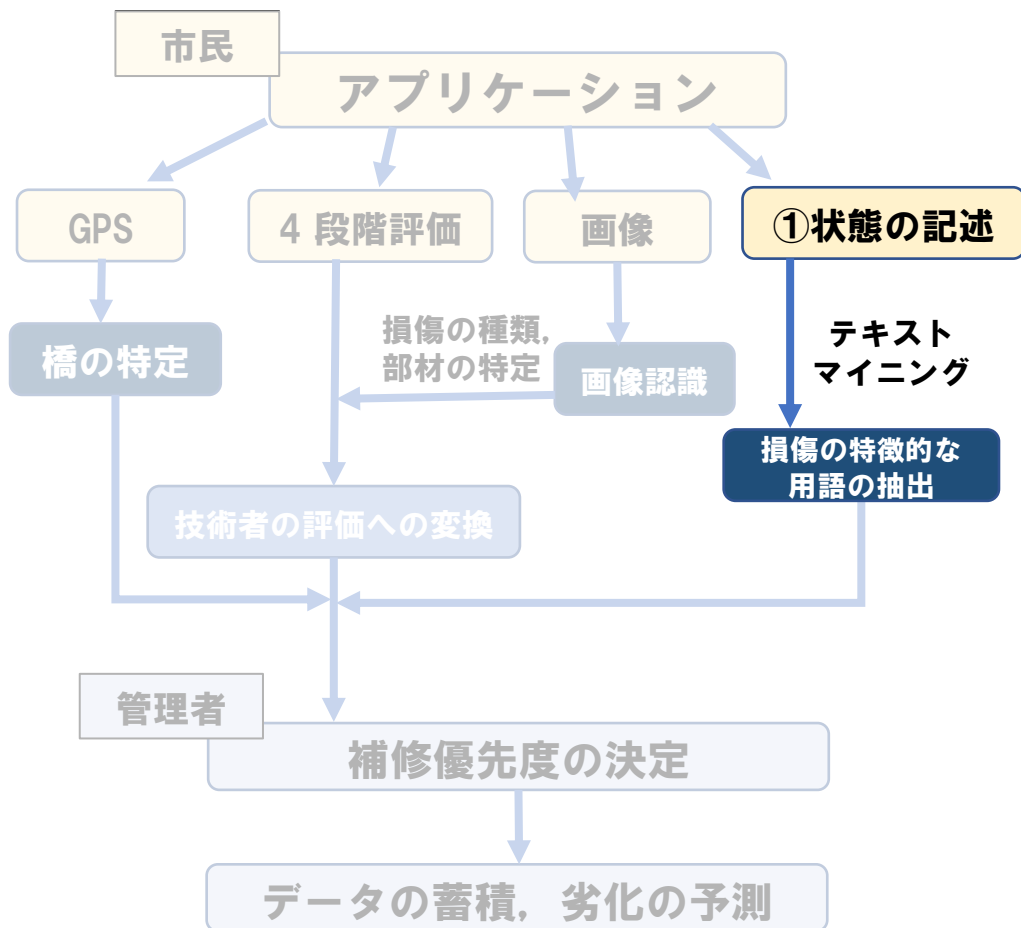
橋梁C

	橋梁A	橋梁B	橋梁C
ひび割れ判平均	1.6	2.6	2.75
技術者判定	2	2	2
差	-0.4	+0.6	+0.75

橋梁Aでは安全寄りに評価し、BとCでは危険寄りに評価していた。
→ひび割れについては、学生判断>技術者の判定

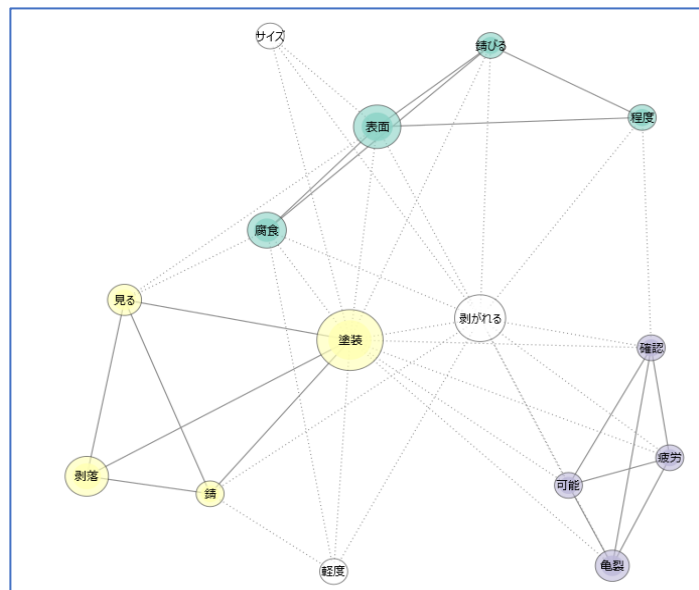
➤ 本実験全体では危険寄りに評価した損傷形態の方が多かった

結論

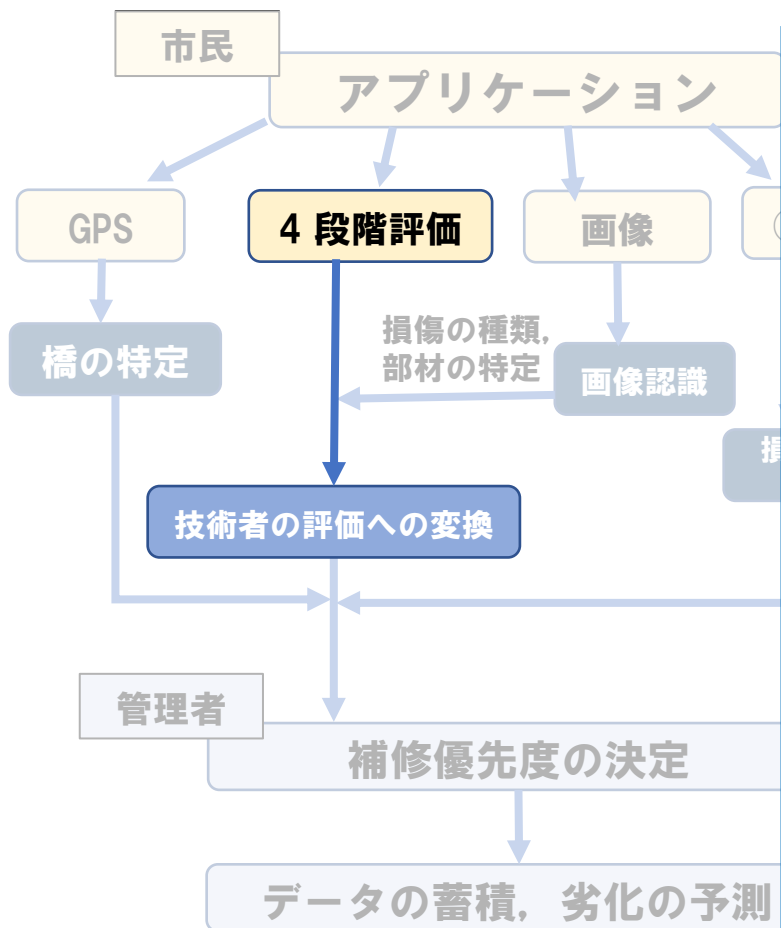


記述からの状態把握

- テキストマイニングは橋梁の特徴的な損傷の状況を直感的に把握する為に有効.
- 損傷部分や損傷形態は得られる.
- 損傷の程度を表すような言葉は抽出できなかった



結論



技術者と市民の意思決定

- 知識のない状態が最も判断にばらつきが少ない。
 - 技術者の判定と学生の判断の間には損傷形態によって異なる相関がある。
 - 本実験では学生の方が危険性が高いと判断した損傷が多かった。
- 損傷形態ごとに相関を明確にすることが望ましい。
- 今後、より市民に近い知識量の対象によって検討を行う必要がある。

結論

本提案システムについて

- それぞれの手法について課題は残るものの、補修優先度決定の効率化に対する有効性は確認された。
- 劣化の予測については、一つの橋梁について長期に渡り情報が収集できれば、状態の記述では抽出される言葉の変化、損傷形態の増加、画像認識では検出される損傷形態の増加などから劣化の進行を把握でき、4段階評価と振動データから数値の変化により劣化進行を把握することができる。また、送信者数の変化や、頻度からも劣化が急速に進んでいるかを把握できる可能性があると考えられる。
- 実用化に向けては、より市民に近い知識量の人々を対象とし、テキストマイニングの適用や4段階評価の傾向を検討する必要がある。
- 今後これらの手法それぞれの精度を向上させつつ、複合的に補修優先度を決定することの妥当性を検証していく必要がある。
- あらゆる種類の情報に対して最新技術も含めた複数の手法を用いて意思決定を行う仕組みは、それぞれの手法の持つ欠点を補い、精度良く判断を行える可能性がある。