

道路構造物（橋梁）長寿命化計画（参考資料）
－ 2014 年度～2022 年度までの橋梁定期点検結果の分析結果 －

令和 6 年 3 月

愛知県建設局道路維持課

目 次

1. はじめに	1
2. 位置付けと注意点	1
3. 橋梁定期点検データに基づく分析	2
3.1 分析内容	2
3.2 分析に使用したデータおよび分析手法	3
3.2.1 橋梁種別の経年劣化傾向	3
3.2.2 損傷別の劣化傾向	3
3.2.3 空間情報へのプロット	4
3.3 分析結果	5
3.3.1 橋梁毎の劣化傾向	5
3.3.2 損傷別の劣化傾向	7
3.3.3 各種推計結果からの傾向分析結果	14
3.3.4 地域別の劣化傾向	17
3.3.5 その他の劣化要因別の劣化傾向	21
3.3.6 うきの発生状況	26
3.3.7 き裂・ボルトのゆるみ・脱落の発生状況	27
3.4 まとめ	28
3.4.1 劣化傾向分析	28
3.4.2 今後の予防保全措置段階の橋梁に対する対策の方向性	28
参考資料	29

1. はじめに

本県では、これまで長寿命化修繕計画に基づき対策を実施してきた結果、管理水準を下回る多くの既設橋では修繕が進み、機能回復が図られてきた。今後は、より状態が深刻化する前段階で修繕を行う予防保全型メンテナンスへの本格転換を図り、安心・安全の確保、ライフサイクルコスト縮減、さらには、工事の平準化を実現していくことが求められている。

そのためには、本県管理のなかで、現在 2,500 橋程度ある予防保全段階（健全性の診断の区分Ⅱ）の橋梁から、早期措置段階（健全性の診断の区分Ⅲ）へ移行しやすい橋を事前に選定し、限られた予算の中で予防保全型の修繕を行っていく必要がある。

ここで、早期措置段階（健全性の診断の区分Ⅲ）へ移行しやすい橋梁の選定については、これまで、直近の定期点検結果から損傷の程度や進行程度を参考とし選定してきた。一方、今年度で2巡目の定期点検が完了し、橋梁の状態も明らかとなってきたことから、それらの知見を加えることで、早期措置段階（健全性の診断の区分Ⅲ）へ移行しやすい橋梁の選定精度の向上を図っていく。

本資料は、本県における 2014 年度から 2022 年度までの橋梁定期点検データについて、定期点検データの分析を実施している既往の文献¹⁾²⁾³⁾等を参考とし、名古屋大学橋梁長寿命化推進室長 中村光教授から頂いたご意見等も踏まえ、道路維持課でとりまとめたものである。

2. 位置付けと注意点

本資料は予防保全段階（健全性の診断の区分Ⅱ）の橋梁の中から、優先的に修繕する橋梁の選定指標の一つとして活用していく。

ただし、ここで実施した分析については、あくまで本県管理の橋梁に対する全体の傾向を示したものであり、個々の橋梁の実際の劣化過程を予測しているものではない。そのため、活用にあたっては、分析の不確実性についても、十分把握しておく必要がある。

参考文献)

- 1) 白戸真大,星隈順一,玉越隆史,河野晴彦,横井芳輝,松村裕樹:定期点検データを用いた道路橋の劣化特性に関する分析,国総研資料第 985 号,2017
- 2) 玉越隆史:道路橋の劣化の不確実性を考慮した計画的維持管理の支援手法に関する研究,大阪大学博士論文,2017
- 3) 小池真登,長井宏平:新潟県市町村における橋梁点検データを用いた経年劣化傾向分析,コンクリート工学年次論文集,Vol37,No.2,2015

3. 橋梁定期点検データに基づく分析

3.1 分析内容

① 橋梁種別の経年劣化傾向

橋種種別の経年劣化傾向について分析した。

② 損傷別の劣化傾向

橋梁の材料・部位、桁種、部材別の主な損傷の経年劣化傾向について分析した。

③ 空間情報へのプロット

飛来塩分、凍結防止剤やアルカリ骨材反応などが主な要因と考えられる損傷について、橋梁位置との関係性について分析した。

④ その他の劣化要因別の劣化傾向

劣化進行が顕著な RC 床版ひびわれ、鋼橋桁端部の腐食について、それぞれの劣化の影響要因と考えられる大型車交通量、床版設計基準や伸縮装置損傷による漏水などとの関係性について分析した。

⑤ 空間情報へのプロット（第三者影響が考えられる「うき」の状況）

損傷程度としては軽微であるが、第三者への影響被害が懸念されるうきの状況について確認した。

上記、分析項目①～⑤について、表 3-1 に分析内容の内訳を示す。分析項目毎の各番号は、次項以降に示す分析項目の番号を示す。

表 3-1 分析内容

材料 部位	橋種・桁種 部材	損傷種類	分析事項	分析項目	頁	
鋼橋	主桁	腐食	桁端部	①	5～6	
				②	7	
				伸縮装置損傷あり	④	21
			伸縮装置損傷なし	④	21	
			中間部	②	7	
		防食機能の劣化	②	8		
			桁端部	②	8	
			中間部	②	8	
		防食機能の劣化→腐食(複合劣化)		②	8	
		RC床版	床版ひびわれ		②	9
			大型車交通量	多	④	23
	少			④	23	
	床版基準道示S48以前			④	24	
	床版基準道示S48以降			④	24	
	剥離・鉄筋露出		②	9		
		凍結防止剤散布地域別	③	17～18		
	コンクリート橋	うき		⑤	26	
ひびわれ		②	9			
		桁端部	②	9		
		中間部	②	10		
剥離・鉄筋露出		②	10			
		桁端部	②	10		
		中間部	②	10		
うき		⑤	26			
ひびわれ→剥離・鉄筋露出(複合劣化)		②	11			
飛来塩分地域別		③	19			
PC橋				①	5～6	
		ボステン	ひびわれ	②	11	
			剥離・鉄筋露出	②	11	
		ブレテン	ひびわれ	②	11	
			剥離・鉄筋露出	②	12	
RC橋				①	5～6	
		ひびわれ	②	12		
	剥離・鉄筋露出		②	12		
	ボックスカルバート		①	5～6		
	ひびわれ	②	12			
剥離・鉄筋露出		②	13			
下部工			ASR地域別	③	20	
	ひびわれ		②	13		
	剥離・鉄筋露出		②	13		

3.2 分析に使用したデータおよび分析手法

3.2.1 橋梁種別の経年劣化傾向

1) 橋梁諸元の整理

愛知県橋梁カルテデータの橋梁諸元を用いてデータを積み上げ、経過年数毎橋梁数、橋長別・橋梁種別の橋梁数および内訳を分析し棒グラフ・円グラフにより可視化した。

2) 健全度評価による分析

愛知県橋梁点検データを用いて、最新の2巡目点検結果（2019～2022年度）から可能な限り補修履歴を除き数値化した健全度（表 3-2）データを用い、橋梁種別や橋長別の経年劣化傾向を分析し、棒グラフ・散布図により可視化した。

表 3-2 健全度評価の数値化

健全度	詳細	変換数値
A	損傷なし・損傷軽微	1
M	維持管理工事での対応	1
B	状況に応じて補修が必要	2.5
C1	予防保全の観点から補修が必要	4
C2	安全性の観点から補修が必要	5.5
E1・E2	緊急対応の必要	7
S1・S2	詳細調査が必要	7

表 3-3 損傷程度の数値化

損傷程度	a	b	c	d	e
値	1	0.75	0.5	0.25	0

3.2.2 損傷別の劣化傾向

1) バブルチャートおよび直接推計(散布)

2巡目点検結果（2019～2022年度）における、主要部材や部位（参考資料 1）の要素単位に記録された損傷程度 a～e の最悪値について、バブルチャートと散布データで推計した。

- (1) バブルチャート：経過年数別における損傷程度の発生量をバブルの大きさを示したもの
- (2) 散布図：各年代の損傷程度を数値化した値を5年毎に合計し、要素数で除することで各年代の損傷程度の平均値と経過年数の関係を散布図として表し、回帰式を作成

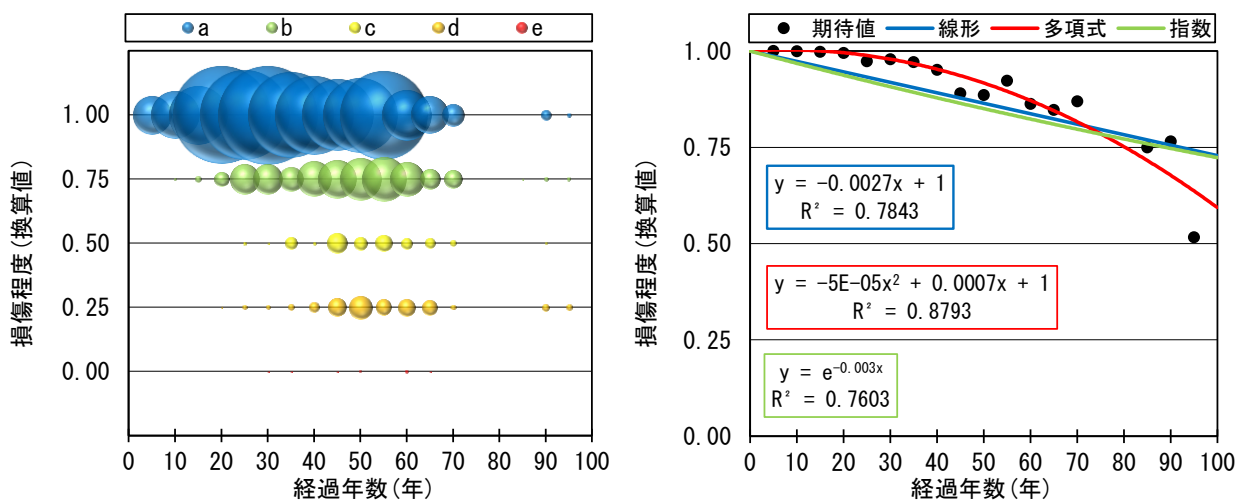


図 3-1 直接推計（散布）の例 (左) バブルチャート／(右) 散布図

2) マルコフ遷移（数え上げ）

主要部材や部位（参考資料 1））の 1 巡目点検（2014～2018 年度）から 2 巡目点検（2019～2022 年度）の 2 回の点検データを用いて、同一要素の 5 年後の損傷程度の推移をマルコフ遷移確率により定義し、劣化傾向を推計した。本推計の仮定としては、状態の遷移確率は過去の状態に無関係であり、次の時点でどの状態にどのような確率で遷移するかは、その時点の状態のみに依存する。

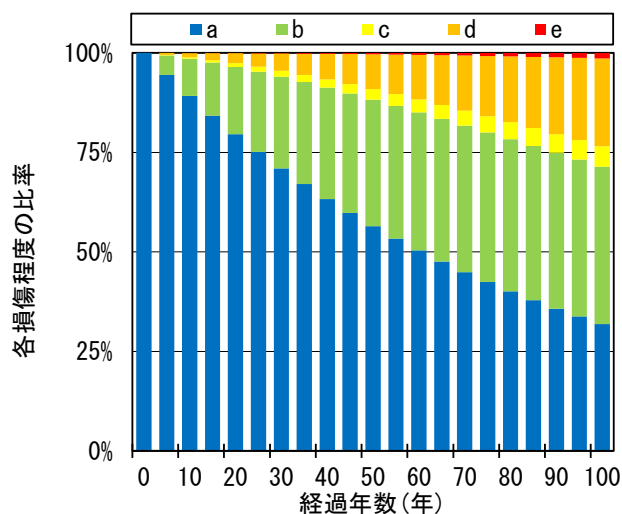


図 3-2 マルコフ遷移（数え上げ）の例：状態確率分布

3.2.3 空間情報へのプロット

飛来塩分、凍結防止剤、アルカリ骨材反応およびうきなど地域別の劣化傾向を確認するため、空間情報へのプロットを行った（表 3-1 分析項目③、⑤）。

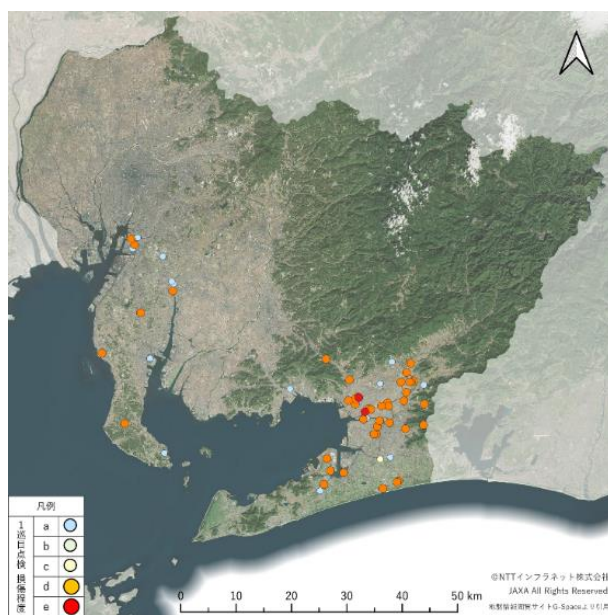


図 3-3 空間情報へのプロットの例

3.3 分析結果

3.3.1 橋梁毎の劣化傾向

1) 橋梁諸元分析

分析での適用データは最新の点検結果を適用した。建設年度の不明な橋梁は除外した。

- ・経過年数ごとの橋梁数：橋齢 50 年以上の高齢な橋梁が多く判定区分Ⅲの率は、経年的に増加する傾向である（図 3-4）。
- ・橋長ごとの内訳：橋長が 15m 未満の割合が全体の 65% を占める（図 3-5）。
- ・橋長ごとの橋梁数：長い橋では鋼橋が多く、短い橋ではボックスカルバートや RC 橋の割合が高い（図 3-6）。

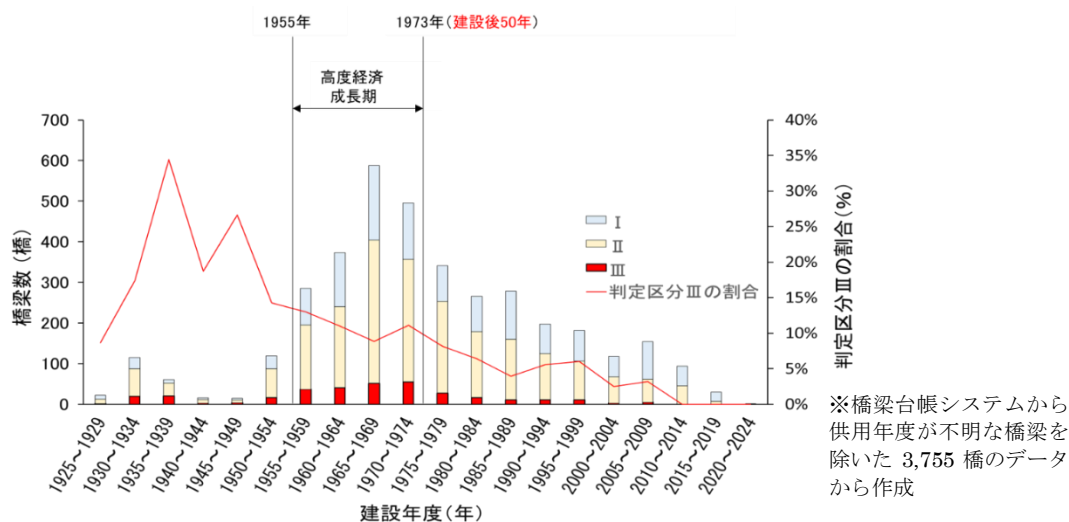


図 3-4 建設年度別の橋梁数と判定区分（1 巡目（2014～2018 年度）の点検結果より作成）

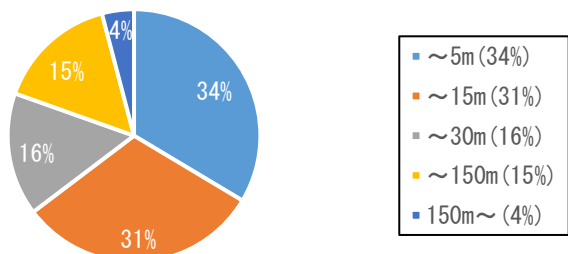


図 3-5 橋長別の内訳

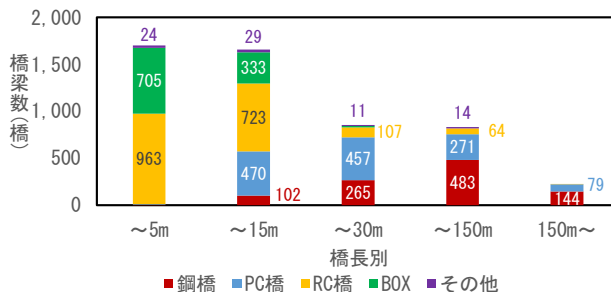


図 3-6 橋長別の橋梁数および橋梁種別内訳

2) 橋梁健全度分析

以下、表 3-1 分析項目①に関する分析結果を示す。

- ・橋梁種別ごと橋梁数・健全度内訳：鋼橋では、健全度が低く（健全度 C1・C2・E・S）補修しなければならない鋼橋の橋梁割合が多い（図 3-7、図 3-8）。

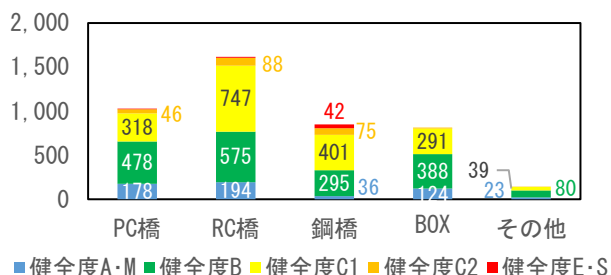


図 3-7 橋梁種別の橋梁数および健全度内訳
(建設年度不明含む)

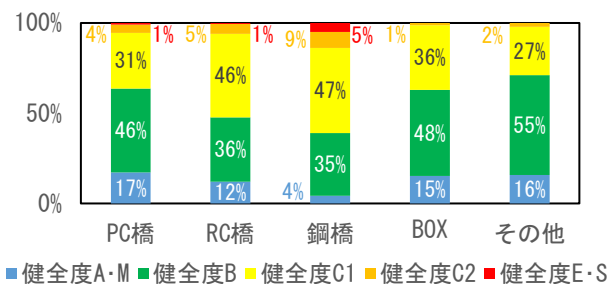


図 3-8 橋梁種別の健全度比率
(建設年度不明含む)

- ・ **橋梁種別の経年劣化傾向**：全橋梁の経年劣化傾向は概ね直線的であり（図 3-9）、橋長別では、橋長の長い橋の健全度が、やや早く低下している（図 3-10）。これは、橋長の長い橋は、鋼橋の割合が高いことに起因していると考えられる。

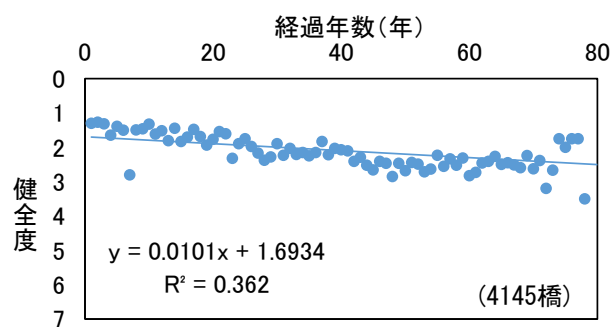


図 3-9 各年平均健全度を用いた全橋梁の経年劣化傾向
(建設年が判明する橋梁数)

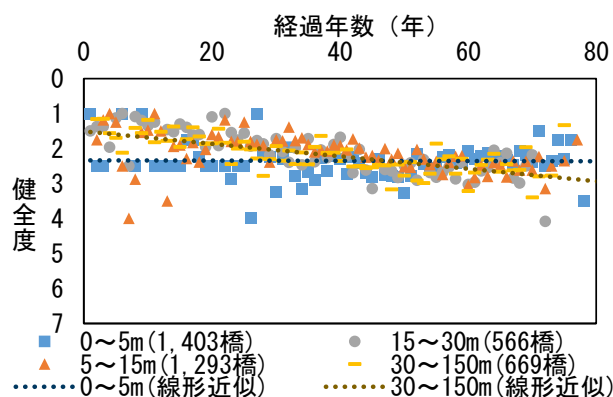


図 3-10 橋長別経年劣化傾向
(建設年が判明する橋梁数)

- ・ **橋梁種別経年劣化傾向**：鋼橋はコンクリート橋に比べ劣化の進行が早い傾向である。ボックスカルバートは経年劣化傾向のばらつきが大きい、全体としてほとんど健全度が下がっていない。ばらつきがあり異常値と考えられるデータについて、点検調書の写真や補修実績の有無について精査したところ、図中の○（白抜き）は、60 年以上で健全度 A～B など、鋼橋は塗替、コンクリート橋は断面修復など補修実施済み、20 年以内では健全度 C（RC 橋）で初期欠陥などが確認されたため、回帰式の算出データとしては、除外した。

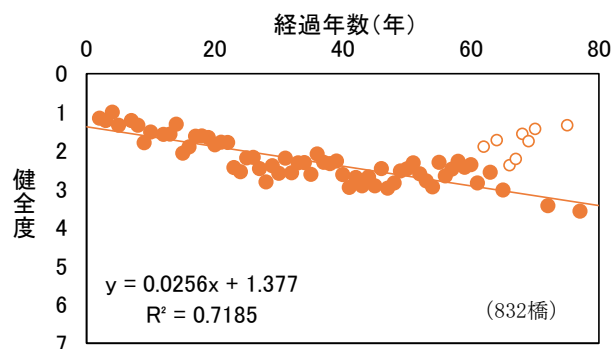


図 3-11 鋼橋の経年劣化傾向

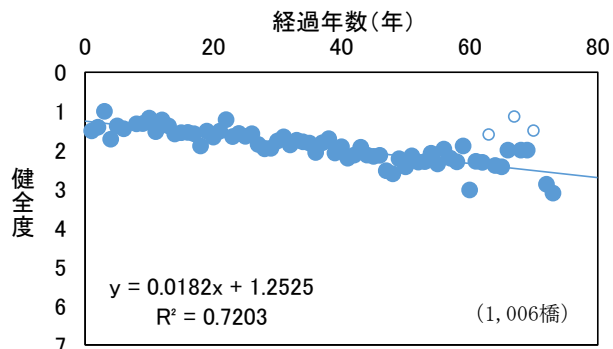


図 3-12 PC 橋の経年劣化傾向

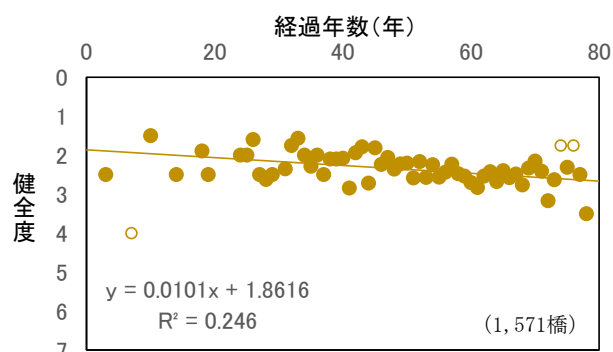


図 3-13 RC 橋の経年劣化傾向

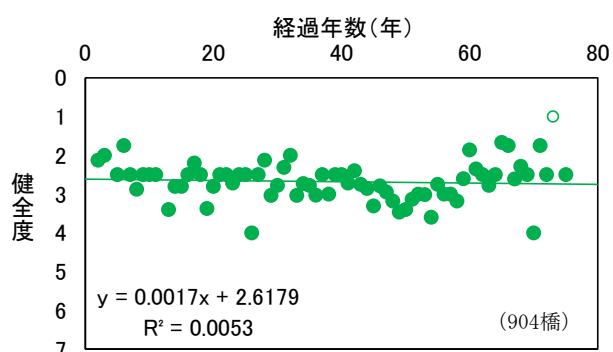


図 3-14 ボックスカルバートの経年劣化傾向

3.3.2 損傷別の劣化傾向

以下、表 3-1 分析項目②に関する分析結果について、3.2.2 の分析手法で示したグラフのうち、左からバブルチャート、直接推計（散布）、マルコフ遷移（数え上げ）を示す。

1) 鋼橋 主桁 腐食

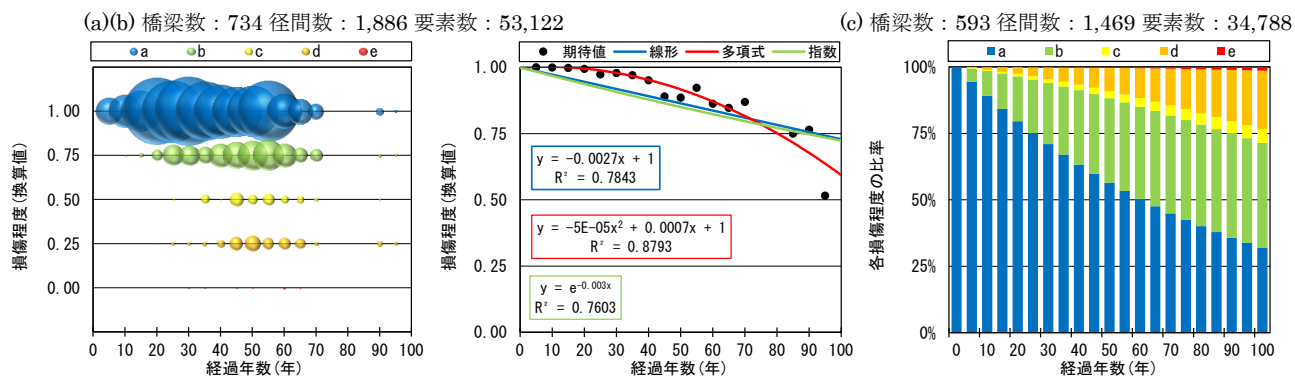


図 3-15 (a) バブルチャート／(b) 直接推計（散布）／(c) マルコフ遷移（数え上げ）

2) 鋼橋 主桁 腐食 桁端部

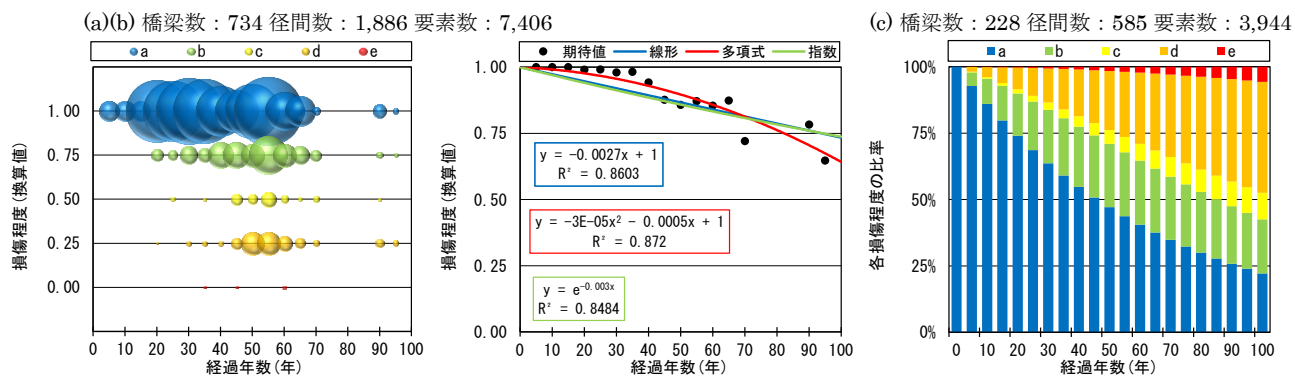


図 3-16 (a) バブルチャート／(b) 直接推計（散布）／(c) マルコフ遷移（数え上げ）

3) 鋼橋 主桁 腐食 中間部

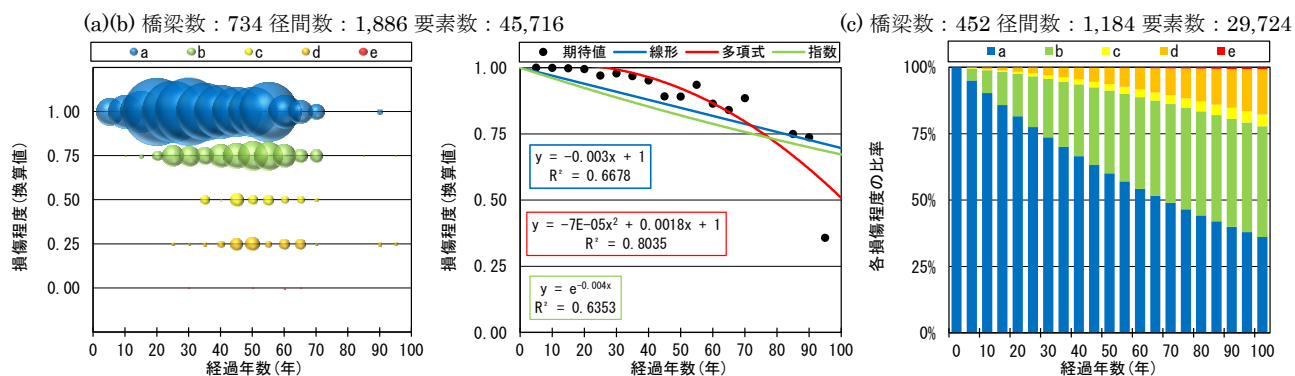
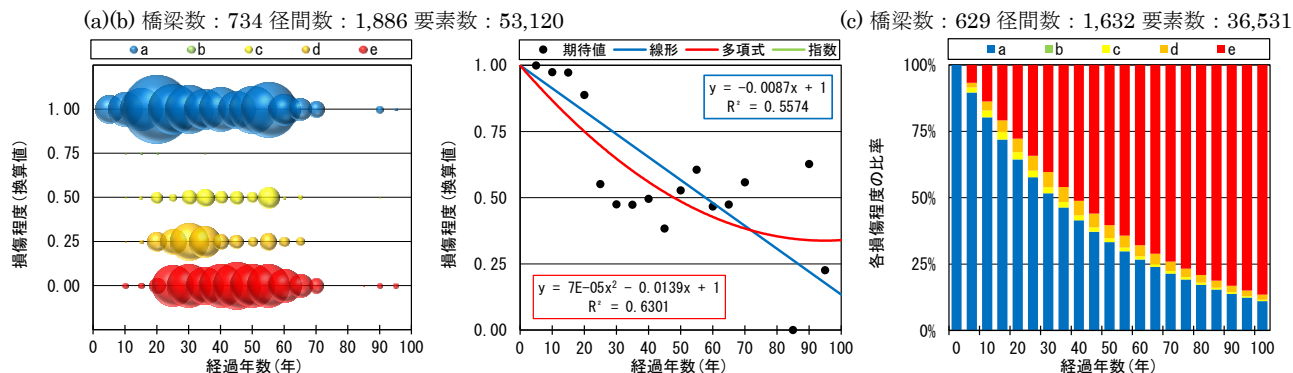
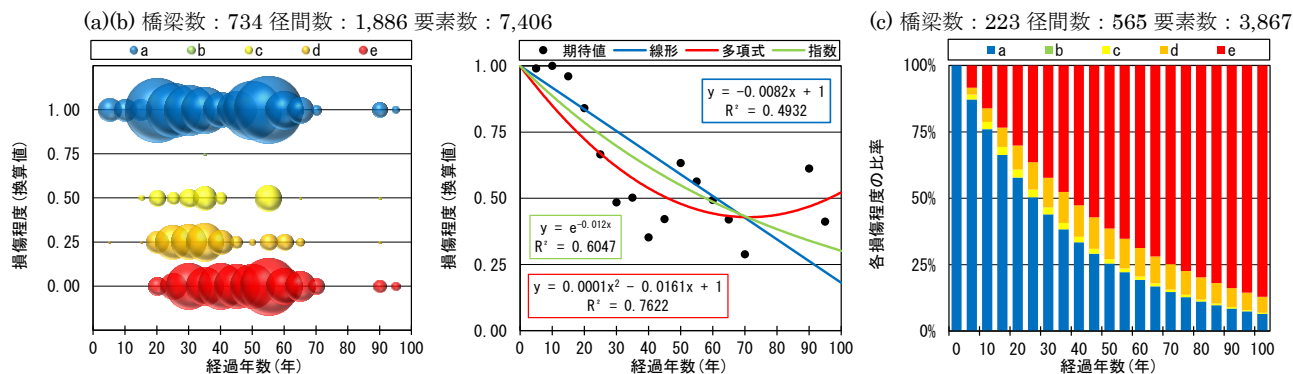


図 3-17 (a) バブルチャート／(b) 直接推計（散布）／(c) マルコフ遷移（数え上げ）

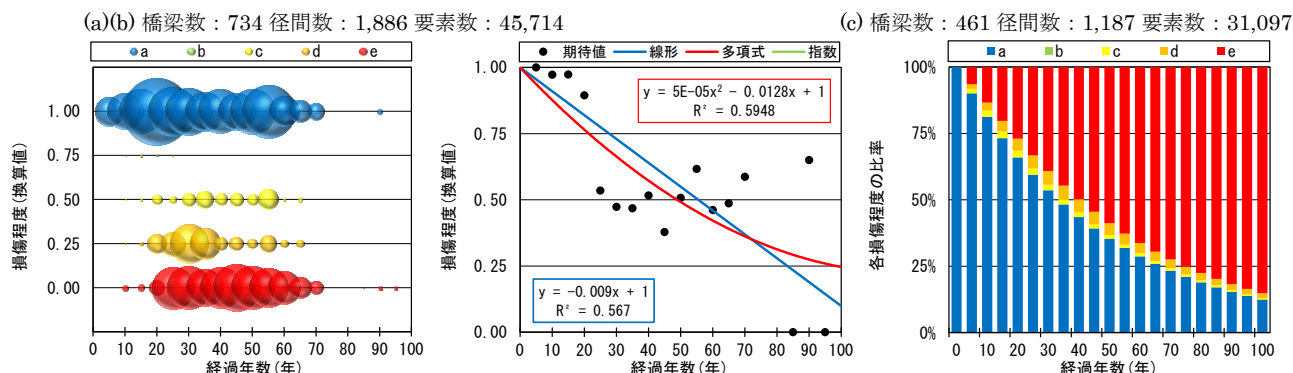
4) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化



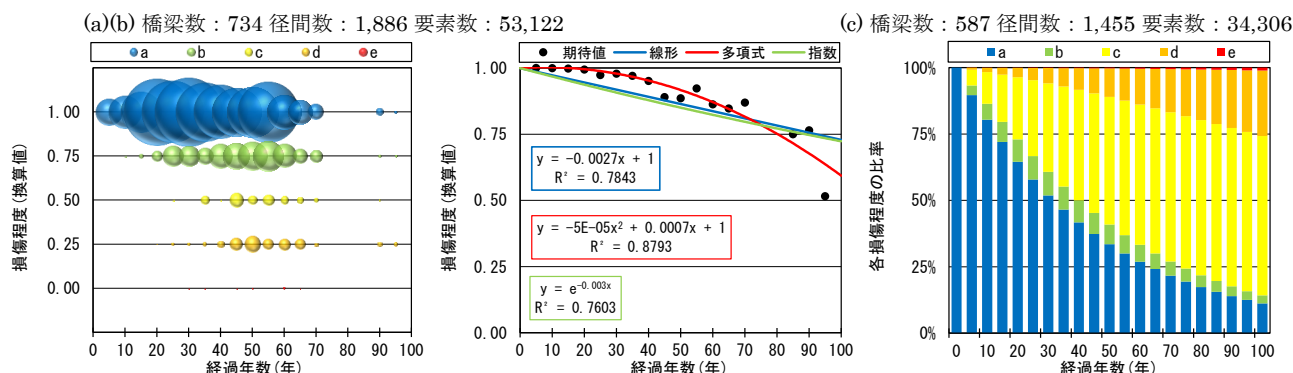
5) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化 桁端部



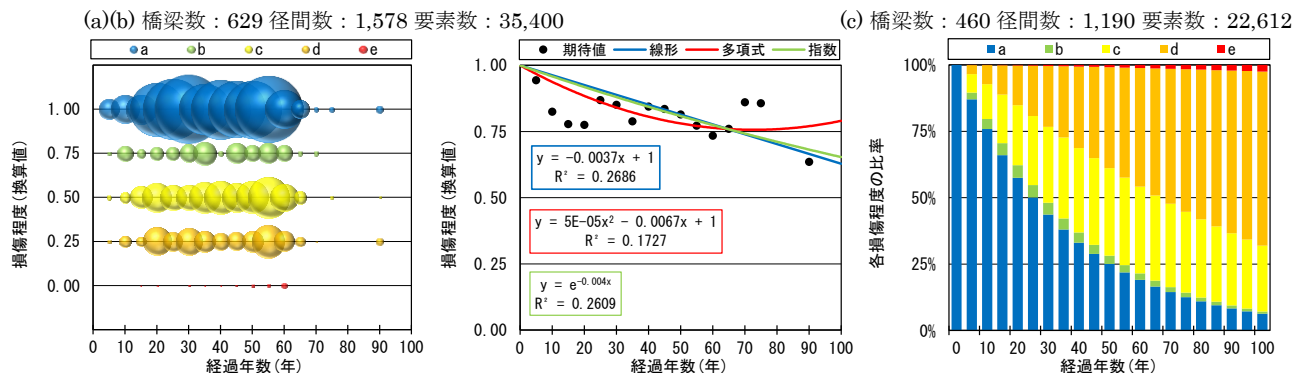
6) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化 中間部



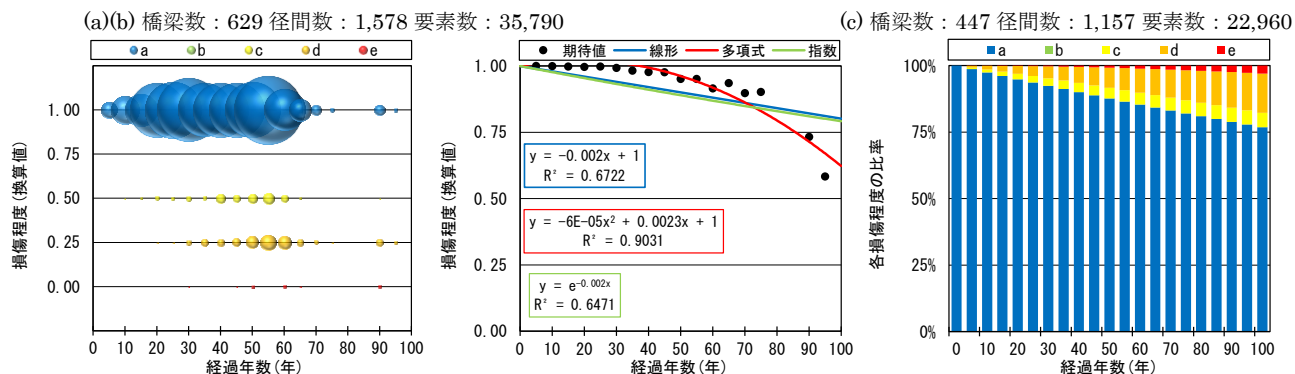
7) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化→腐食（複合劣化、参考資料 3.4.2 1) 1) (1) 参照）



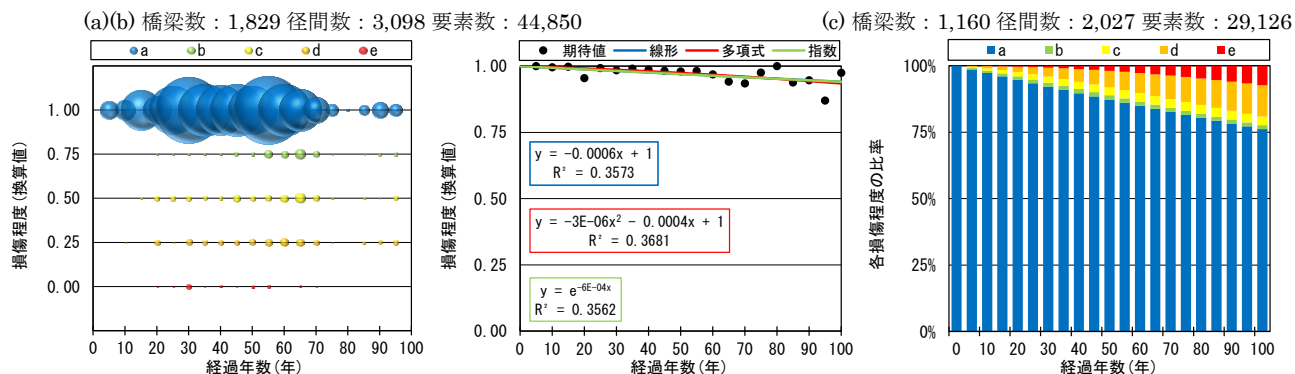
8) 鋼橋 RC 床版 床版ひびわれ



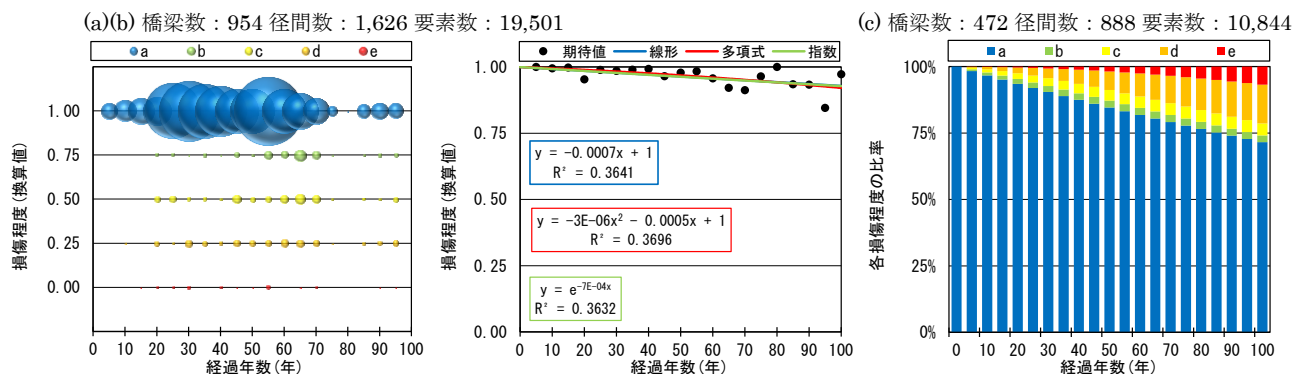
9) 鋼橋 RC 床版 剥離・鉄筋露出



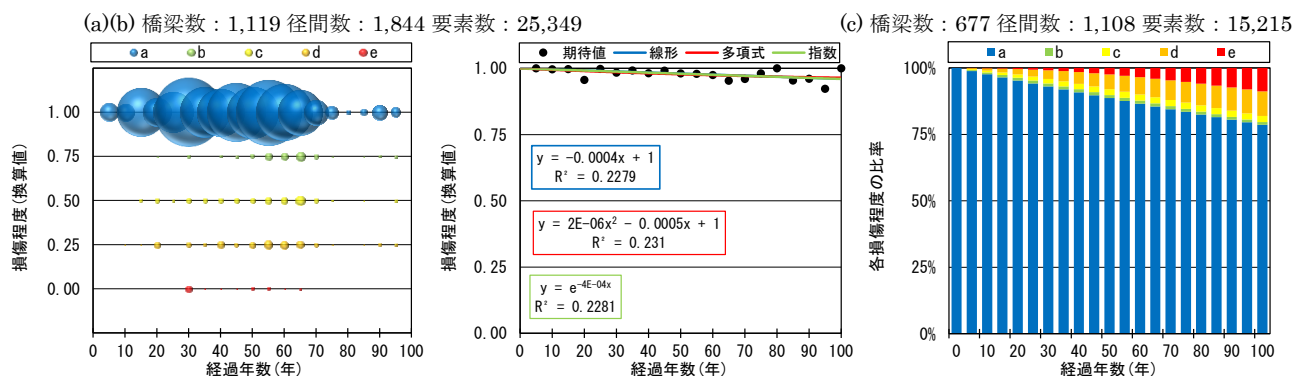
10) コンクリート橋 ひびわれ



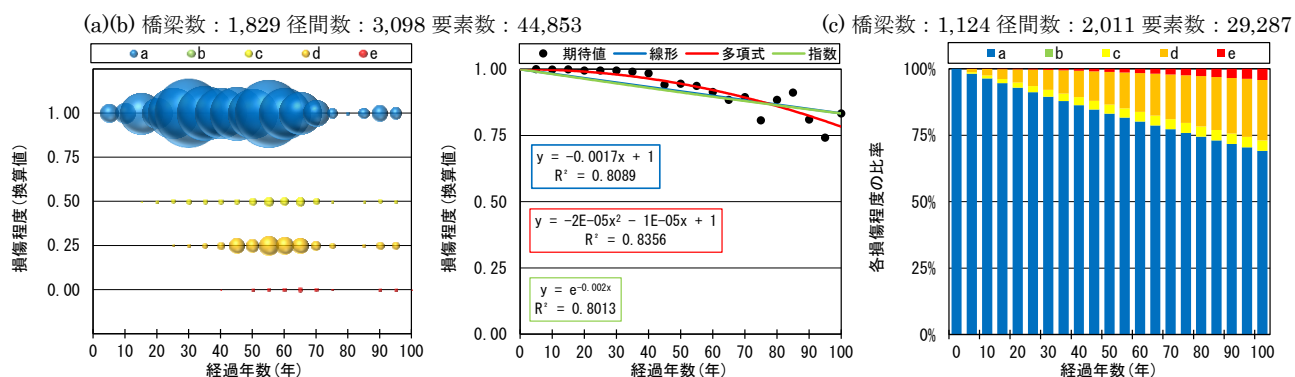
11) コンクリート橋 ひびわれ 桁端部



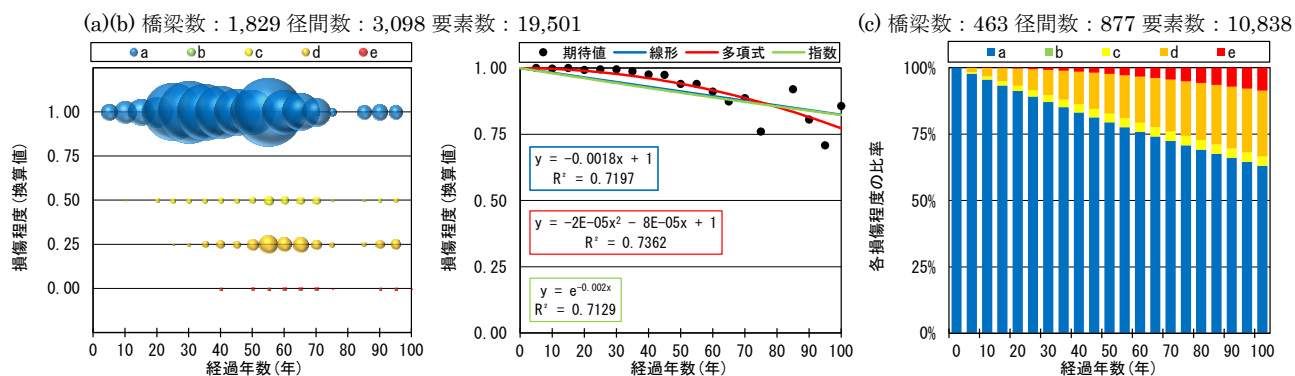
12) コンクリート橋 ひびわれ 中間部



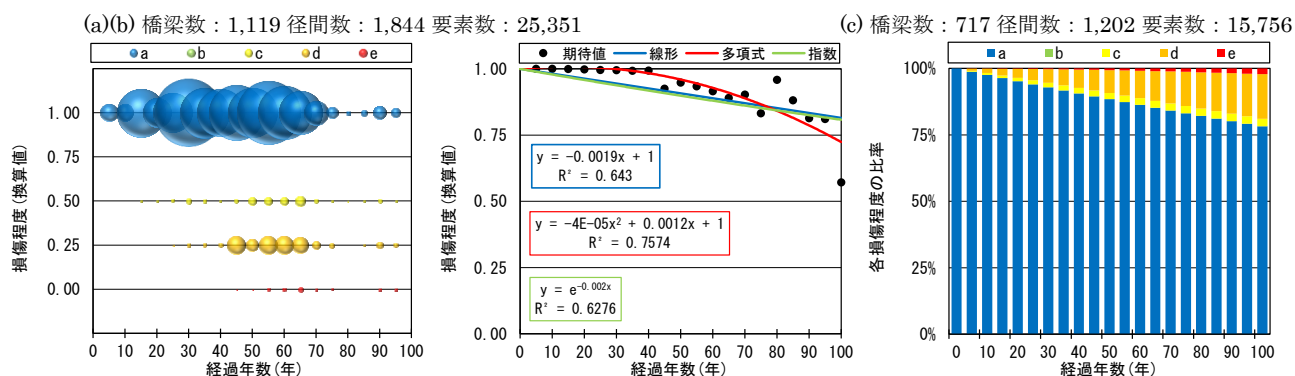
13) コンクリート橋 剥離・鉄筋露出



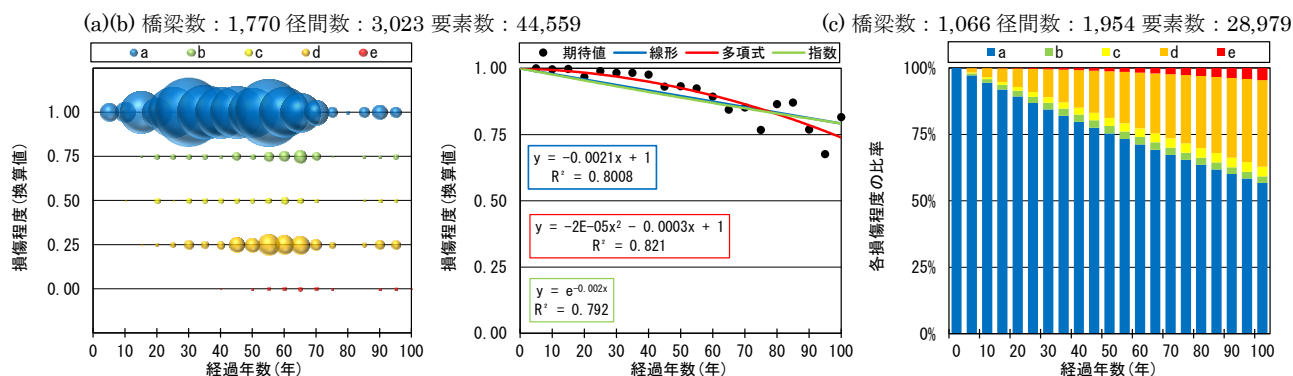
14) コンクリート橋 剥離・鉄筋露出 桁端部



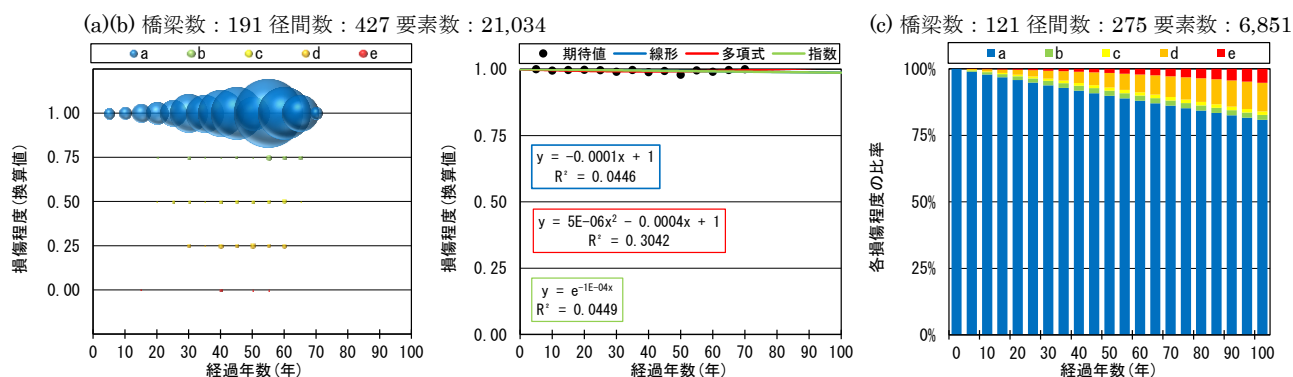
15) コンクリート橋 剥離・鉄筋露出 中間部



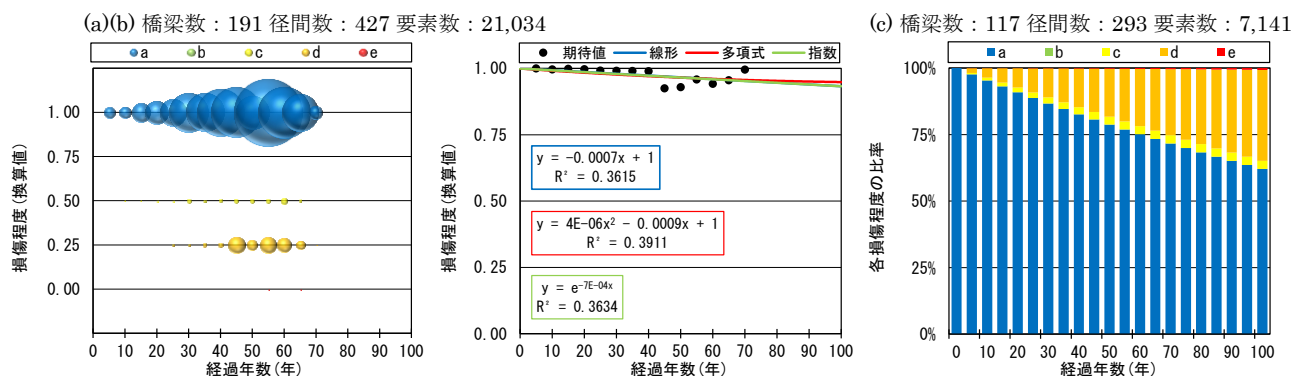
16) コンクリート橋 ひびわれ→剥離・鉄筋露出



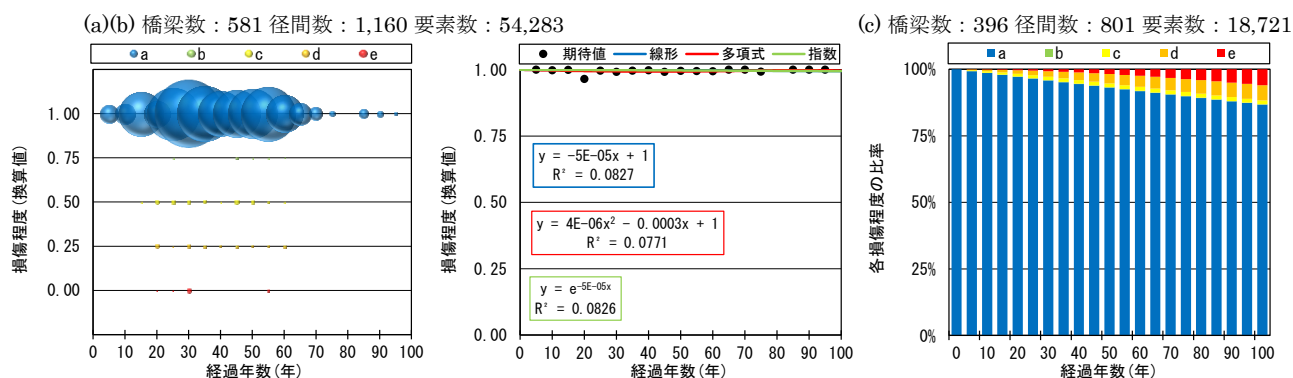
17) PC ポステン橋 ひびわれ



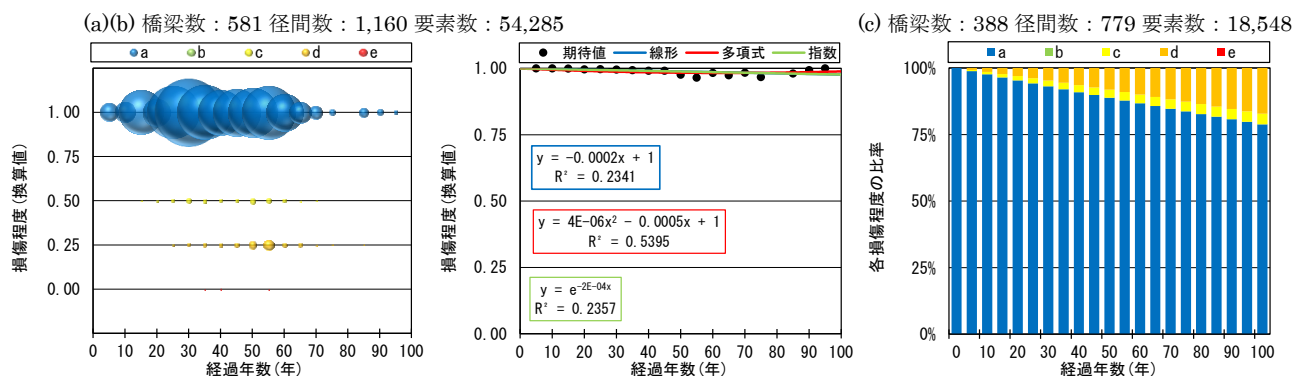
18) PC ポステン橋 剥離・鉄筋露出



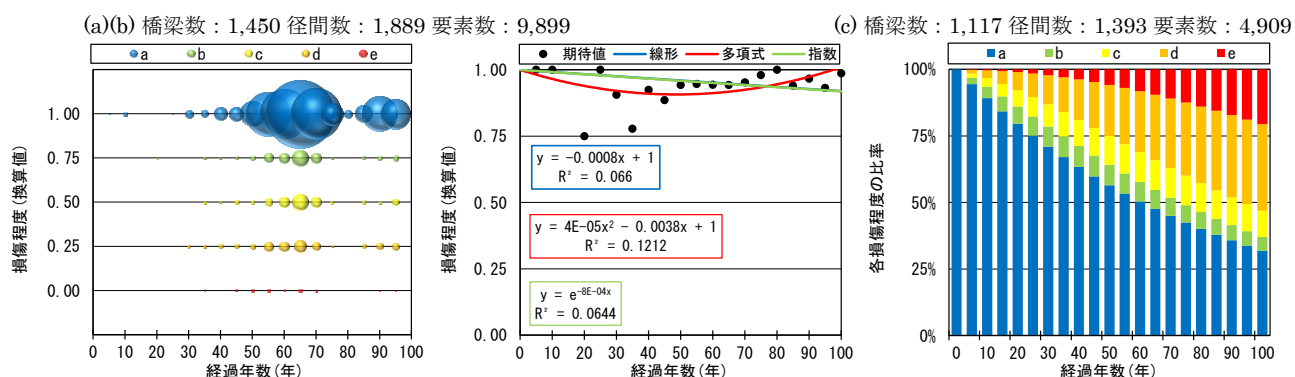
19) PC プレテン橋 ひびわれ



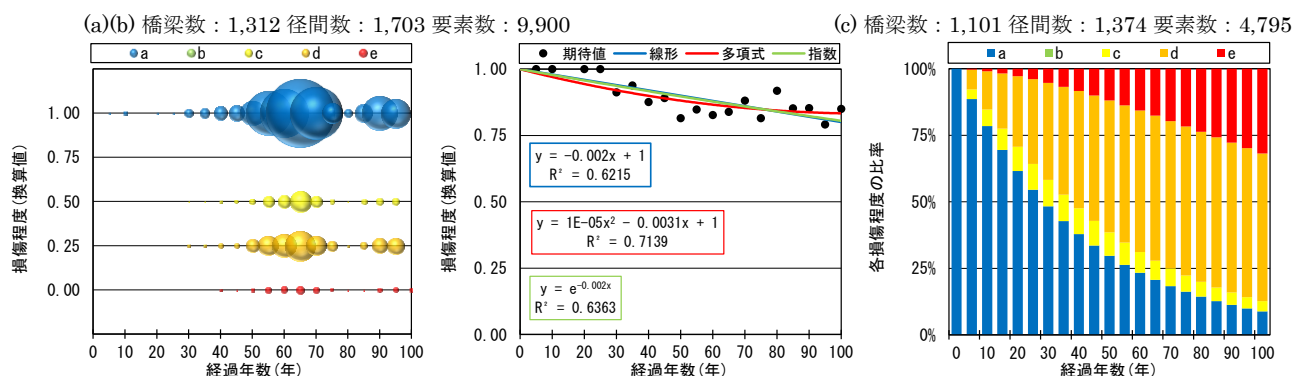
20) PC プレテン橋 剥離・鉄筋露出



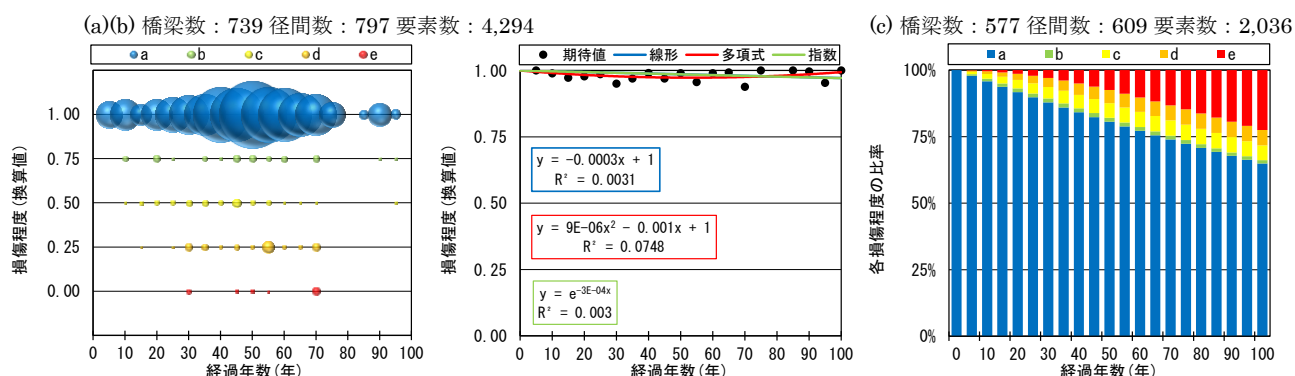
21) RC 橋 ひびわれ



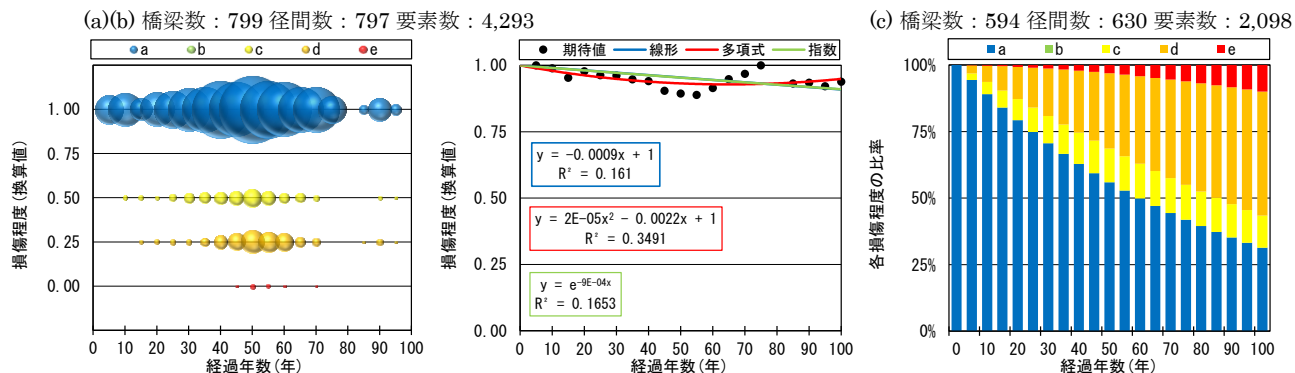
22) RC 橋 剥離・鉄筋露出



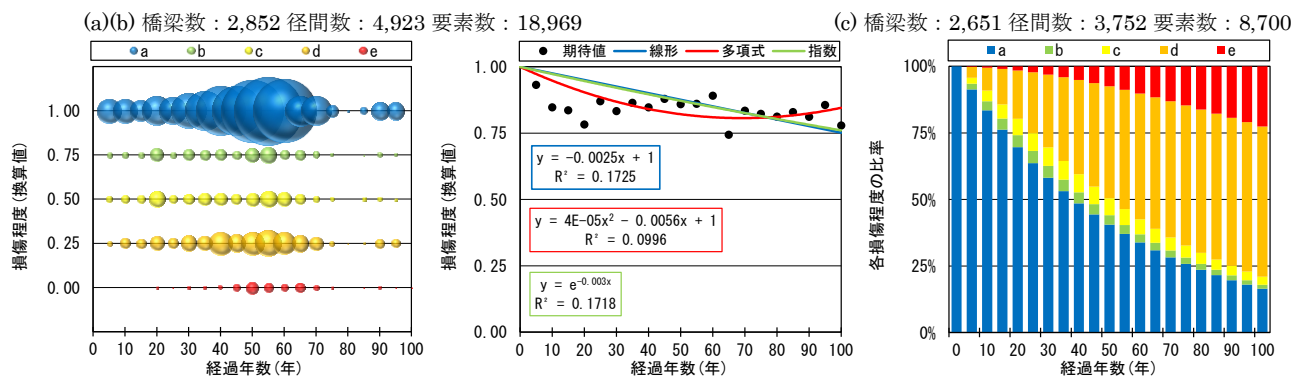
23) ボックスカルバート ひびわれ



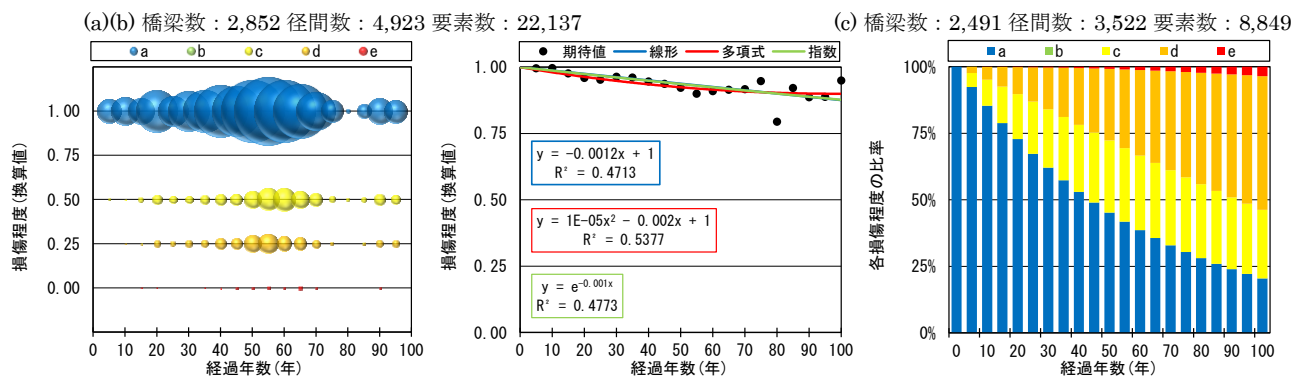
24) ボックスカルバート 剥離・鉄筋露出



25) 下部工 ひびわれ



26) 下部工 剥離・鉄筋露出



3.3.3 各種推計結果からの傾向分析結果

図 3-15 から図 3-40 までで示したグラフのうち直接推計（散布）とマルコフ遷移確率（数え上げ）結果について比較し、傾向についての分析結果を示す。

(1) 直接推計（散布）の推計結果と考察

各損傷別における回帰式について、式別で最も高い決定係数 R^2 について比較したものを図 3-41 に示す。鋼部材の損傷やコンクリート部材の剥離・鉄筋露出は決定係数の値が比較的高いため、経過年との関係が強い。一方、コンクリート部材のひびわれについては、決定係数が低く、経過年と損傷程度の相関は低いと考えられる。また、回帰式について表 3-4 のとおりで、経過年数に対して直線的な関係となっていない損傷が多い。

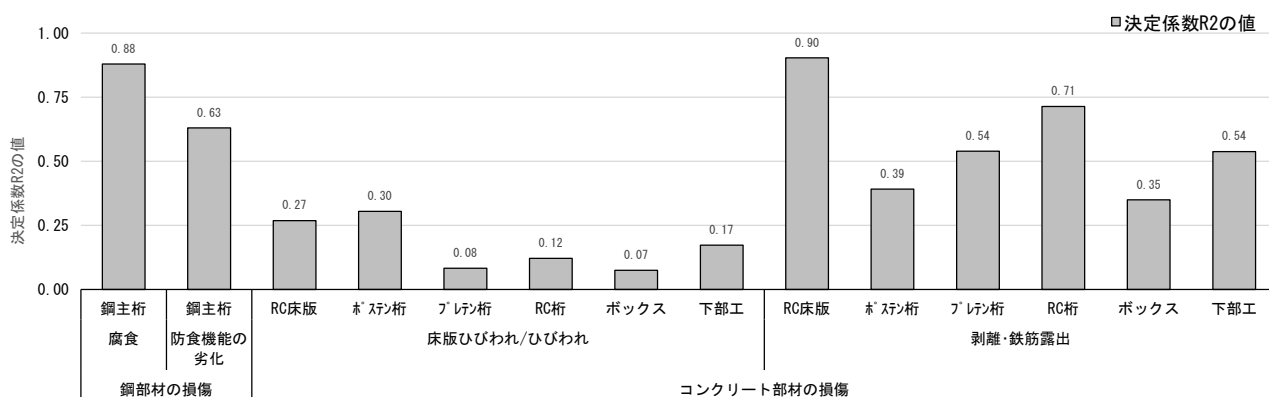


図 3-41 決定係数の比較

表 3-4 決定係数が最も高い型式

材料別	損傷種類別	構造部類別	決定係数が最も高い型式
鋼部材	腐食	鋼主桁	多項式
	防食機能の劣化		多項式
コンクリート部材	床版ひびわれ/ひびわれ	RC床版	線形
		ホーステン桁	多項式
		フレンテン桁	線形
		RC桁	多項式
		ボックス	多項式
		下部工	線形
	剥離・鉄筋露出	RC床版	多項式
		ホーステン桁	多項式
		フレンテン桁	多項式
		RC桁	多項式
		ボックス	多項式
		下部工	多項式

次に、耐荷力の観点から比較するため、防食機能の劣化や PC 桁以外のひびわれ損傷を除き、経過年 100 年における回帰式（線形）の損傷程度（換算値）について比較し整理した（図 3-42）。

その結果、鋼橋の腐食、RC 床版および RC 桁の剥離・鉄筋露出の経年劣化は、他の損傷より早く進む傾向にあると考えられる（図 3-43）。

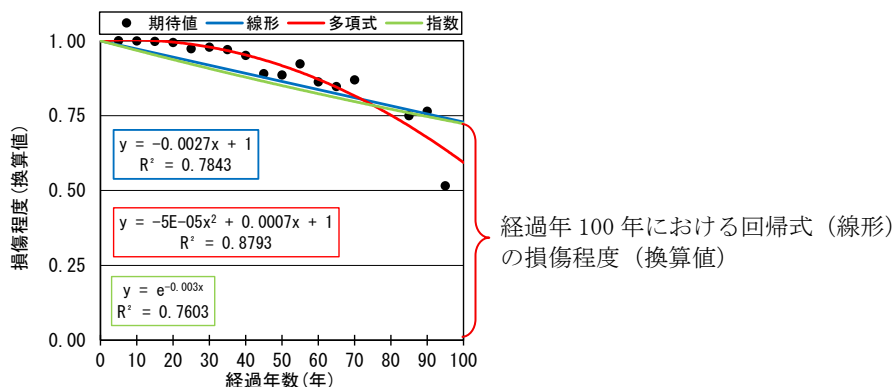
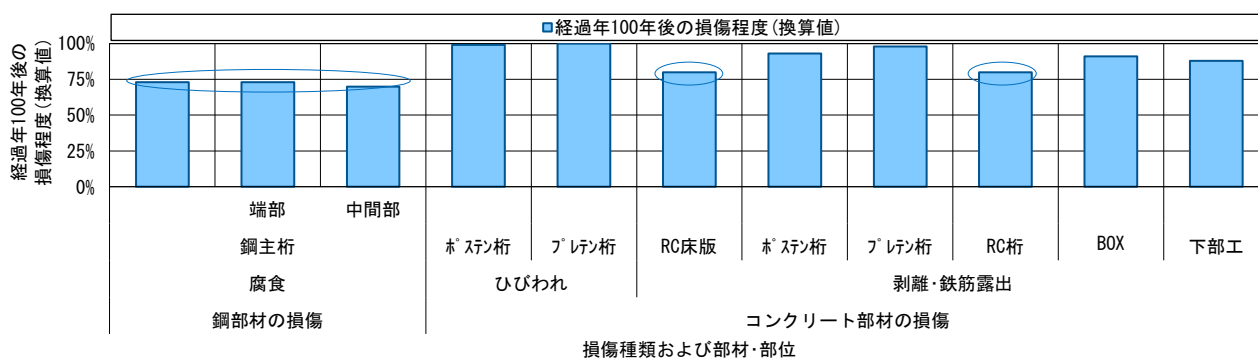
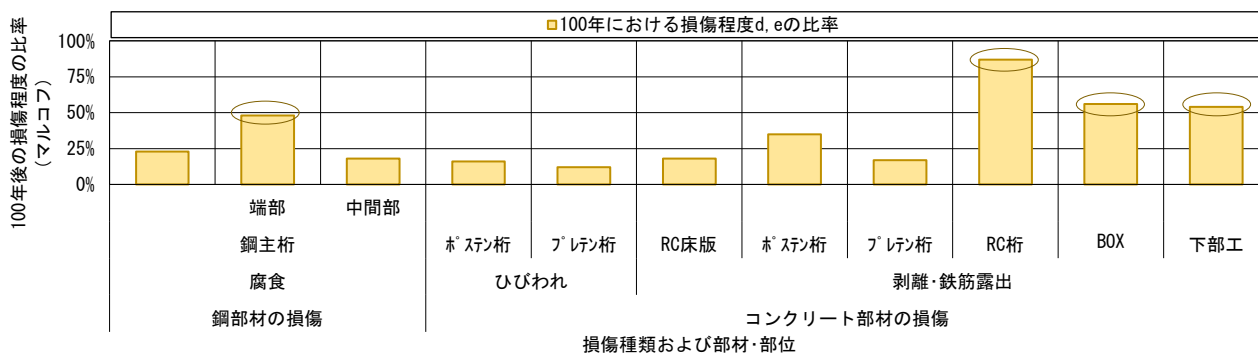
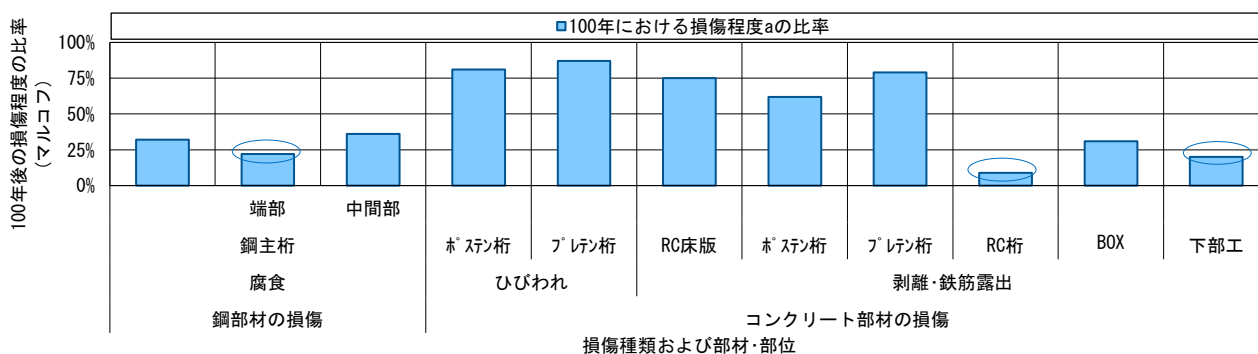
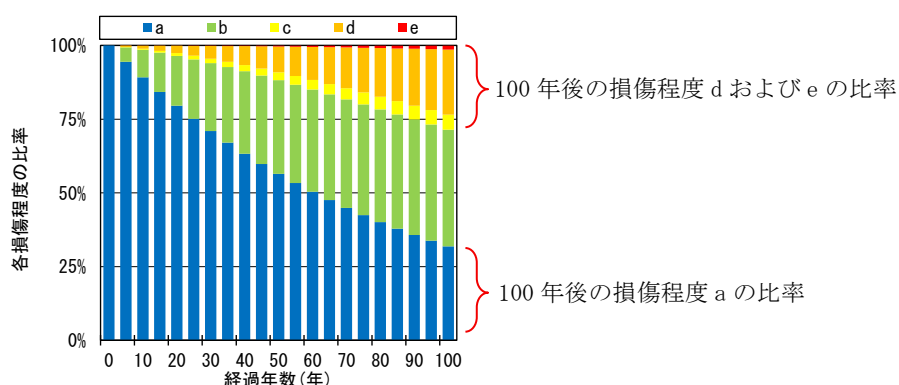


図 3-42 比較のための指標設定



(2) マルコフ遷移確率（数え上げ）からの推計結果と考察結果

図 3-44 に示す状態確率分布の 100 年間遷移させた後の各損傷別比率について、程度の悪い d および e と程度の良い a のそれぞれの比率として整理したものを図 3-45、図 3-46 に示す。



また、各損傷 b~e のうち d,e の占める割合を下記に示す。

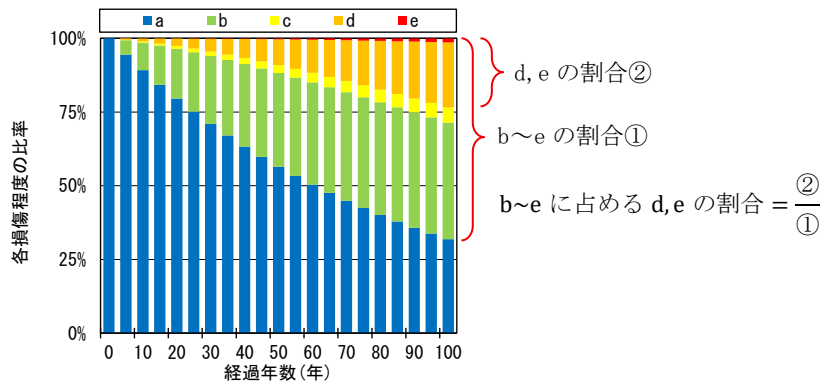


図 3-47 比較のための指標設定

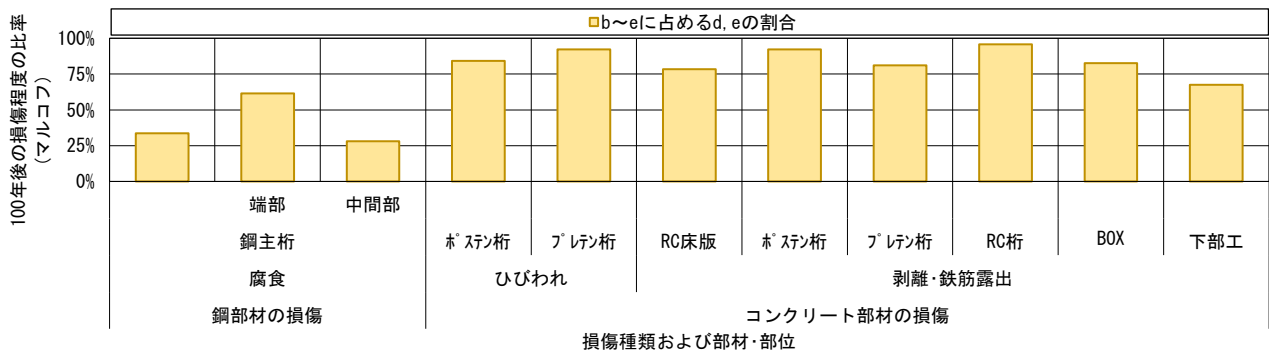


図 3-48 100 年後の損傷程度の比率 (b~e に占める d,e の割合)

- ・ 図 3-43 より、直接推計の回帰式から 100 年後の損傷程度 a の比率について比較した結果、鋼主桁の腐食、RC 床版および RC 桁の剥離・鉄筋露出で損傷程度が悪い値となった。
- ・ 図 3-45 よりマルコフ遷移確率から 100 年後の損傷程度 a の比率で比較した結果、直接推計の比較と同様、鋼主桁の腐食、RC 桁の剥離・鉄筋露出の他、下部工で損傷程度が悪い値となった。
- ・ 図 3-45 より、ひび割れ、剥離・鉄筋露出とも、ポステン桁はプレテン桁と比較し損傷程度が悪い。
- ・ 図 3-46 より、100 年後の損傷程度 d, e の比率で比較した結果でも、損傷程度 a の比率で比較した結果と概ね同様の傾向であった。
- ・ 図 3-48 より、ポステン桁、プレテン桁のひび割れや RC 桁の剥離・鉄筋露出は 100 年後の損傷程度 b~e の比率に対し損傷程度 d, e の割合が高い値となった。

3.3.4 地域別の劣化傾向

1) 凍結防止剤

凍結防止剤の影響について分析を行う。

特に鋼桁の RC 床版に対して、冬期の凍結防止剤散布による影響が大きいと考えたため、RC 床版の剥離・鉄筋露出を検討の対象とした。

他団体の基準などを参考とし、最低気温 2℃となる頻度※が高く凍結防止剤の散布量が多いと想定される地域（新城設楽建設事務所管内）と各建設事務所へのヒアリングから散布量実績が少ないと想定される地域（知多建設事務所、東三河建設事務所、西尾支所）とそれら以外の地域の 3 地域群を比較することで、影響程度について分析した（表 3-5）。

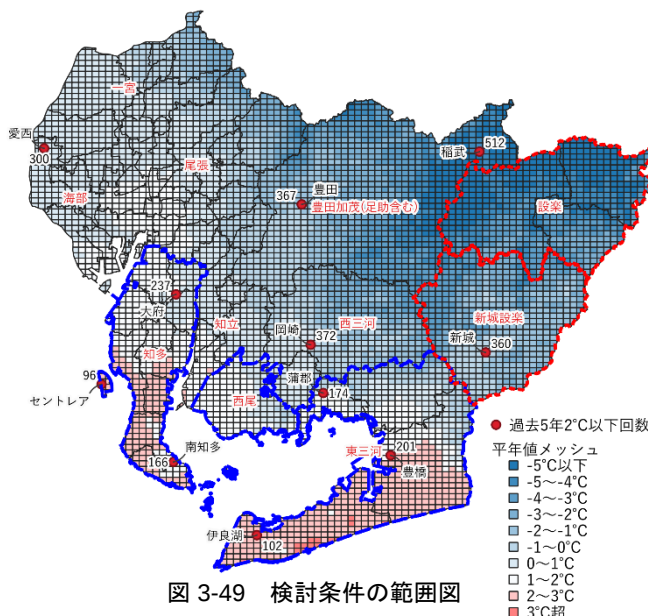


図 3-49 検討条件の範囲図

表 3-5 検討条件

凍結防止剤散布の影響 小	凍結防止剤散布の影響 中	凍結防止剤散布の影響 大
知多／東三河建設事務所 西尾支所	左記および右記以外	新城設楽建設事務所

※ 気象庁 過去の気象データ検索より県内の観測所の過去 5 年のデータをダウンロードして作成

※ 最低気温 2℃は、名古屋高速道路公社の凍結防止剤散布の目安の一つを参考

(1) 知多・東三河・西尾：鋼橋 RC 床版の剥離・鉄筋露出

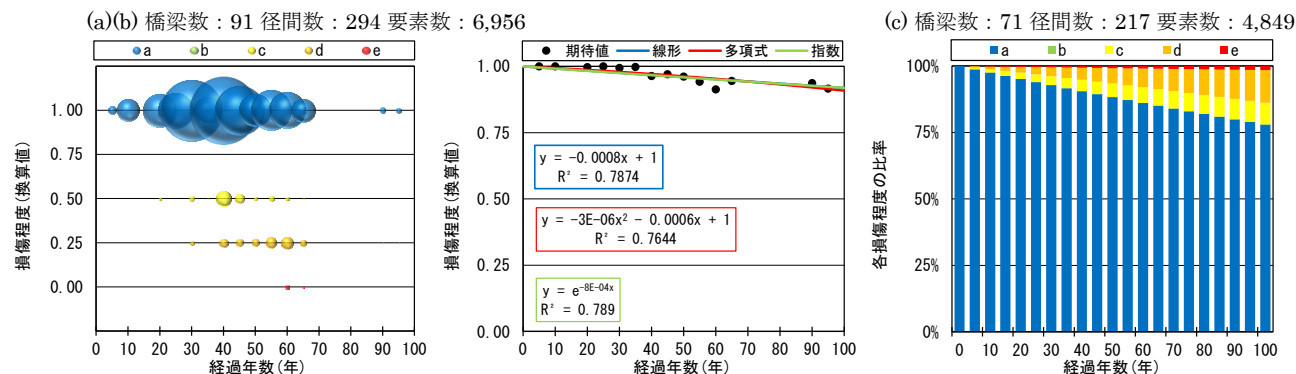


図 3-50 (a) バブルチャート／(b) 直接推計（散布）／(c) マルコフ遷移（数え上げ）

(2) 新城設楽：鋼橋 RC 床版の剥離・鉄筋露出

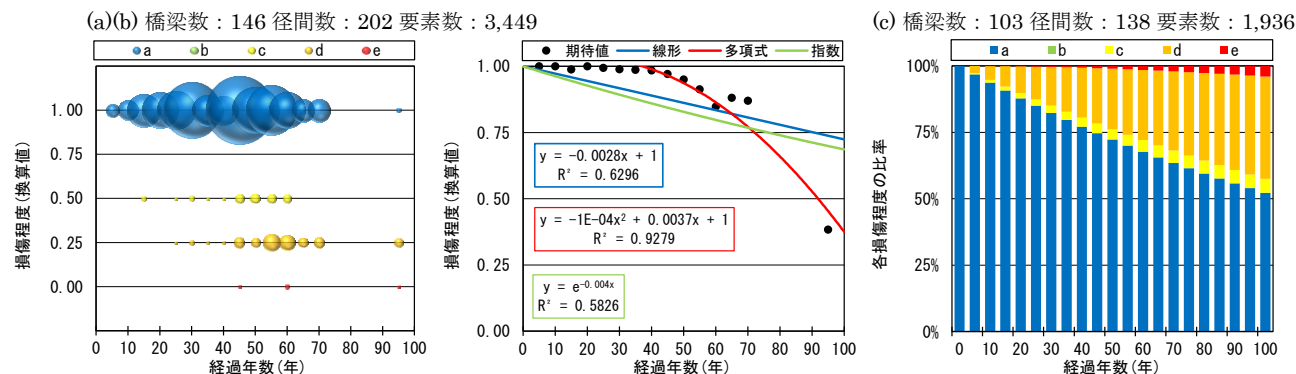


図 3-51 (a) バブルチャート／(b) 直接推計（散布）／(c) マルコフ遷移（数え上げ）

(3) 知多・東三河・西尾、新城設楽以外の地域：鋼橋 RC 床版の剥離・鉄筋露出

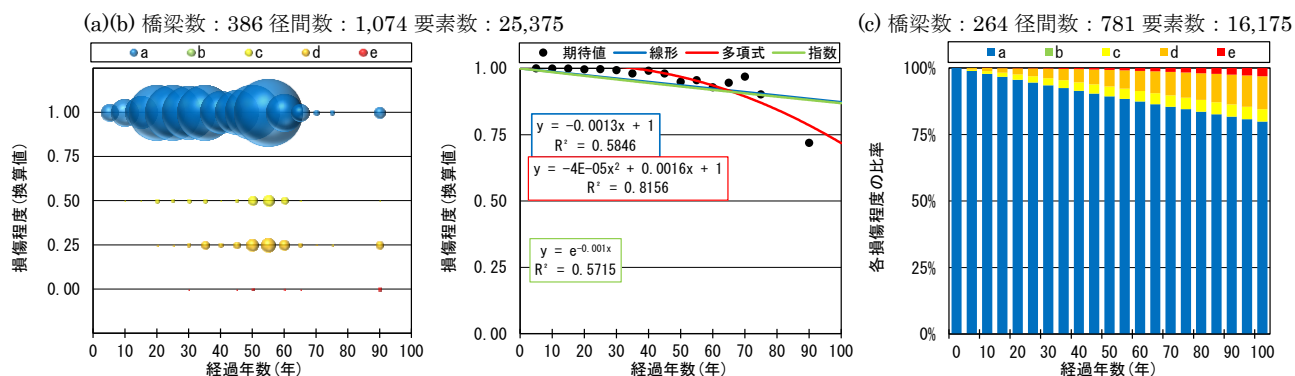


図 3-52 (a) バブルチャート／(b) 直接推計（散布）／(c) マルコフ遷移（数え上げ）

比較検討の結果、新城設楽の方が凍結防止剤の散布量が多く、直接推計（散布）、マルコフ数え上げとともに新城設楽の方が、劣化進行が早い推計結果となった。

2) 飛来塩分

飛来塩分が劣化要因と想定される損傷について、塩害地区と非塩害地区に区分して劣化傾向を確認した。塩害地区は海岸線から 200m 以内に位置する橋梁（表 3-6）とした。分析対象はコンクリート桁の「ひびわれ→剥離・鉄筋露出」の複合劣化（参考資料 2）(2) 参照）とした。

表 3-6 道示Ⅲの塩害区分

地域区分	海岸線からの距離	対策区分	影響度合い
愛知県 C	海上部及び海岸線から 20m まで	S	影響が激しい
	20m をこえて 50m まで	I	
	50m をこえて 100m まで	II	
	100m をこえて 200m まで	III	

表 3-7 環境条件の影響

環境条件	影響 小	影響 大
飛来塩分 (コンクリート桁)	海岸線から 200m 超	海岸線から 200m 以内

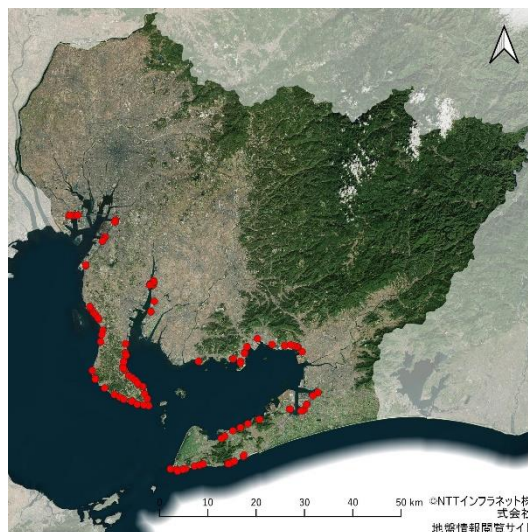


図 3-53 空間情報へのプロット

(1) 塩害地区（200m 以内）コンクリート桁 ひびわれ→剥離・鉄筋露出（複合劣化）

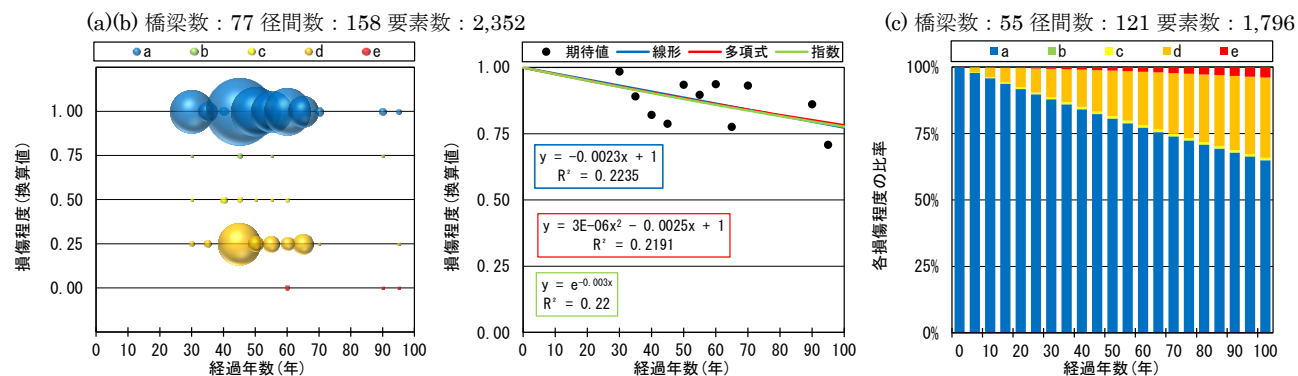


図 3-54 (a) バブルチャート／(b) 直接推計（散布）／(c) マルコフ遷移（数え上げ）

(2) 塩害地区以外（200m 超）コンクリート桁 ひびわれ→剥離・鉄筋露出（複合劣化）

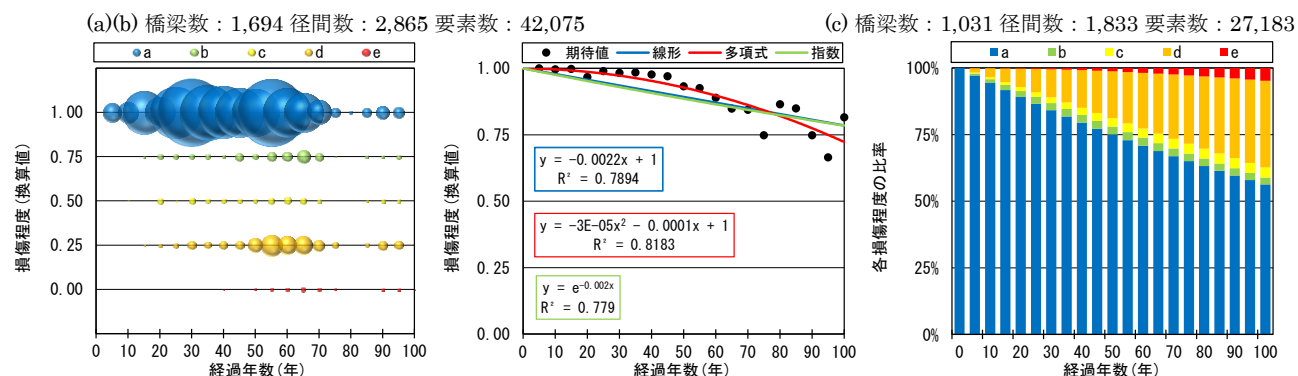


図 3-55 (a) バブルチャート／(b) 直接推計（散布）／(c) マルコフ遷移（数え上げ）

バブルチャートから塩害地区は経過 30 年から損傷の発生が増加する傾向がみられた。一方、直接推計（散布）、マルコフ遷移（数え上げ）では劣化の進行に明確な差はみられなかった。

ただし、海岸線から 200m 以内の対象は 77 橋とかなり限定されたデータでの推計である。

また、海岸線から 200m 以内のバブルチャート、直接推計（散布）ではデータのバラツキが比較的大きい。

3) アルカリ骨材反応

アルカリ骨材反応（以下、ASR）を劣化要因とする損傷は、経年劣化よりも材料的な問題と考えられる。ASR 劣化要因の損傷が多い下部工を対象部材とし、点検 1 巡目（2014～2018 年度）の点検調書の所見欄に ASR の損傷に関する記載のある橋梁の抽出を行った（102 橋）。

次に文献等※を参考に、県内の地質分布とともに空間情報へプロットした（図 3-56）。地質分布は、反応性骨材の地質・岩石分布（新第三紀火山岩類、チャートを含む付加体コンプレックス（ジュラ紀付加体）、花崗岩、変成岩）とした。

表 3-8 右図の凡例

A	●	：新第三紀火山岩類
B	●	：チャートを含む付加体コンプレックス（ジュラ紀付加体）
C1	●	：花崗岩
C2	●	：変成岩
S	●	

※文献「中部地方における反応性骨材の岩石・地質学的調査とフライアッシュコンクリートの地域実装」

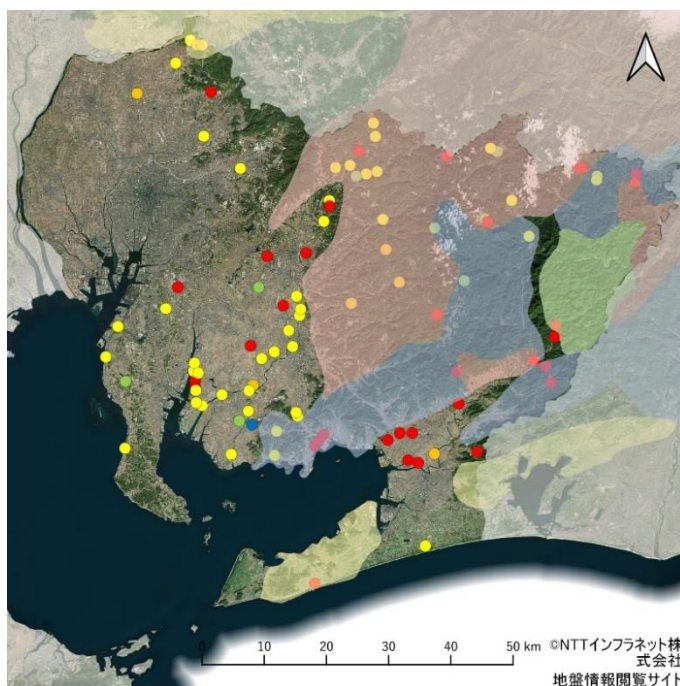


図 3-56 空間情報へのプロット

反応性骨材を使用していた可能性のある年代は、通達「コンクリート中の塩化物総量規制及びアルカリ骨材反応暫定対策について（空建第 92 号 昭和 61 年 7 月 14 日付け）」以前であるため、その基準年（1986 年）以前・以降についても損傷状況を確認した（図 3-57）。

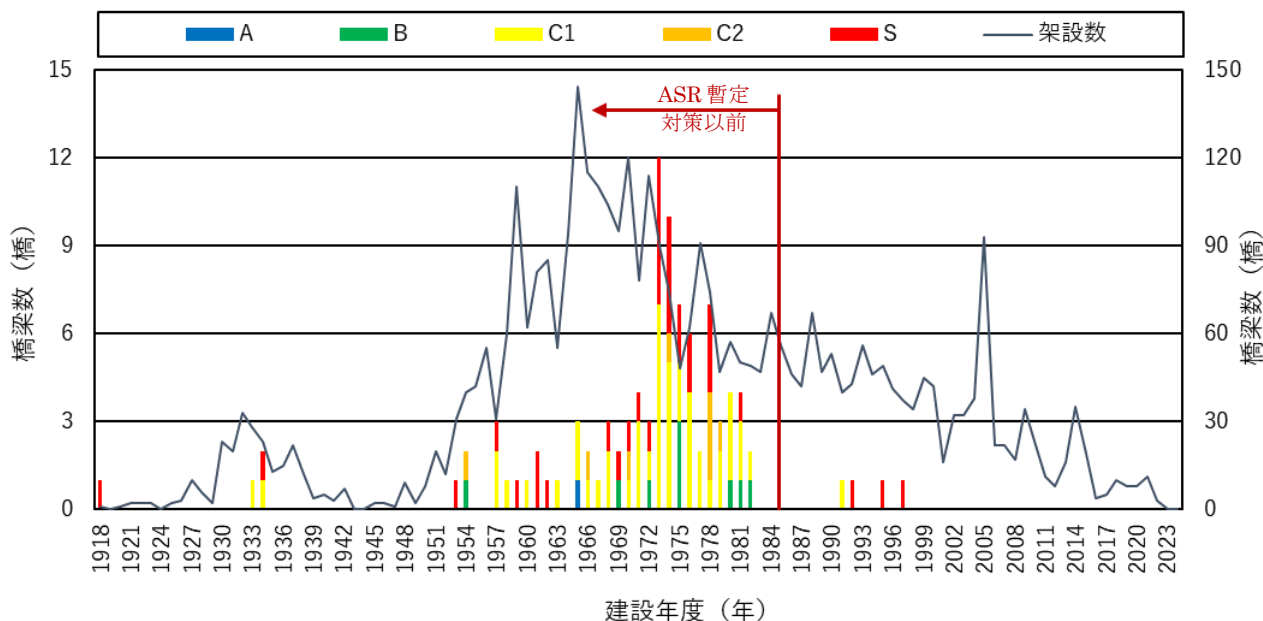


図 3-57 建設年度と橋梁数

空間情報へプロットした結果、ASR 劣化橋梁は県内の全域に分布していることがわかった。一方、建設年代別では ASR 暫定対策以前に建設された橋梁の損傷がほとんどであった。

※図中の折れ線は橋梁全体の建設年度と橋梁数を示す。

3.3.5 その他の劣化要因別の劣化傾向

1) 桁端部の腐食

(1) 伸縮装置損傷有無

鋼桁端部が伸縮装置からの漏水が劣化要因と想定される腐食損傷について、伸縮装置損傷ありとなしに区分して劣化傾向を確認した。ここで損傷ありとは、伸縮装置の健全度 C1, C2, S1, S2 のいずれかの場合とした。損傷なしとは伸縮装置の健全度 A, B, M のいずれかの場合とした。

【伸縮装置損傷あり】鋼主桁端部 腐食

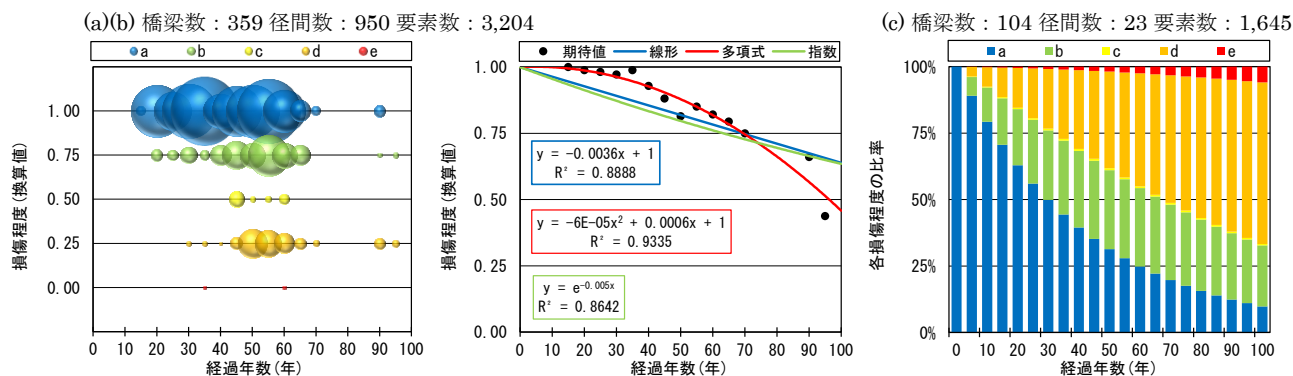


図 3-58 (a) バブルチャート／(b) 直接推計（散布）／(c) マルコフ遷移（数え上げ）

【伸縮装置損傷なし】鋼主桁端部 腐食

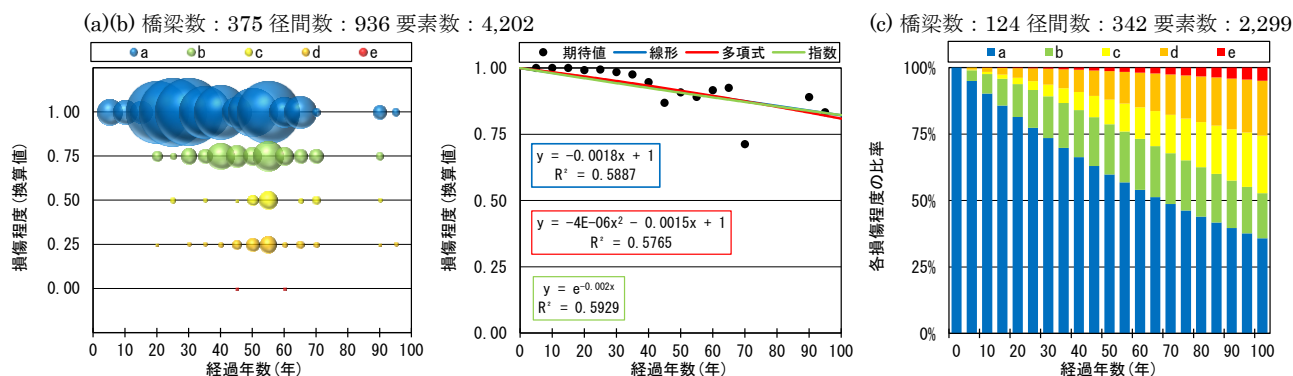


図 3-59 (a) バブルチャート／(b) 直接推計（散布）／(c) マルコフ遷移（数え上げ）

バブルチャートから、伸縮装置損傷ありの方に腐食 d が多く発生していることがわかる（図 3-58、図 3-59 の(a)）。直接推計(散布)から、40 年以降で差が生じ、伸縮装置損傷ありの方が劣化が進行していることがわかる（同 (b)）。マルコフ遷移確率から、伸縮装置損傷ありの d 以上に遷移する確率が高いことがわかる（同 (c)）。

(2) 重回帰分析

劣化要因の仮説を立て、説明変数の設定を行った。

表 3-9 桁端部腐食の目的変数、説明変数

目的変数	説明変数		
y	x_1	x_2	x_3
損傷程度値 (表 3-3 参照)	橋齢（老朽化、水の影響を受ける期間、塗装基準）	凍結防止剤 (散布回数大小の影響)	伸縮装置損傷 (損傷部からの漏水の影響)
a=1.00 b=0.75 c=0.50 d=0.25 e=0.00	建設後経過年数 2024-建設年	管理事務所別の最寄り気象庁観測所における過去 5 年間の日最低気温 2℃を下回る回数	伸縮装置損傷有無 (ダミー変数 損傷有り=1、 損傷無し=0)

損傷程度(a～e)は重回帰分析のため数値化（0～1 の範囲）により換算値（a=1.00, b=0.75, c=0.50, d=0.25, e=0.00）へ変換する。

重回帰分析の結果を以下に示す。重回帰分析結果の各数値は以下の通りである。

- ・ **係数**：重回帰モデルの各係数。 $y = a_1x_1 + a_2x_2 \cdots + a_nx_n + b$
- ・ **標準誤差**：重回帰分析による目的変数の推定値が観測値に対してどの程度散らばっているかを表す。
- ・ **t 値**：それぞれの説明変数が目的変数に与える影響の大きさを表し、絶対値が大きいほど影響が強いことを示す。t 値の絶対値が 2 より小さい場合は、統計的にその説明変数は目的変数に影響しないと判断できる。
- ・ **p 値**：各説明変数の係数が統計的に有意かどうかを評価する指標である。p 値が小さいほど、その変数はモデルに対して統計的に有意な影響を持つと言え、通常 0.05 以下の場合に有意とされる。
- ・ **決定係数 R2**：目的変数（損傷程度）が説明変数（損傷への影響因子）によって説明される割合を示す、分析結果の当てはまりの良さを判断する指標のひとつ。0～1 の範囲の値を取り、基本的に決定係数が 1 に近いほど当てはまりがよい。

表 3-10 桁端部の腐食に関する重回帰分析結果

橋種	評価部材	影響因子 (説明変数)	係数	標準誤差	t 値	p 値	決定係数 R2
鋼橋	主桁端部	橋齢	-3.96×10^{-3}	7.75×10^{-5}	-51.16	0	0.074
		凍結防止剤	1.47×10^{-4}	1.49×10^{-5}	9.83	9.17×10^{-23}	
		伸縮装置損傷	-0.0236	2.54×10^{-3}	-9.29	1.69×10^{-20}	

- ・ t 値が示す影響の大きさは橋齢の影響（51.16）が最も大きい。凍結防止剤（9.83）と伸縮装置損傷（9.29）の影響がほぼ同程度である。
- ・ p 値に関していずれも 5%未満であることから、損傷程度の劣化予測について有効な影響因子である。
- ・ 決定係数 R2 は 0.074 であり、選択した影響因子による損傷程度の低下に対する影響の割合は約 7.4%程度で、当てはまりはよくない。

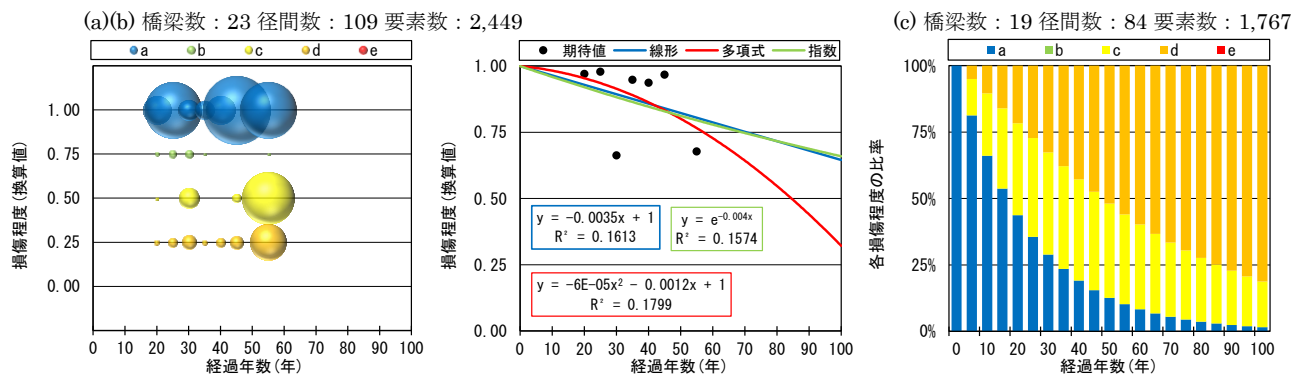
2) RC 床版の疲労

(1) 大型車交通量

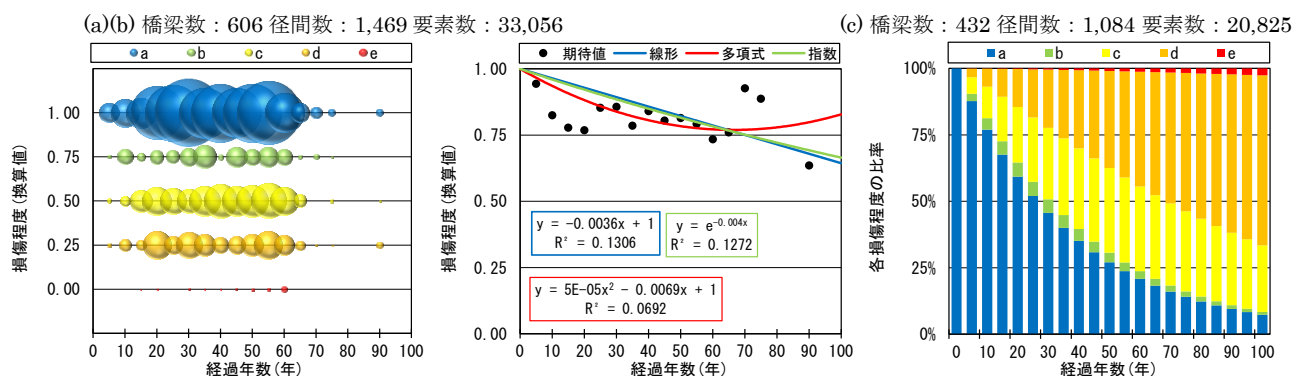
表 3-1 分析項目④について分析を行う。

RC 床版のひびわれに関して、大型車交通量の影響が劣化要因であるか確認した。閾値は参考文献 2) を参考とし、大型車交通量 5,000 台/日とした。

【大型車交通量：5,000 台/日以上】鋼橋 RC 床版 ひびわれ



【大型車交通量：5,000 台/日未満】鋼橋 RC 床版 ひびわれ



この比較検討では、大型車交通量 5,000 台/日以上と未満で、ひびわれ損傷に対して、明確な違いは見られなかった。

ただし、大型車交通量 5,000 台/日以上路線は少なく、対象は 23 橋とかなり限定されたデータでの推計である。

また、大型車交通量 5,000 台/日以上路線のバブルチャート、直接推計（散布）ではデータのばらつきが比較的大きい。

(2) 床版基準

表 3-1 分析項目④について分析を行う。

床版のひびわれについて設計法が大きく改定された 1973 年（昭和 48 年）の道路橋示方書より前の床版（以下 S48 道示前）と以降の床版（以下 S48 道示後）の比較をした。

【S48 道示前】鋼橋 RC 床版 ひびわれ

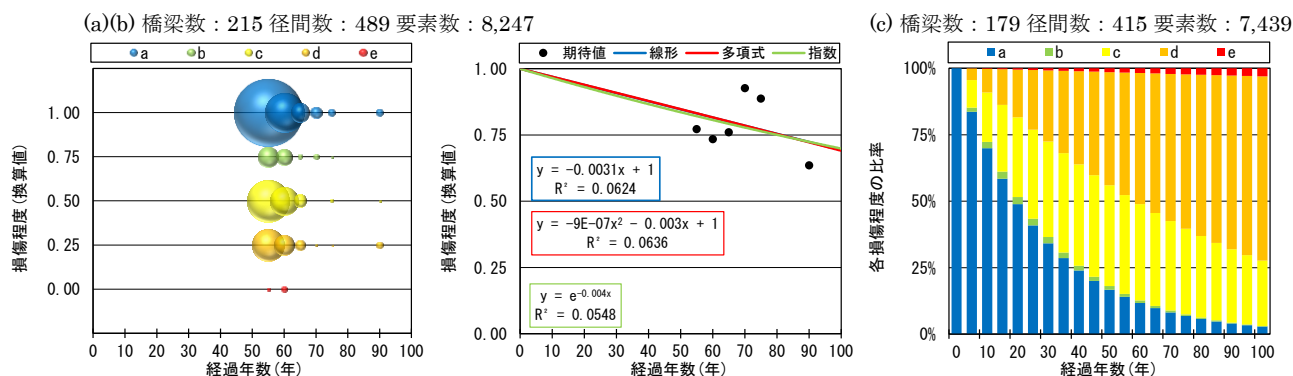


図 3-62 (a) バブルチャート／(b) 直接推計（散布）／(c) マルコフ遷移（数え上げ）

【S48 道示後】鋼橋 RC 床版 ひびわれ

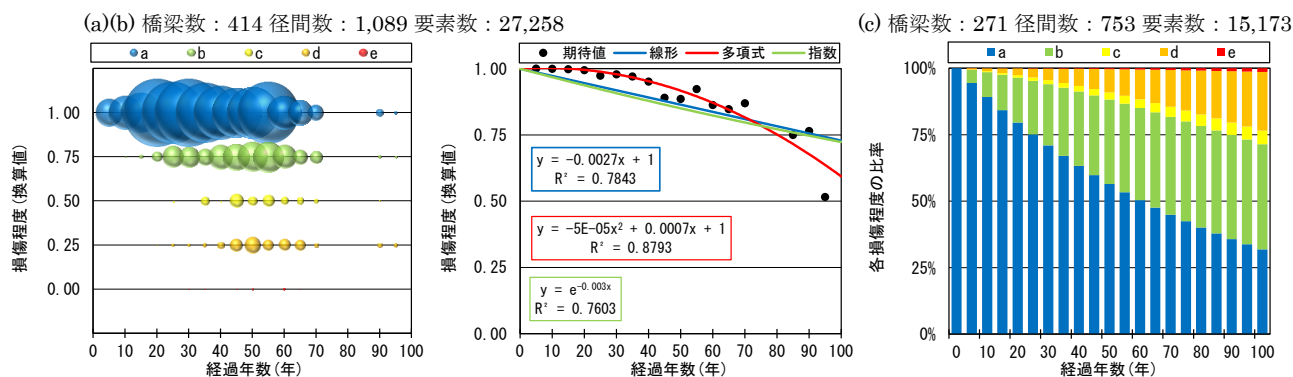


図 3-63 (a) バブルチャート／(b) 直接推計（散布）／(c) マルコフ遷移（数え上げ）

マルコフ遷移確率で比較すると S48 道示前は損傷程度 c の割合が経過年 10 年から増加している。経過 100 年までの損傷程度 d, e の劣化遷移は S48 道示前が若干、早い傾向にある。

(3) 重回帰分析

劣化要因の仮説を立て、説明変数の設定を行った。

表 3-11 RC 床版のひびわれの目的変数、説明変数

目的変数	説明変数				
y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
損傷程度値	橋齢（老朽化、軸重累積期間、設計基準）	大型車交通量（軸重の大きさ）	支間長（衝撃、たわみの影響）	凍結防止剤（散布回数大小の影響）	塩害（飛来塩分の大小の影響）
a=1.00 b=0.75 c=0.50 d=0.25 e=0.00	建設後経過年数 2024-建設年	昼間 12h 交通量 ×大型車混入率 /車線数 (台)	各径間支間長(m)	管理事務所別の最寄り気象庁観測所における過去 5 年間の日最低気温 2℃を下回る回数	海岸線からの距離（ダミー変数 200m 未満=1、以上=0）

重回帰分析の結果を以下に示す。

表 3-12RC 床版のひびわれに関する重回帰分析結果

橋種	評価部材	影響因子	係数	標準誤差	t 値	p 値	決定係数 R2
鋼橋	RC 床版	橋齢	-4.70×10^{-4}	$1.16E \times 10^{-4}$	-4.07	4.77×10^{-5}	0.031
		大型車交通量	9.97×10^{-7}	1.84×10^{-6}	0.54	0.59	
		支間長	-3.04×10^{-3}	8.48×10^{-5}	-35.85	1.11×10^{-277}	
		凍結防止剤	-2.08×10^{-4}	1.90×10^{-5}	-10.97	5.65×10^{-28}	
		塩害	0.0556	0.0105	5.32	1.07×10^{-7}	

- ・ t 値が示す影響の大きさは支間長（35.85）の影響が大きく、続けて凍結防止剤（10.97）、塩害（5.32）の順で影響が大きい結果である。最も影響が小さい影響因子は大型車交通量であり、t 値の絶対値も 2 以下であるため、損傷程度への影響度は小さいという結果である。
- ・ p 値に関して支間長、凍結防止剤、塩害のいずれも 5%未満であることから、損傷程度の劣化予測について有効な影響因子である。
- ・ 決定係数 R2 は 0.031 であり、選択した影響因子による損傷程度の低下に対する影響の割合は約 3.1%程度で、当てはまりはよくない。

3.3.6 うきの発生状況

橋梁点検1巡目（2014～2018年度）の点検調書より、対象部材は鋼橋のRC床版、コンクリート桁とし、損傷種類“うき”（a, e）の発生している橋梁を抽出した。ただし、第三者影響を有する橋梁は除外した。

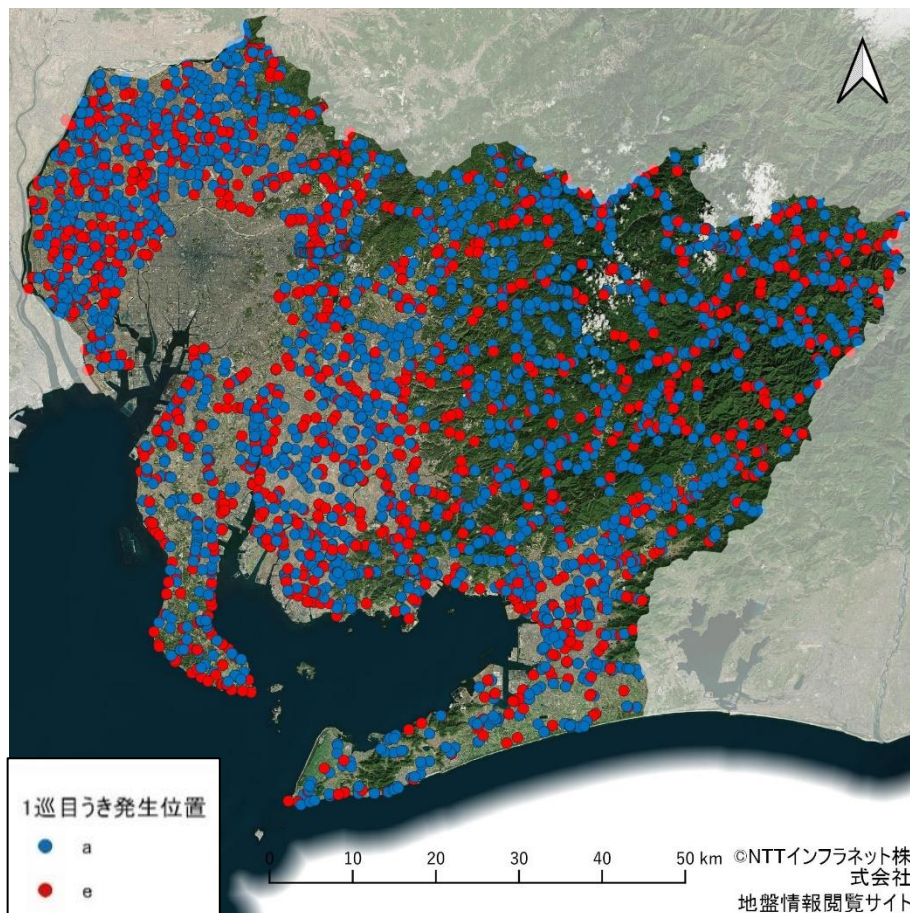


図 3-64 RC 床版、コンクリート桁の“うき”の地理空間情報へのプロット

あわせて建設年代との関係をグラフに示す。

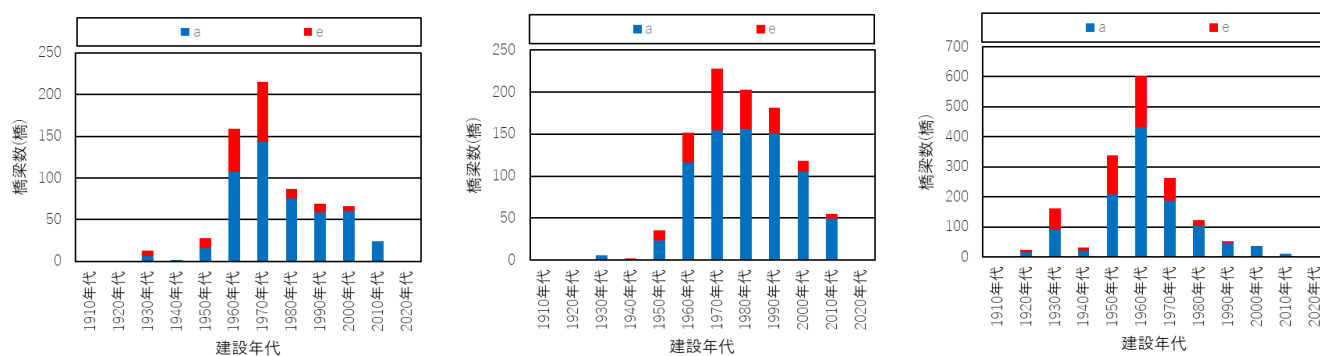


図 3-65 (左) 鋼橋 RC床版 (中) PC 橋 上部工 (右) RC 橋 上部工

分析の結果、RC 床版、コンクリート桁のうきは、地域において偏りなく発生している。

RC 床版、コンクリート桁に関わりなく、損傷度 e のうきの発生がみられる。建設年代による偏りもみられなかった。

3.3.7 塗膜割れ・ボルトのゆるみ・脱落の発生状況

橋梁点検 1 巡目（2014～2018 年度）の点検調書より、鋼橋における損傷種類の“き裂”および“ボルトゆるみ・脱落”の発生している橋梁を抽出した。

き裂およびボルトのゆるみ・脱落の発生状況について、橋梁の経過年と大型車交通量（台/12 時間）の分布の結果を、図 3-66、図 3-67 に示す。

疲労き裂が疑われる塗膜割れが確認された橋梁は図 3-66 に示す 32 橋（全体の 3.3%）であり、多くが建設後 40 年以上を経過した橋である。

ボルトの脱落が確認されている橋梁の多くも、建設後 40 年以上を経過した橋が多い。ここでは F11T 使用との関係性は確認できなかった。

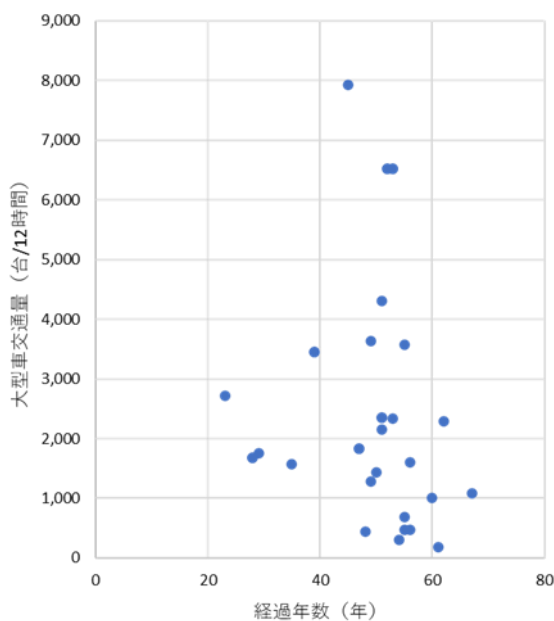


図 3-66 き裂の経過年と大型車交通量における発生状況

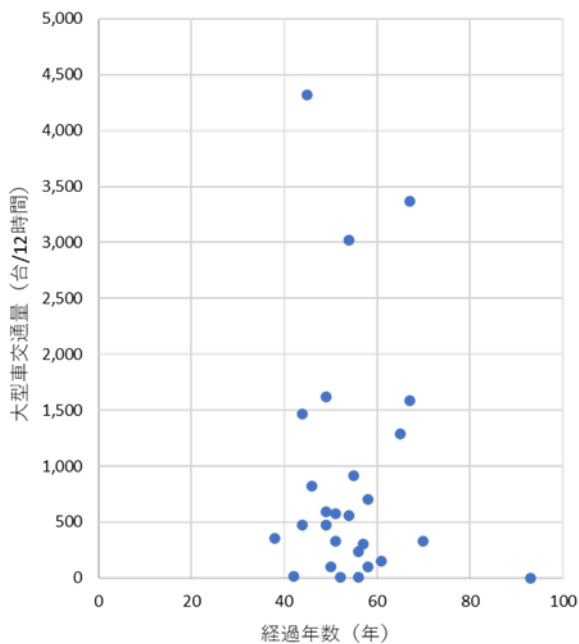


図 3-67 ゆるみ・脱落の経過年と大型車交通量における発生状況

3.4 まとめ

3.4.1 劣化傾向分析

1) 全体

- ・橋梁全体としては、経年的に劣化が進行する傾向である。
- ・個々の橋梁の劣化進行には、大きなばらつきがある。

2) 橋種別

- ・鋼橋、PC 橋、RC 橋は、経年的な劣化傾向にあるが、ボックスカルバートは明確でない。
- ・橋梁種別の経年劣化傾向について、健全度で比較した場合では、鋼橋の劣化が最も早く、RC 桁、PC 桁は、ほぼ同等である。ボックスカルバートは、ばらつきが比較的大きく健全度はあまり低下しない。

3) 部材別・損傷種類別

- ・鋼主桁の損傷およびコンクリート部材の剥離・鉄筋露出については、経年的な劣化傾向がみられるがコンクリート部材のひび割れは、経過年との相関性が低い。
- ・部材種別や損傷別の劣化進行について比較した場合は、鋼橋の腐食、RC 床板や RC 桁の剥離・鉄筋露出の劣化が早く、コンクリート主桁で比較した場合は、RC 桁の劣化進行が最も早く、PC 桁ではポステン桁の方がプレテン桁よりやや早い。
- ・PC 桁は基本的に劣化に強い傾向であるが、損傷が確認された場合は、早期に損傷程度が悪くなる。
- ・鋼主桁およびコンクリート主桁では、桁端部の方が中間部と比べ劣化の進行が早い。
- ・鋼桁端部の腐食は、伸縮装置が損傷している場合、劣化の進行が早く早期に損傷程度が悪くなる。
- ・RC 床版のひびわれに対する大型車交通量（5,000 台/日以上）の影響は、それほど大きくはない。
- ・RC 床版の剥離・鉄筋露出は、凍結防止剤散布の散布量が多い地域で、劣化進行が早い。
- ・コンクリート主桁の劣化については、塩害地区（海岸線から 200m 以内）データのばらつきが大きいが、非塩害地区との比較では劣化進行に明確な差はみられない。
- ・ASR は、対策の通達がされた 1986 年以前に建設された橋梁で損傷が多い。
- ・空間情報を活用した損傷状況の把握では、ASR やうきの発生状況を含め、特定の地域性は確認できなかった。
- ・鋼主桁の腐食や RC 床版のひび割れについて、説明変数を絞り込み重回帰分析を行ったが、説明性のある結果は得られなかった。

3.4.2 今後の予防保全措置段階の橋梁に対する対策の方向性

- ・経年的に劣化が進行することから、建設年次が古い橋梁を優先する。
- ・劣化進行が比較的速い鋼橋の腐食や、コンクリート桁の中では劣化進行の早い RC 橋の剥離・鉄筋露出を優先する。
- ・端部は、損傷程度が悪くなりやすいため、損傷した伸縮装置の取り替え等の漏水対策を優先する。
- ・PC 桁のひびわれ損傷が生じた場合は、損傷程度が悪くなりやすいため、早期に検討する。
- ・凍結防止剤の散布量が多い地区の RC 床版は、劣化進行が早いいため、早期に検討する。
- ・塩害地区の橋梁では損傷の発生にばらつきがあり、外観に顕著な損傷がなくとも飛来塩分が影響し部材内部で鋼材腐食が進展している可能もあるため、調査を検討する。
- ・損傷数の多いうきは、経年的な劣化傾向や地域性がみられないことから、かぶり不足などの初期欠陥が主な要因と考えられ予防保全的な修繕は困難と考える。そこで、第三者被害予防措置の範囲も含め、早期措置段階となった時点での措置とする。

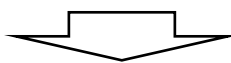
参考資料

- 1) 部材・部位の設定について
- 2) 複合劣化について
- 3) 空間情報へのプロット

(1) 点検データの抽出

- ・“定期点検記録様式（その 7） 対策区分判定結果（主要部材）”のデータ
- ・“データ記録様式（その 11） 損傷程度の評価記入表（主要部材）”のデータ
- ・径間毎、部材毎、要素毎の損傷種類・損傷程度等のデータ
(実際には調書に現れない損傷程度 a のデータも含む)

データ登録様式(その11) 構造程度の評価記入表(主要部材)						部 材 番 号	1	起点角	緯度	経度	34° 41' 24.3"	32° 13' 01.6"	終点角	緯度	経度	34° 41' 24.8"	32° 13' 14.2"	橋梁ID	03090-0
フリガナ 橋 梁 名						橋 梁 名	(2)登録橋梁名	管理者	東三河建設事務所				橋梁コード	BFO-230006-03590					
工 程	材 料	部材種別			構造程度の評価			単位	評価 パターン	評価の理由	分類								
		名 称	記号	基準番号	構造程度の評価	定量的に取得した値	評価												
S	C	主桁	M ₁	0101	b			(9)	ひびわれ										
S	C	主桁	M ₂	0101	c				割断・軟弱露出										
S	C	主桁	M ₂	0101	d				割断・軟弱露出										
S	C	主桁	M ₂	0304	d				割断・軟弱露出										
S	C	主桁	M ₂	0801	d			(4)	ひびわれ										
S	C	横桁	C ₁	0101	d				割断・軟弱露出										
S	C	横桁	C ₁	0105	d				割断・軟弱露出										
S	C	横桁	C ₁	0201	d				割断・軟弱露出										



分析用データ一覧表の作成

棟号	仕番	ID	構造物	根拠名	部材仕様	部材仕様	部材仕様	損傷の態	損傷の態	対応区分	対応区分	損傷種別	損傷種別	加工工	直接工事	原因	健全度	健全度	所見	健全度	健全度	健全度	健全度	健全度	健全度
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			3	12	き	3	12	き	主桁0107	0	その他	I	II	2うきが生じ	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			3	b	b	B	2	6	ひびわれ	主桁01ひ	0	その他	I	II	1ひびわれ	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			7	e	C1	3	12	き	主桁01ひ	0	その他	I	II	2うきが生じ	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			8		B	2	8	漏水・遮断	排水管破損	0	その他	I	II	1遮断石灰土	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			1	e	C1	3	12	き	前面修繕工	1320	その他	I	II	2うきが生じ	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			1	b	b	B	2	6	ひびわれ	ひびわれ注	76	その他	I	II	11方向の横割	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			1	d	C1	3	8	漏水・遮断	主桁01ひ	0	その他	I	II	2ひびわれ	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			7	d	C1	3	7	剥離・鉄筋	主桁0107	0	その他	I	II	3剥離・鉄筋	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			7	d	B	2	8	漏水・遮断	排水管破損	0	その他	I	II	2遮断石灰土	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			7	d	C1	3	7	剥離・鉄筋	主桁0107	0	その他	I	II	2剥離・鉄筋	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			6	ひびわれ	C1	3	6	ひびわれ	主桁0107	0	その他	I	II	2遮断石灰土	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			7	d	C1	3	8	漏水・遮断	主桁01ひ	0	その他	I	II	2ひびわれ	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			1	e	C1	3	12	き	前面修繕工	140	その他	I	II	2うきが生じ	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			6	ひびわれ	C1	3	6	ひびわれ	ひびわれ注	755	その他	I	II	2継ぎ目ひび	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	主桁	Mk			5	d	C1	3	7	剥離・鉄筋	手荷てり計	0	その他	I	II	1剥離のみ	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	横桁	Cr			2	a	c	B	2	7	剥離・鉄筋	前面修繕工	270	その他	I	II	1剥離のみ	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	横桁	Cr			1	a	d	C1	3	7	剥離・鉄筋	前面修繕工	270	その他	I	II	2剥離・鉄筋	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			3	d	C1	3	7	剥離・鉄筋	床版出	0	その他	I	II	2剥離・鉄筋	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			1	a	a	C1	3	11	床版ひびわれ		その他	I	II	2遮断石灰土	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			6	a	a	C1	3	12	き		その他	I	II	2うきが生じ	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			1	d	C1	3	7	剥離・鉄筋	前面修繕工	270	その他	I	II	2剥離・鉄筋	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			9	a	C1	3	8	漏水・遮断	床版出	0	その他	I	II	2遮断石灰土	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			5	a	a	C1	3	7	剥離・鉄筋	床版出	0	その他	I	II	2剥離・鉄筋	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			1	d	C1	3	8	漏水・遮断	排水管破損	21	その他	I	II	2排水管破損	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			12	き			12	き			その他	I	II	2うきが生じ	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			2	a	a	C1	3	11	床版ひびわれ		その他	I	II	2遮断石灰土	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			3	a	a	C1	3	8	漏水・遮断	床版出	0	その他	I	II	2遮断石灰土	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			2	a	C1	3	7	剥離・鉄筋	床版出	0	その他	I	II	2剥離・鉄筋	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			7	d	C1	3	7	剥離・鉄筋	床版出	0	その他	I	II	3剥離・鉄筋	II	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			2	a	a	C1	3	8	漏水・遮断	床版出	0	その他	I	II	2ひびわれ	II	II	II	II	II
2	0.20	ウパシ	森橋	床版	Ds			4	a	a	C1	3	8	漏水・遮断	石灰土	0	その他	I	II	2ひびわれ	II	II	II	II	II

図 3-68 分析用データ一覧表の作成イメージ

(2) 部材について

分析での部材は以下のように取り扱いを実施する。

部材は上部工、床版、下部工を取り扱う。

上部工では参考文献の“国総研資料第 985 号”と同様の部材を対象に分析を実施する。

鋼橋：主桁を対象

コンクリート橋：主桁を対象

床版：鋼橋の RC 床版を対象

下部工：橋台、橋脚を対象

(3) 部位について

部位については端部と中央部に区分する。

端部と中央部は点検データの部位データより区分する。

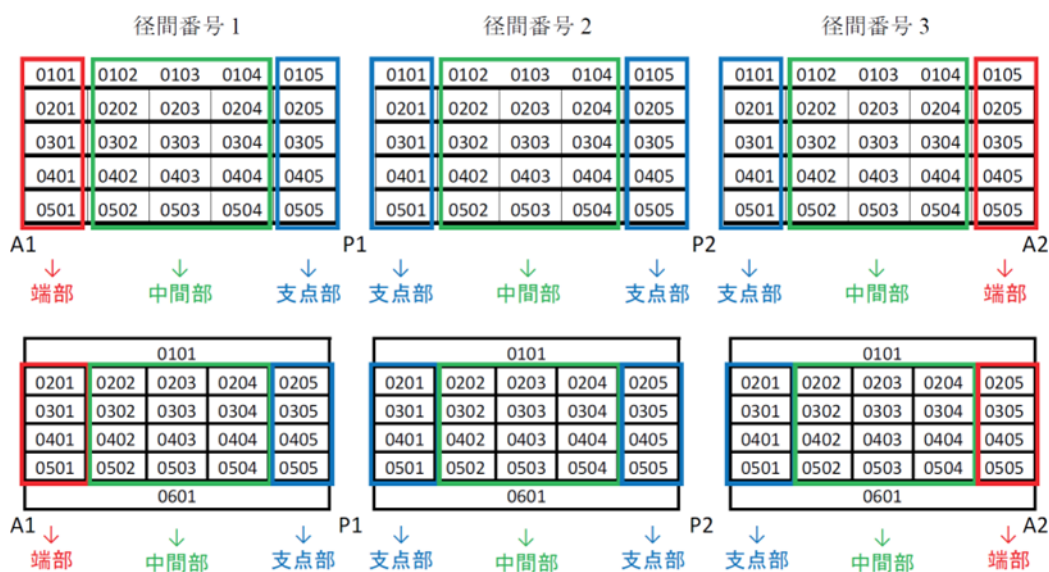


図 3-69 要素位置情報属性（上段：主桁 下段：床版）

2) 複合劣化について

(1) 防食機能の劣化→腐食

鋼部材において点検要領の損傷程度分類より「防食機能の劣化」が進展後に「腐食」が生じ始めると考えられることから、「防食機能の劣化→腐食」の複合劣化における組合せ区分を設定する。



図 3-71 点検要領における防食機能の劣化、腐食の損傷程度分類

- ・防食機能の劣化 e は腐食 b の状態に近いと考えられることから、これらを同一区分とする。
- ・腐食の劣化進行が、腐食深さが進行した後に腐食面積が拡がる場合は、b→d→e、腐食面積が拡大した後に腐食が深くなる場合は、b→c→e に推移すると考えられることから、腐食 c, d を同一区分とする。
- ・単一損傷分析の結果から、防食機能の劣化 c, d の期間は極めて短いことから、組合せ区分では同一区分と設定する。

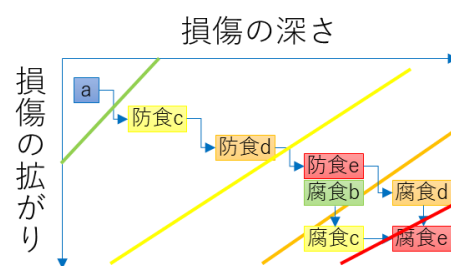


図 3-70 防食機能の劣化→腐食の推移

(2) ひびわれ→剥離・鉄筋露出

コンクリート部材では同様に「ひびわれ」が進展後に「剥離・鉄筋露出」が生じ始めると考える。

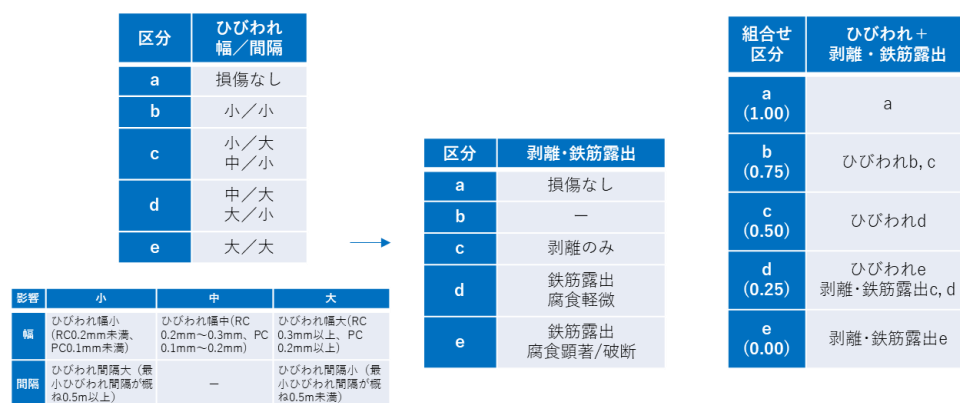


図 3-72 点検要領におけるひびわれ、剥離・鉄筋露出の損傷程度分類

- ・ひびわれが e まで進展したと同時期に剥離が発生すると仮定し、ひびわれ e と剥離 c を同一の組合せ区分と設定する。
- ・単一損傷分析の結果から、ひびわれの b, c および剥離・鉄筋露出 c の期間は極めて短いことから、組合せ区分では同一区分と設定する。

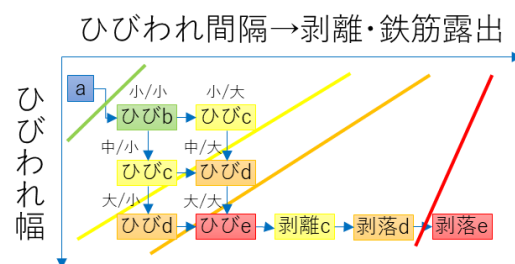


図 3-73 ひびわれ→剥離・鉄筋露出の推移

3) 空間情報へのプロット

以下、表 3-1 分析項目②に関する分析結果について、補足として積上げ棒グラフ、空間情報へのプロット（1巡目から2巡目点検への推移）を示す。

(1) 鋼橋 主桁 腐食

(a) 橋梁数：734 径間数：1,886 要素数：53,122

(b) 橋梁数：593

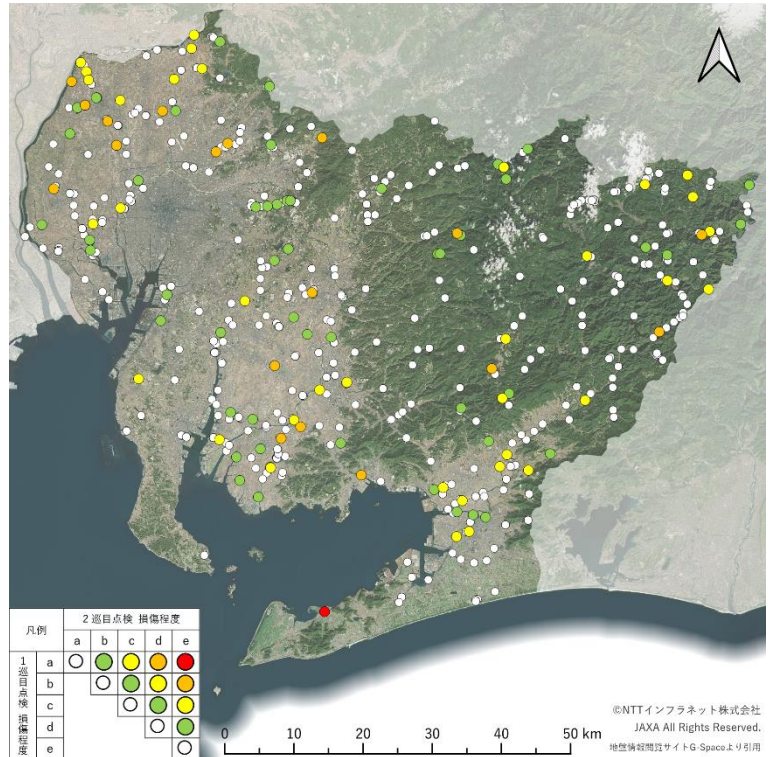
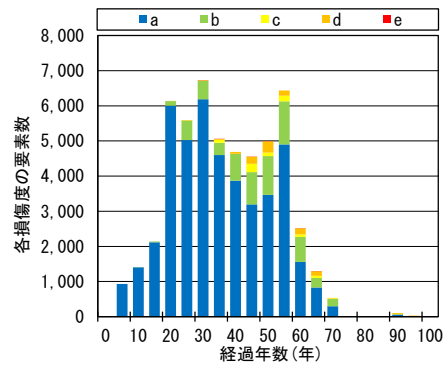


図 3-74 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(2) 鋼橋 主桁 腐食 桁端部

(a) 橋梁数：734 径間数：1,886 要素数：7,406

(b) 橋梁数：252

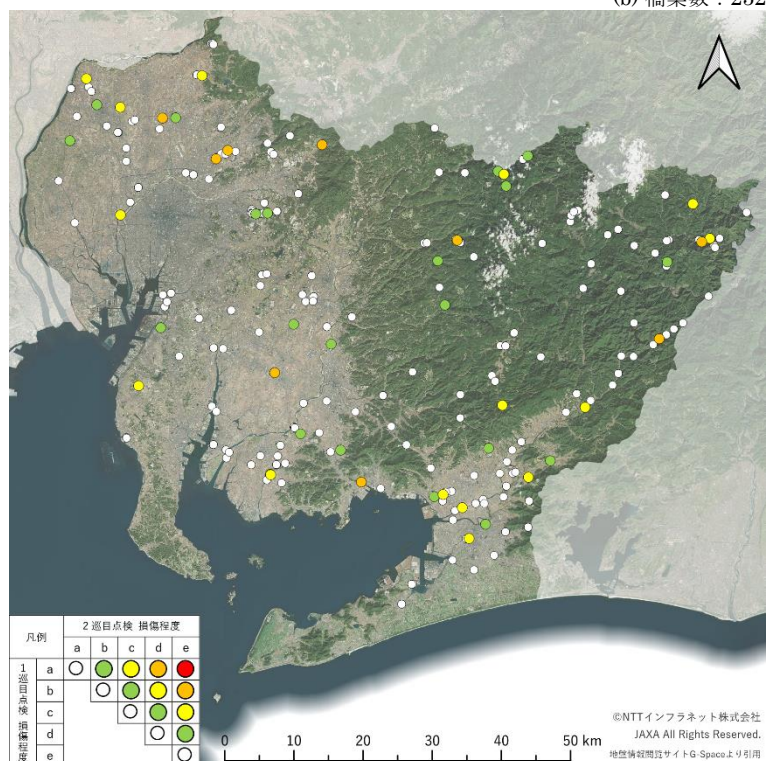
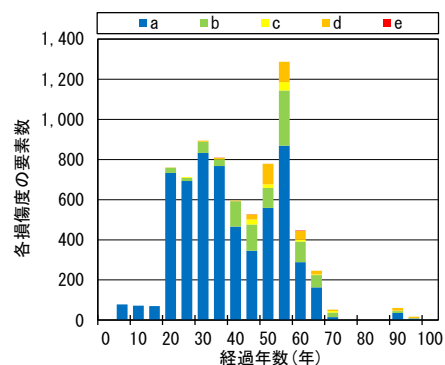


図 3-75 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(3) 鋼橋 主桁 腐食 中間部

(a) 橋梁数：734 径間数：1,886 要素数：45,716

(b) 橋梁数：562

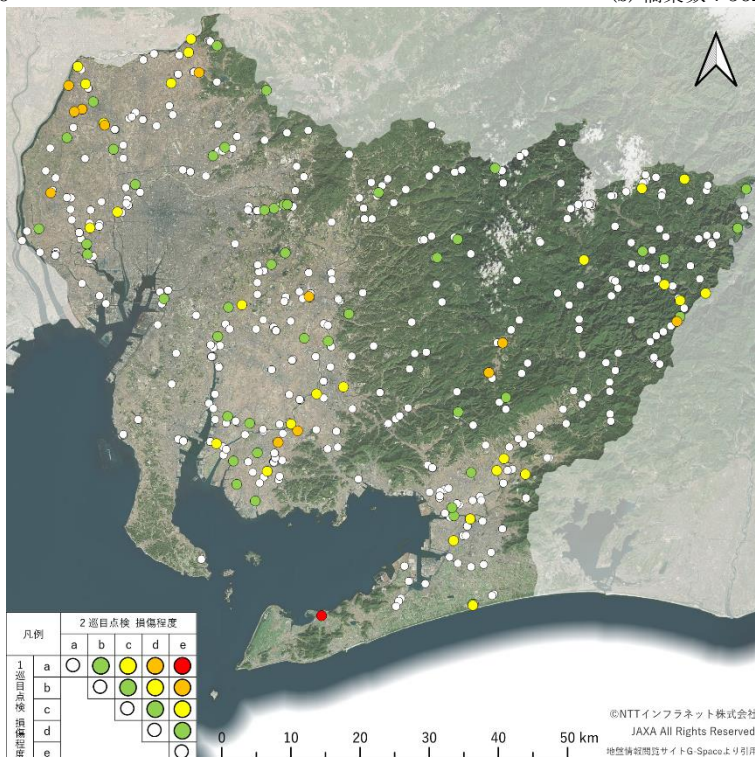
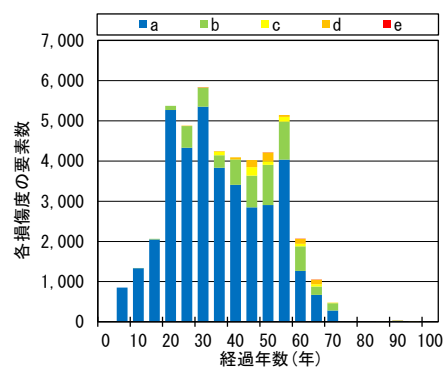


図 3-76 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(4) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化

(a) 橋梁数：734 径間数：1,886 要素数：53,120

(b) 橋梁数：651

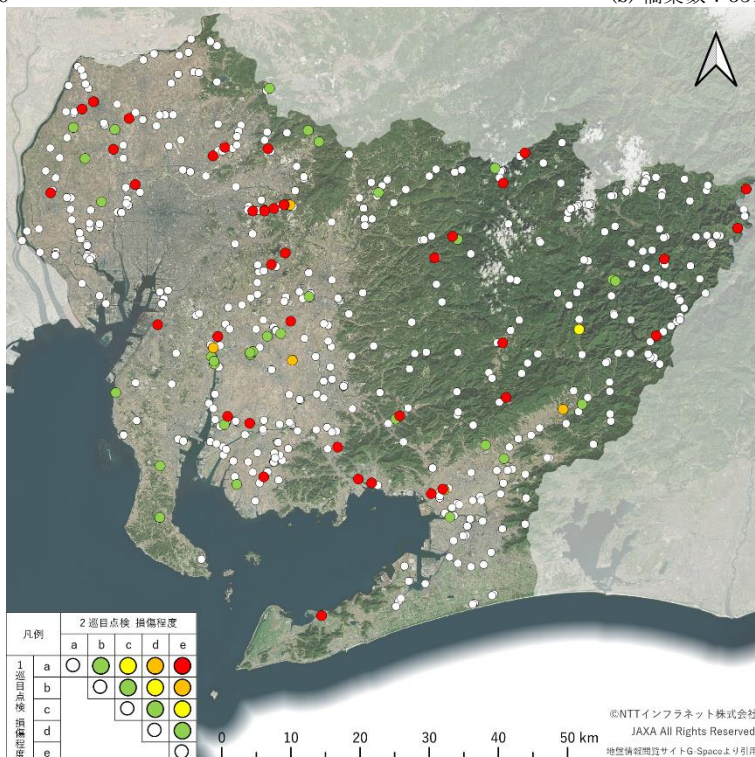
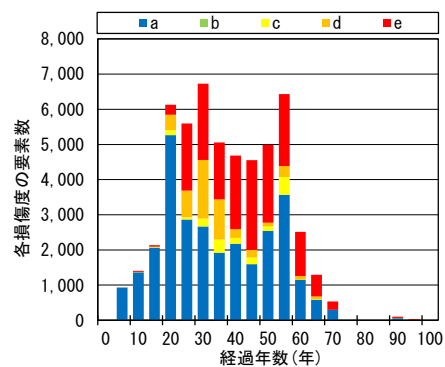


図 3-77 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(5) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化 桁端部

(a) 橋梁数：734 径間数：1,886 要素数：7,406

(b) 橋梁数：252

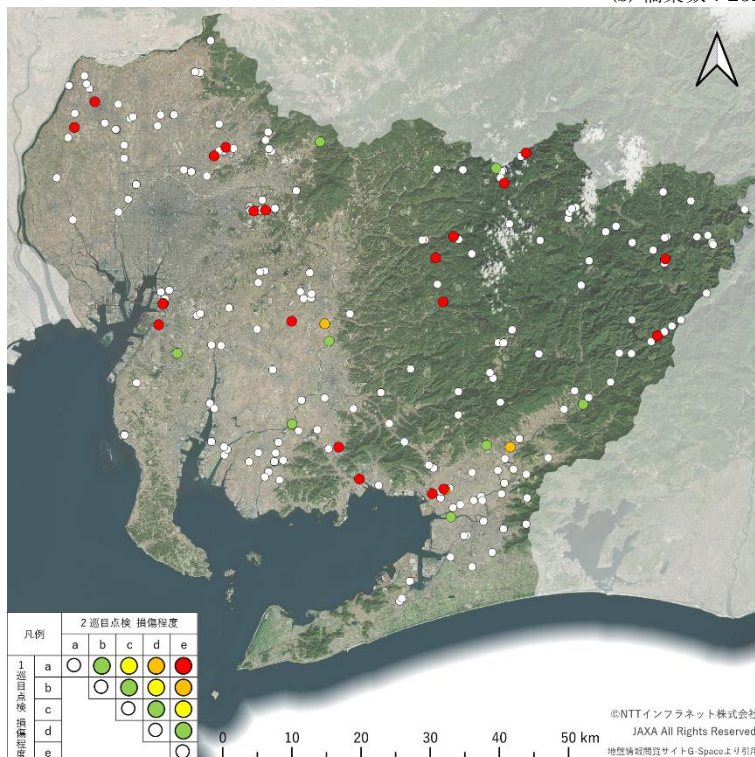
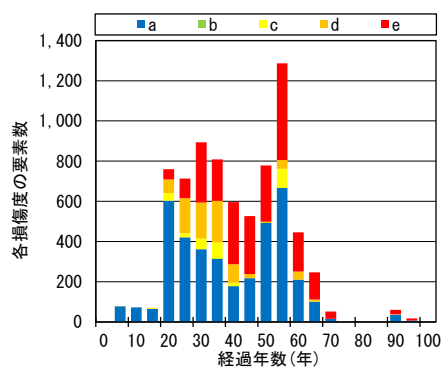


図 3-78 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(6) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化 中間部

(a) 橋梁数：734 径間数：1,886 要素数：45,714

(b) 橋梁数：621

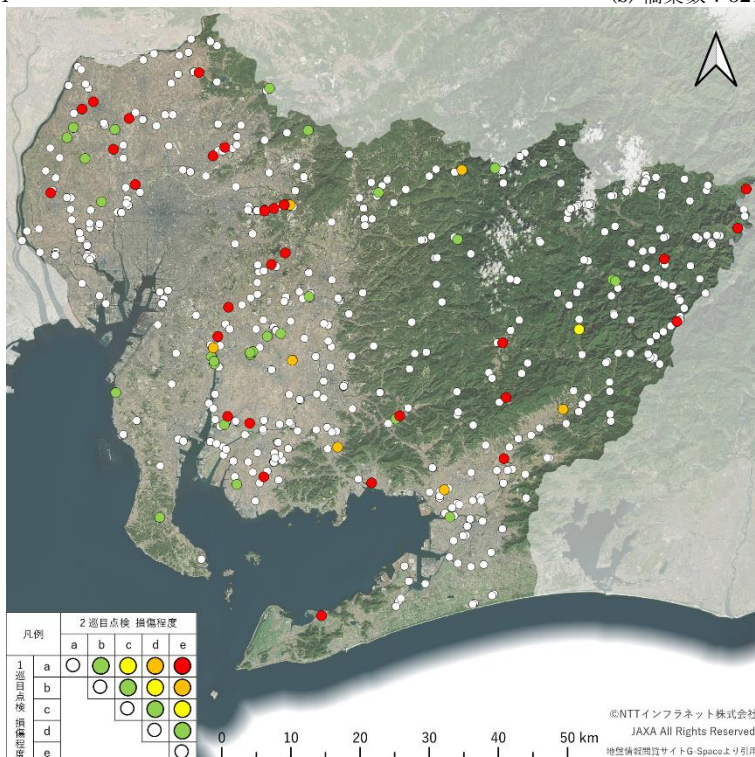
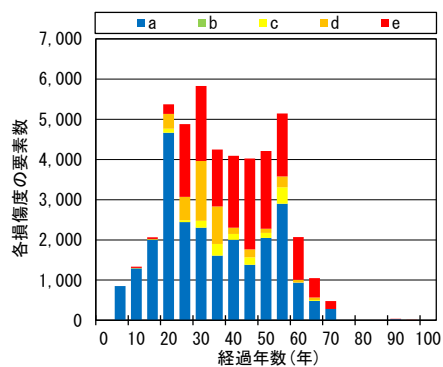


図 3-79 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(7) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化→腐食（複合劣化）

(a) 橋梁数：734 径間数：1,886 要素数：53,122

(b) 橋梁数：516

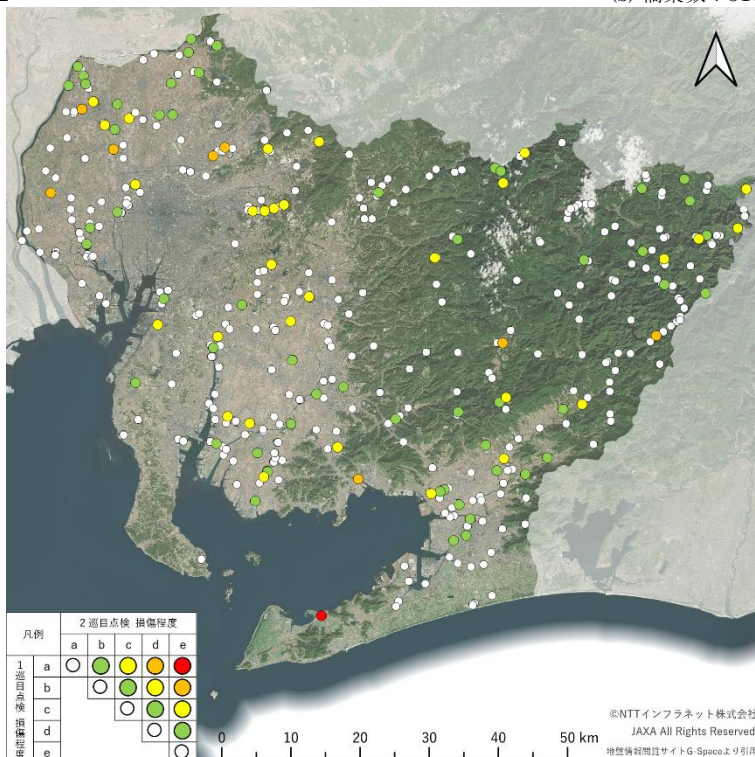
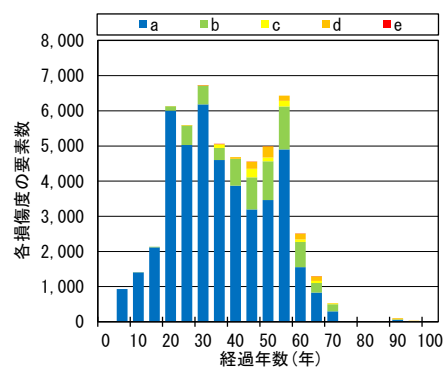


図 3-80 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(8) 鋼橋 RC 床版 床版ひびわれ

(a) 橋梁数：629 径間数：1,578 要素数：35,400

(b) 橋梁数：538

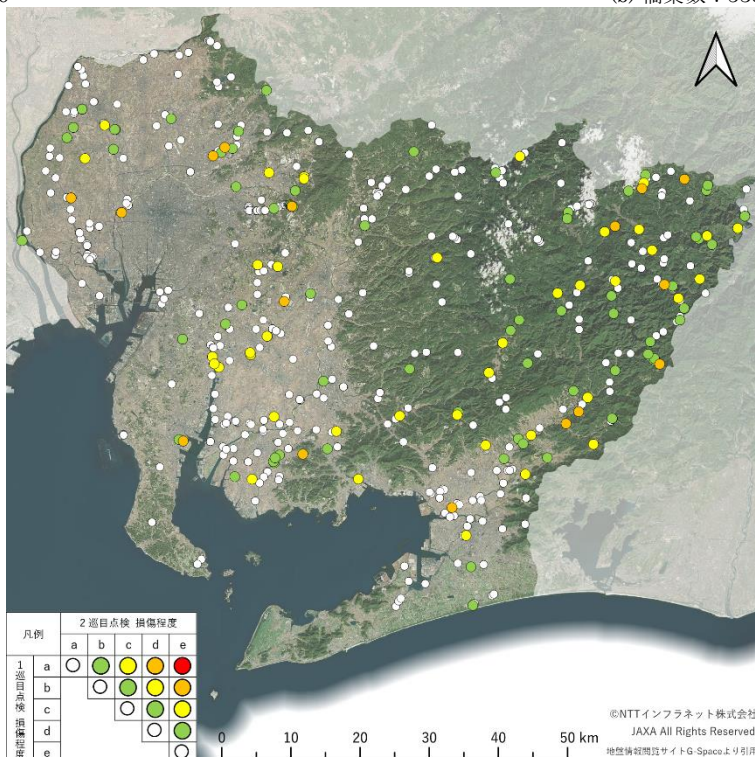
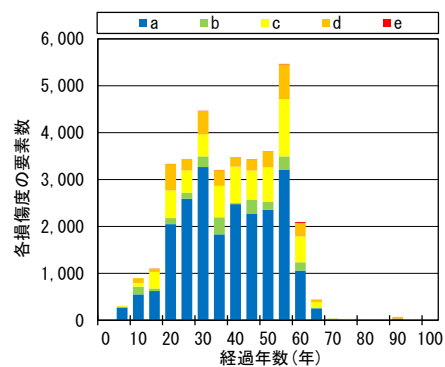


図 3-81 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(9) 鋼橋 RC 床版 剥離・鉄筋露出

(a) 橋梁数：629 径間数：1,578 要素数：35,790

(b) 橋梁数：461

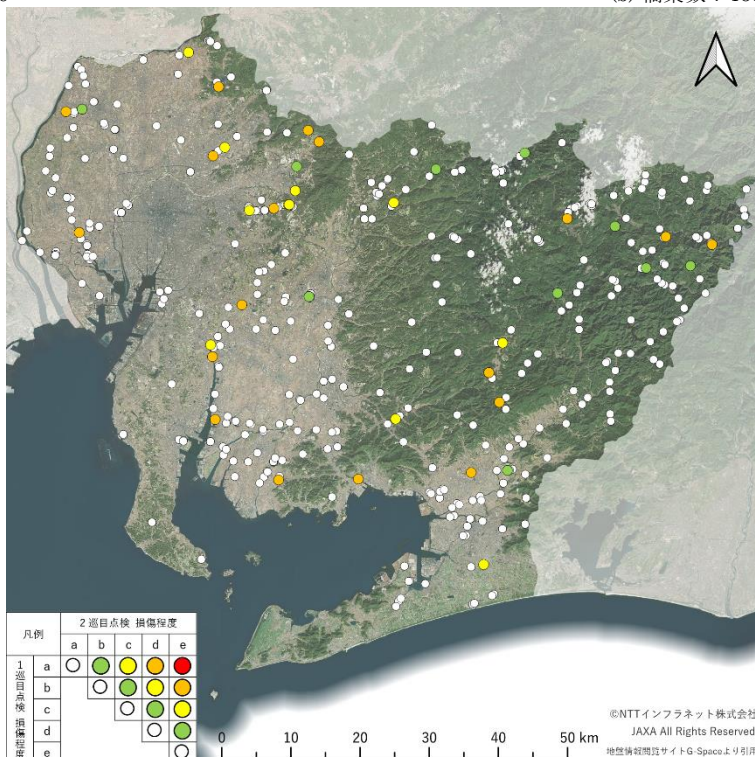
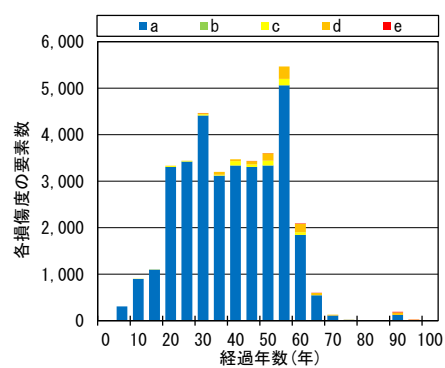


図 3-82 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(10) コンクリート橋 ひびわれ

(a) 橋梁数：1,829 径間数：3,098 要素数：44,850

(b) 橋梁数：1,189

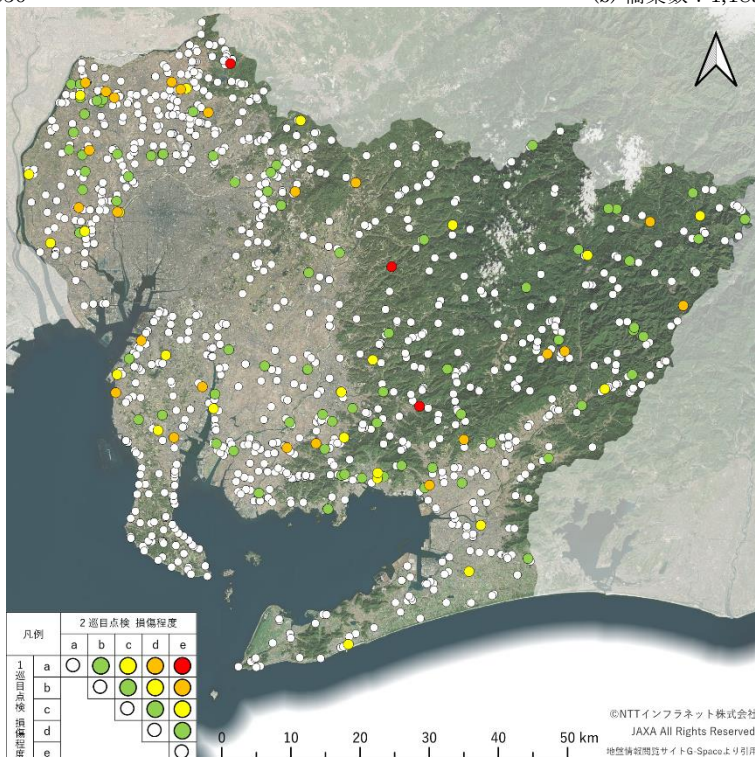
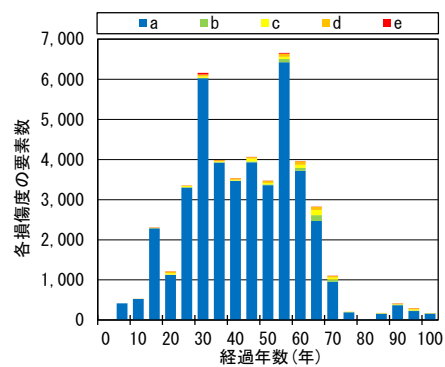


図 3-83 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(11) コンクリート橋 ひびわれ 桁端部

(a) 橋梁数：954 径間数：1,626 要素数：19,501

(b) 橋梁数：469

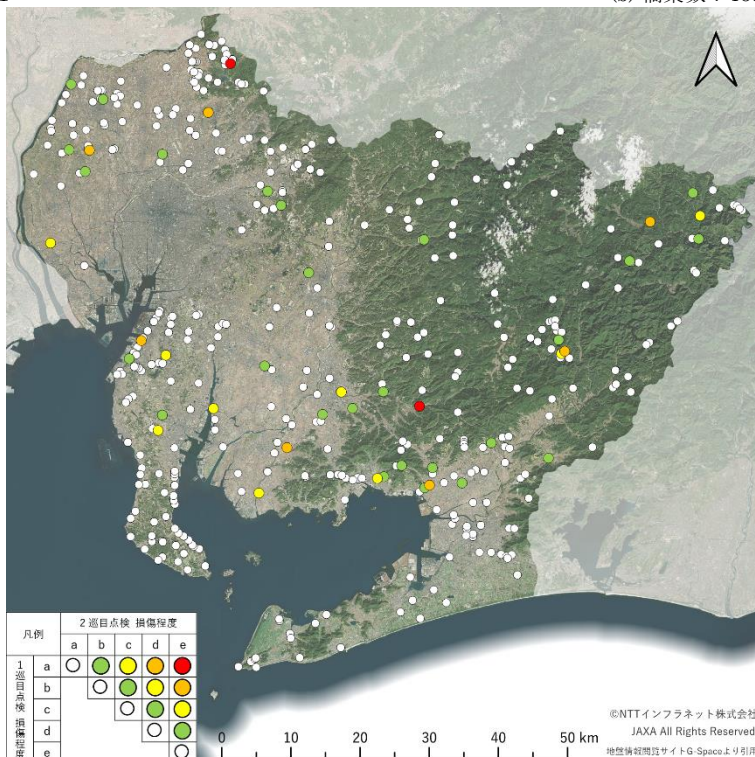
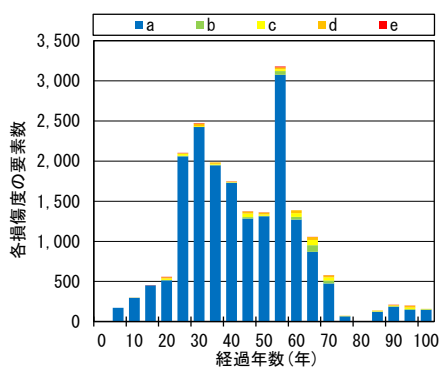


図 3-84 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(12) コンクリート橋 ひびわれ 中間部

(a) 橋梁数：1,119 径間数：1,844 要素数：25,349

(b) 橋梁数：713

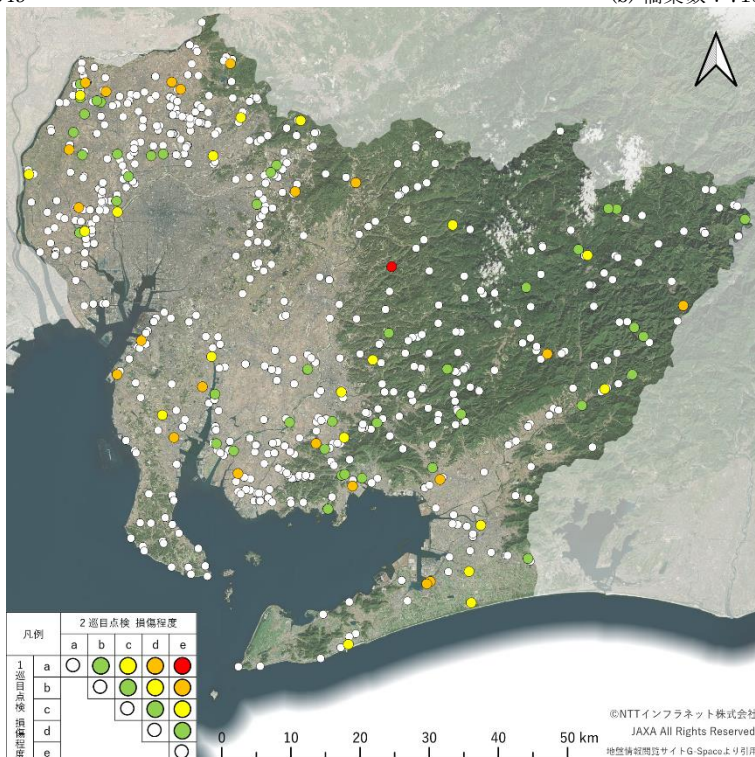
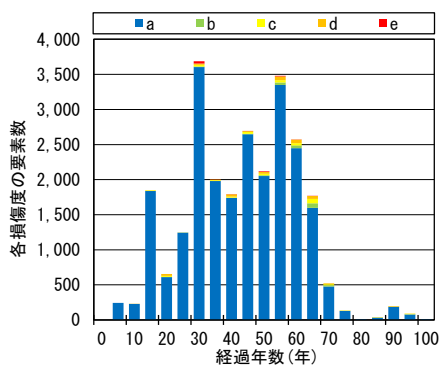


図 3-85 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(13) コンクリート橋 剥離・鉄筋露出

(a) 橋梁数：1,829 径間数：3,098 要素数：44,853

(b) 橋梁数：1,134

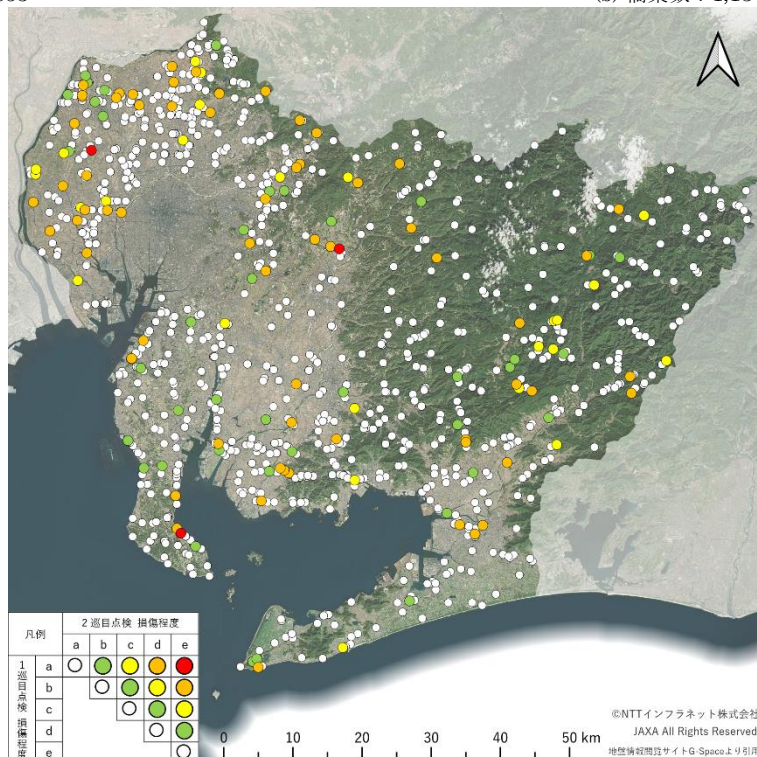
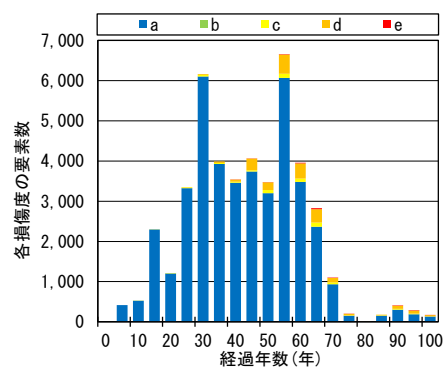


図 3-86 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(14) コンクリート橋 剥離・鉄筋露出 桁端部

(a) 橋梁数：1,829 径間数：3,098 要素数：19,501

(b) 橋梁数：448

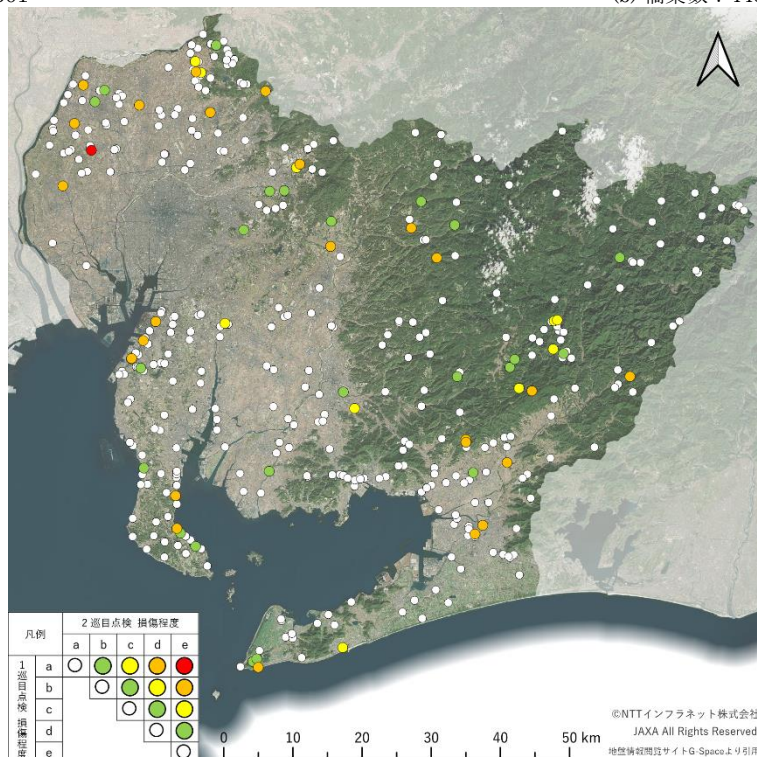
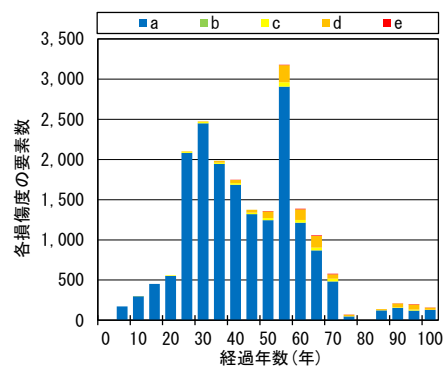


図 3-87 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(15) コンクリート橋 剥離・鉄筋露出 中間部

(a) 橋梁数：1,119 径間数：1,844 要素数：25,351

(b) 橋梁数：665

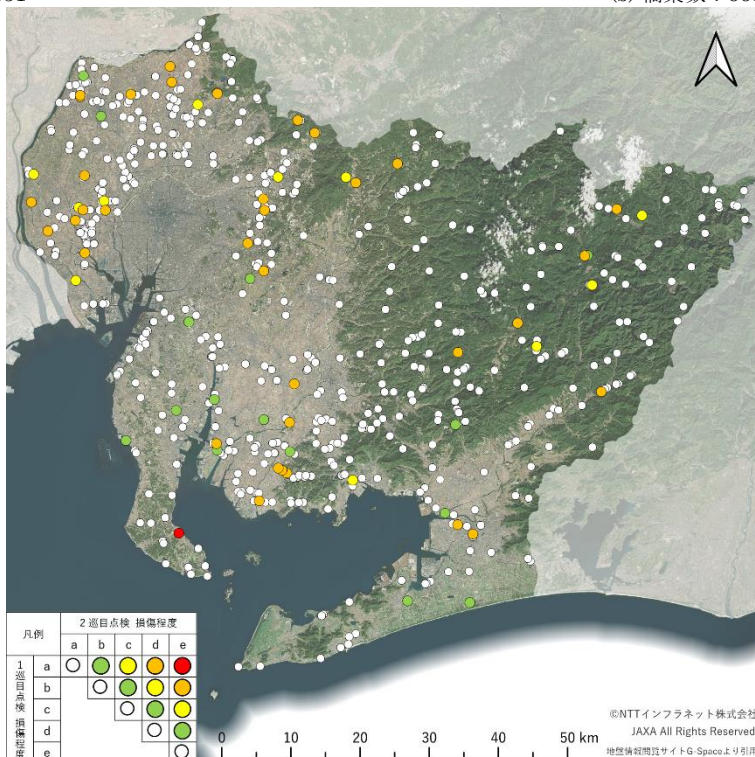
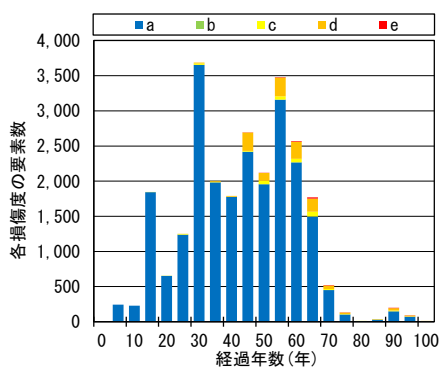


図 3-88 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(16) コンクリート橋 ひびわれ→剥離・鉄筋露出

(a) 橋梁数：1,770 径間数：3,023 要素数：44,559

(b) 橋梁数：1,023

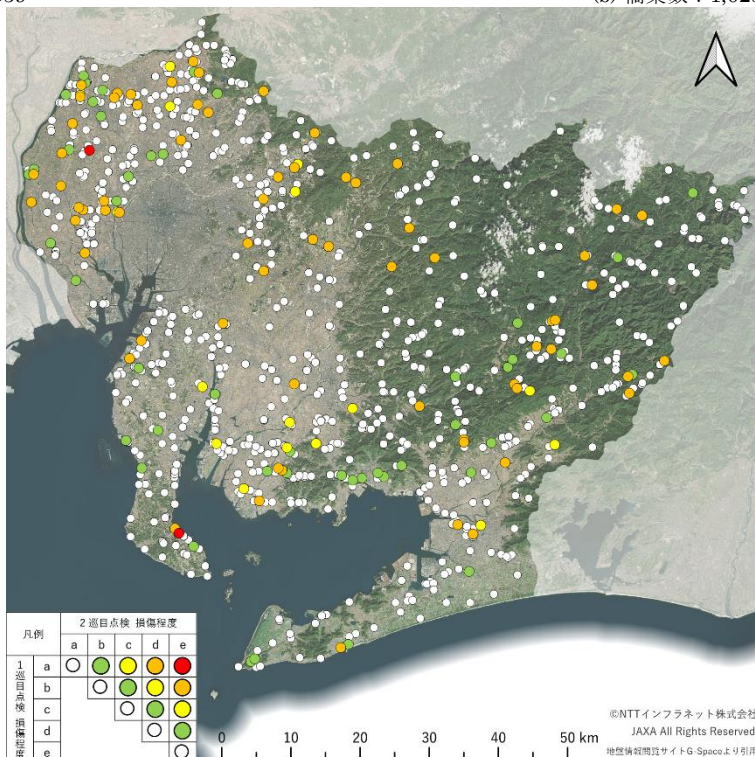
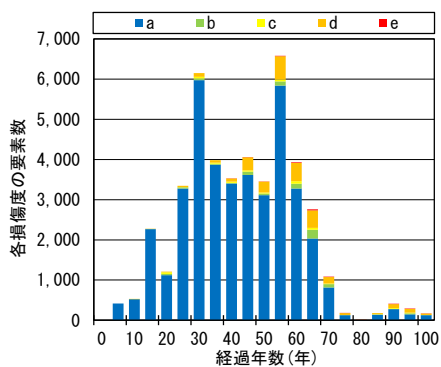


図 3-89 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(17) PC ポステン橋 ひびわれ

(a) 橋梁数：191 径間数：427 要素数：21,034

(b) 橋梁数：132

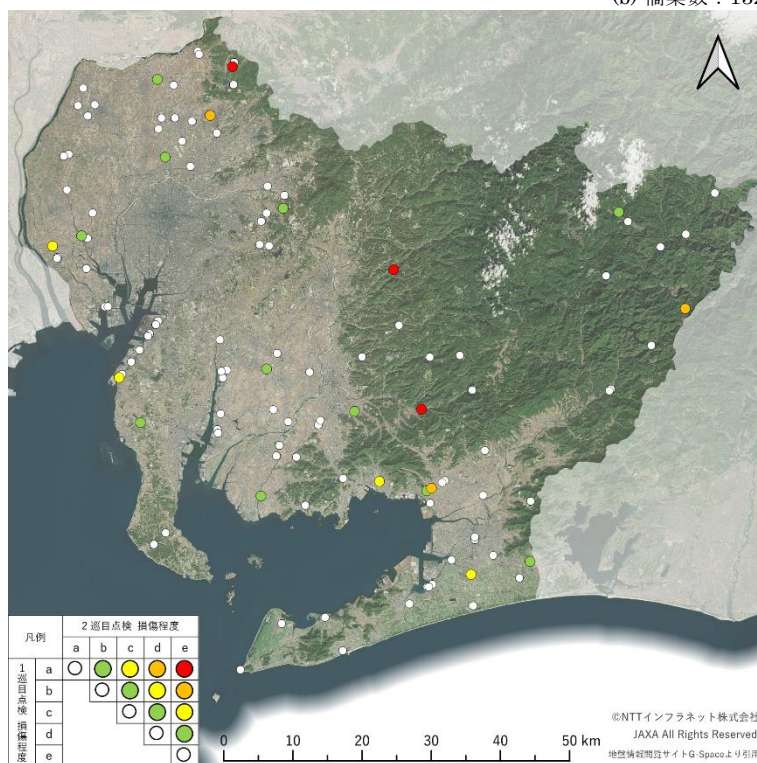
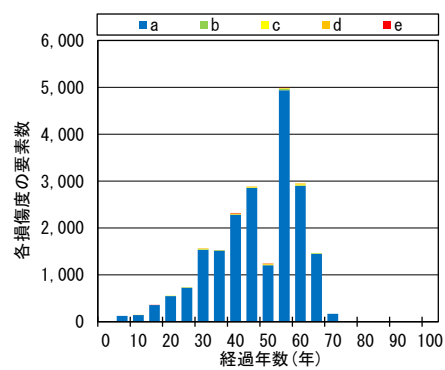


図 3-90 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(18) PC ポステン橋 剥離・鉄筋露出

(a) 橋梁数：191 径間数：427 要素数：21,034

(b) 橋梁数：125

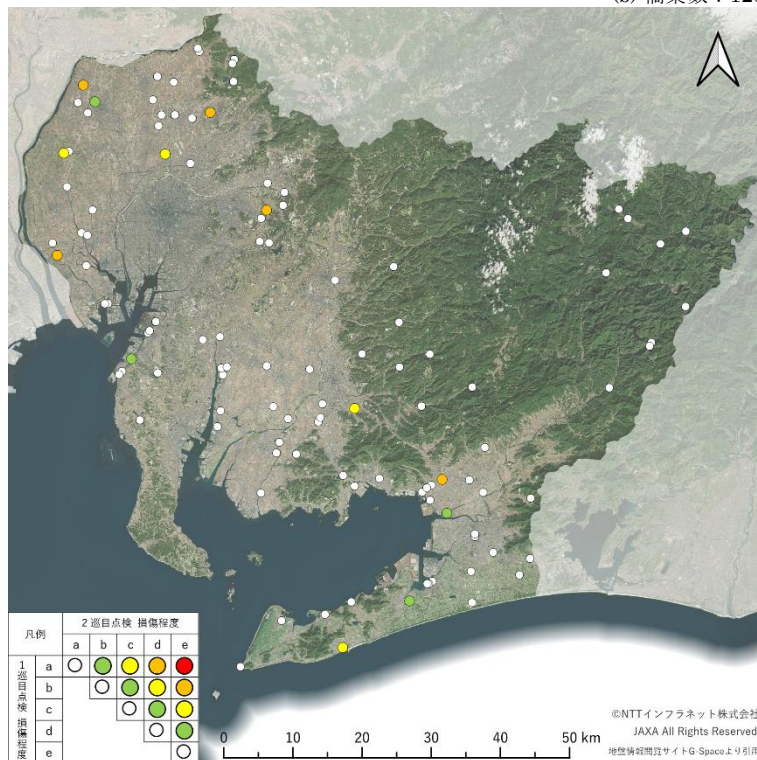
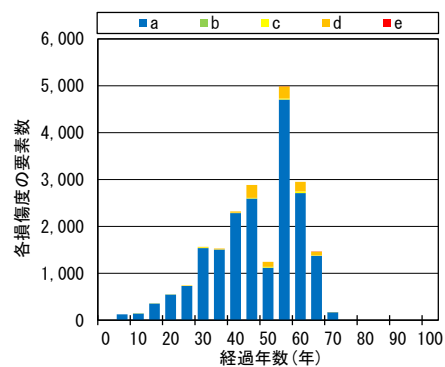


図 3-91 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(19) PC プレテン橋 ひびわれ

(a) 橋梁数：581 径間数：1,160 要素数：54,283

(b) 橋梁数：125

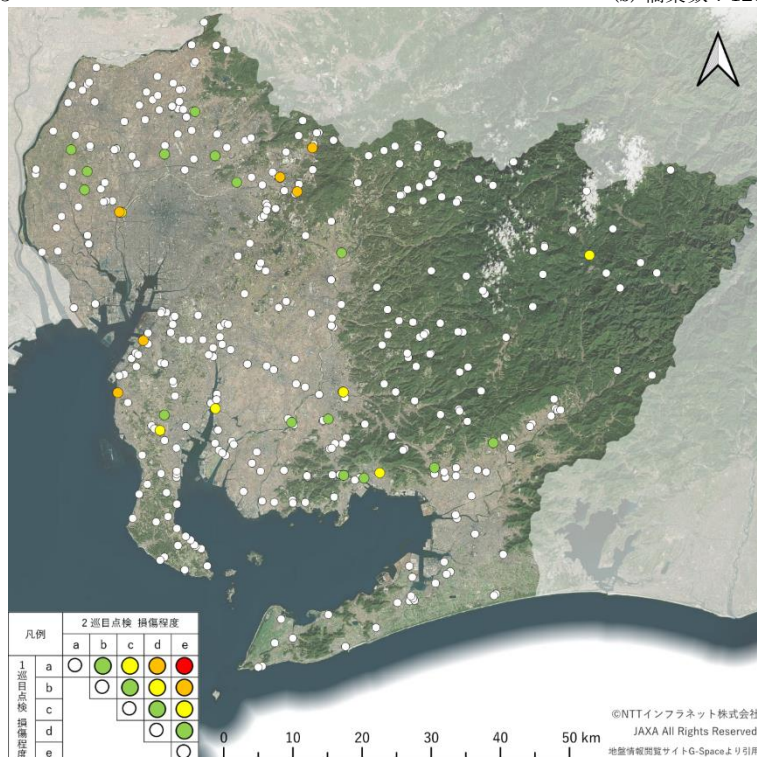
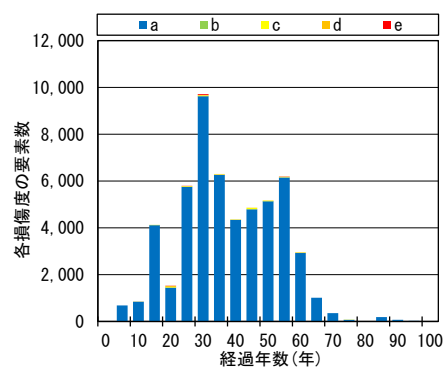


図 3-92 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(20) PC プレテン橋 剥離・鉄筋露出

(a) 橋梁数：581 径間数：1,160 要素数：54,285

(b) 橋梁数：410

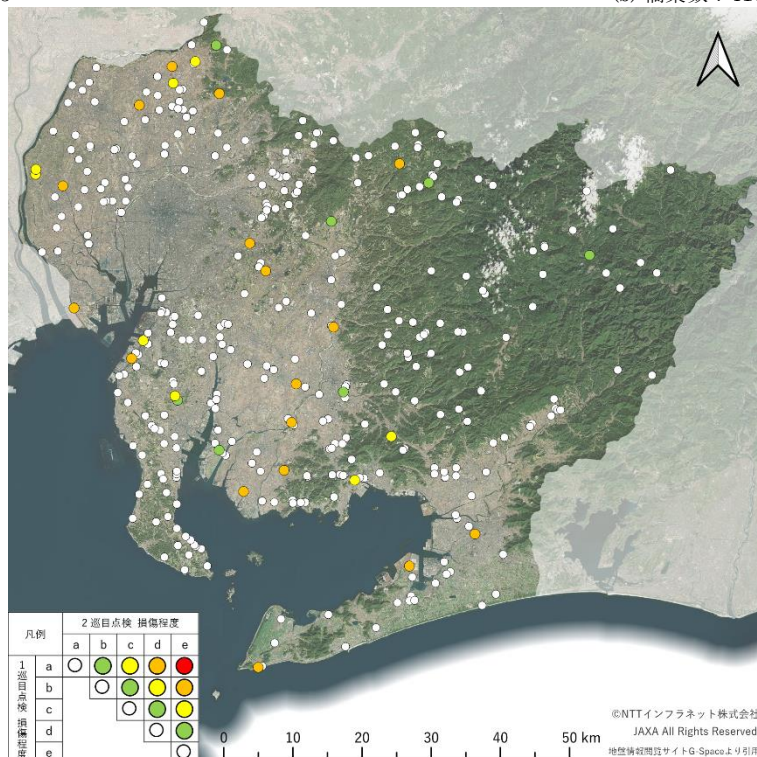
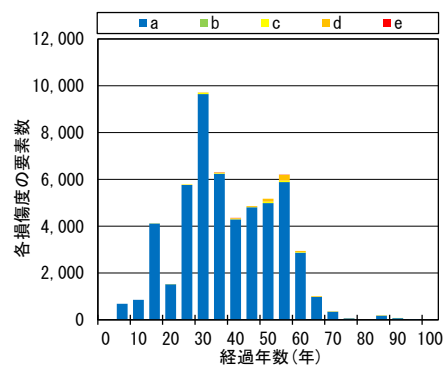


図 3-93 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(21) RC 橋 ひびわれ

(a) 橋梁数 : 1,450 径間数 : 1,889 要素数 : 9,899

(b) 橋梁数 : 1,132

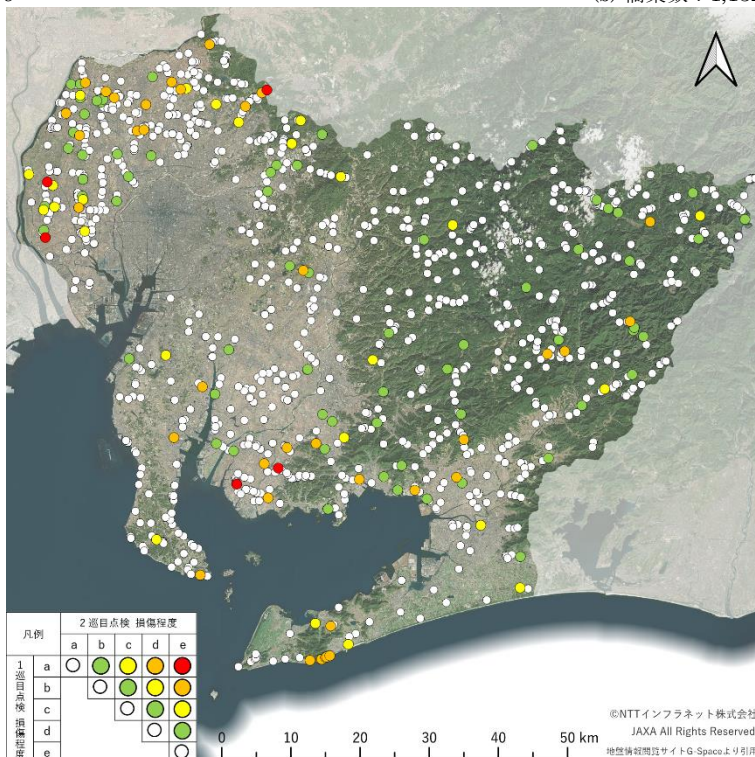
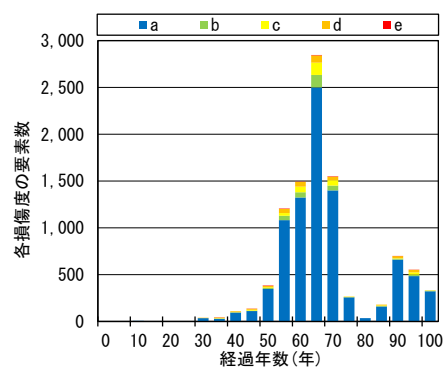


図 3-94 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(22) RC 橋 剥離・鉄筋露出

(a) 橋梁数 : 1,312 径間数 : 1,703 要素数 : 9,900

(b) 橋梁数 : 1,118

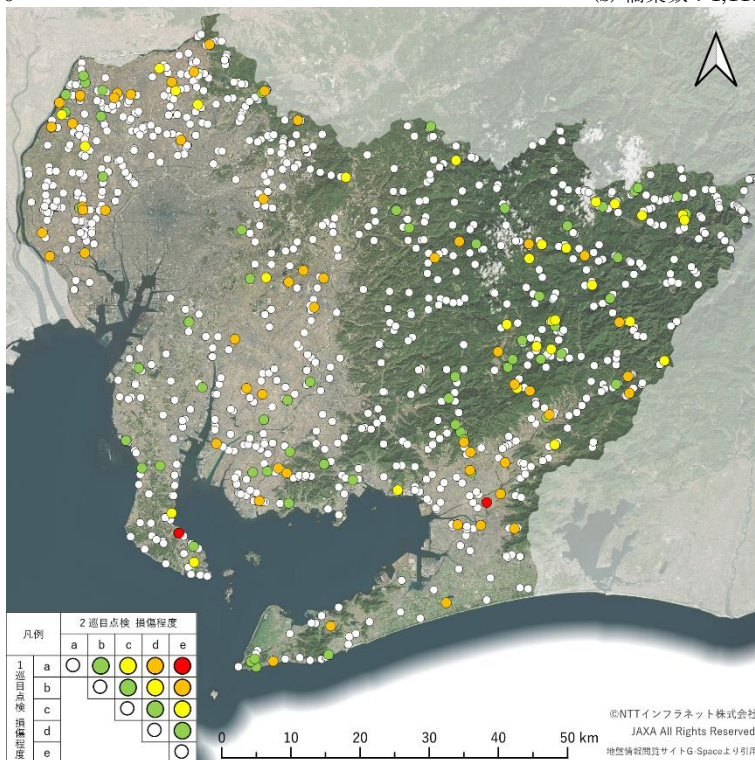
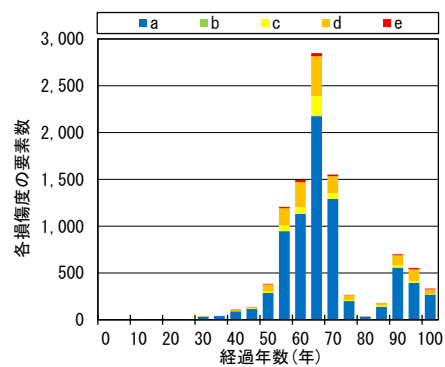
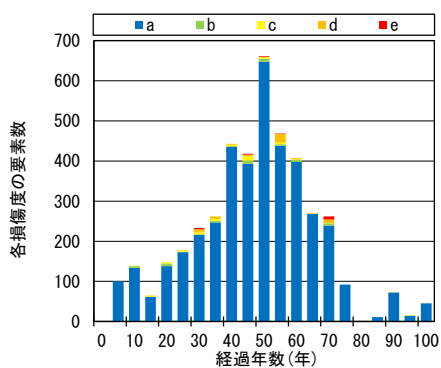


図 3-95 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(23) ボックスカルバート ひびわれ

(a) 橋梁数：739 径間数：797 要素数：4,294



(b) 橋梁数：697

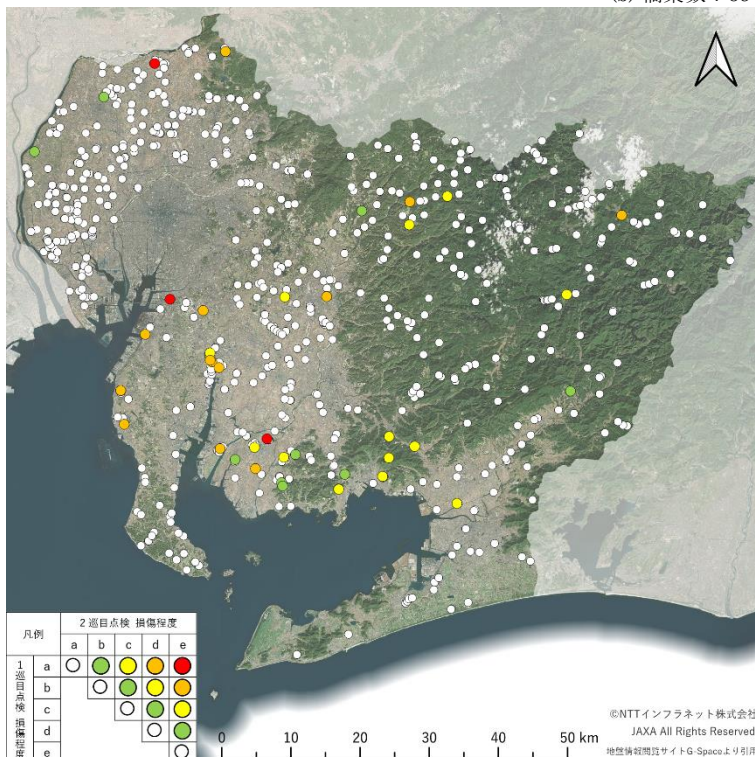
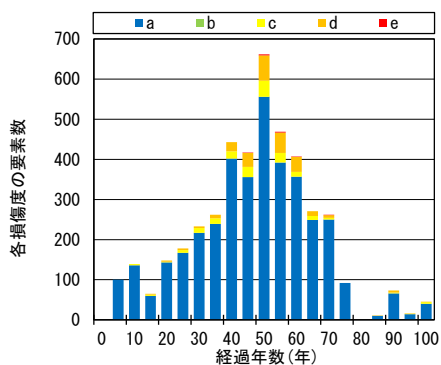


図 3-96 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(24) ボックスカルバート 剥離・鉄筋露出

(a) 橋梁数：739 径間数：797 要素数：4,293



(b) 橋梁数：750

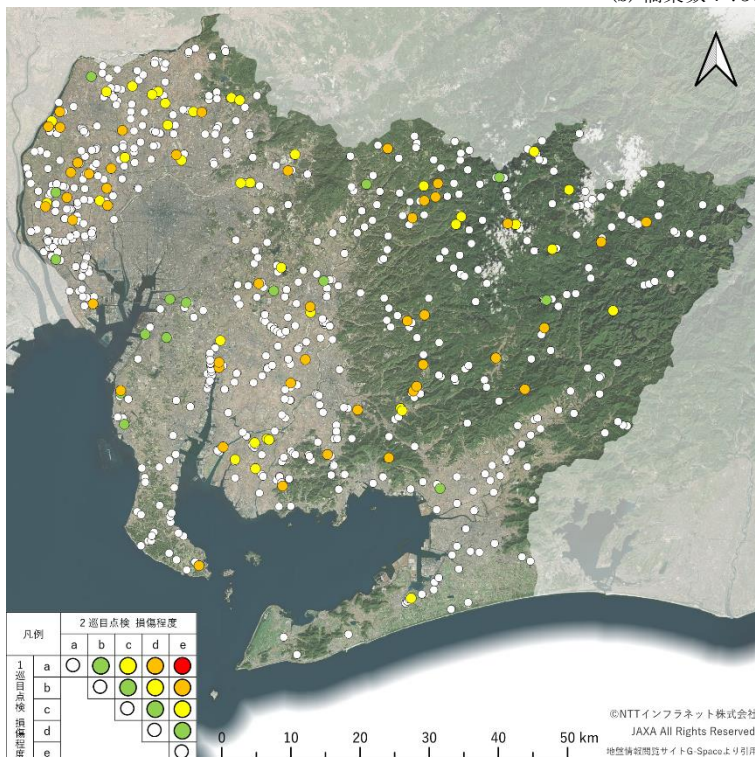


図 3-97 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(25) 下部工 ひびわれ

(a) 橋梁数：2,852 径間数：4,923 要素数：18,969

(b) 橋梁数：2,634

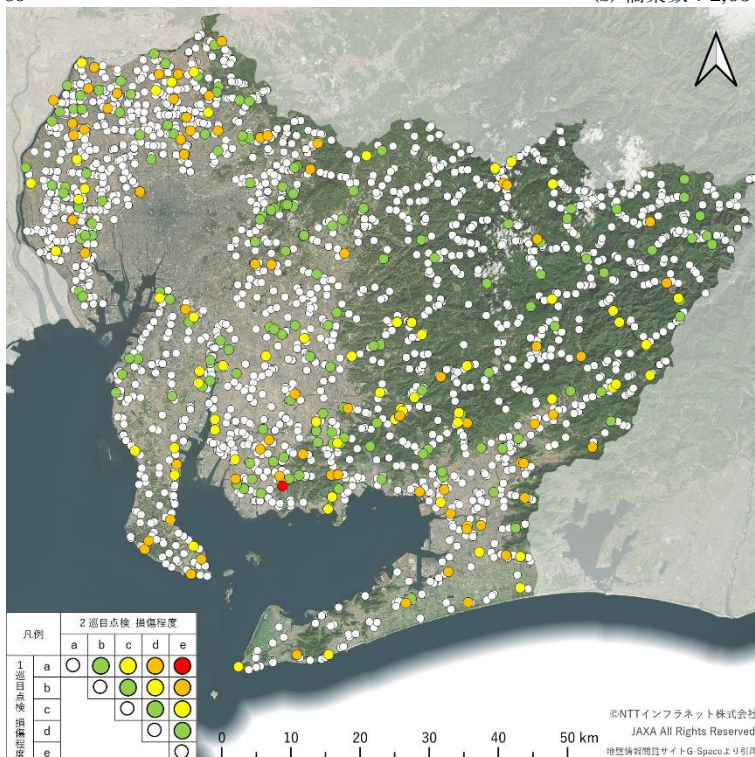
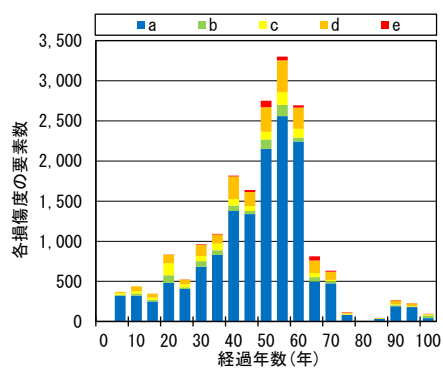


図 3-98 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット

(26) 下部工 剥離・鉄筋露出

(a) 橋梁数：2,852 径間数：4,923 要素数：22,137

(b) 橋梁数：2,675

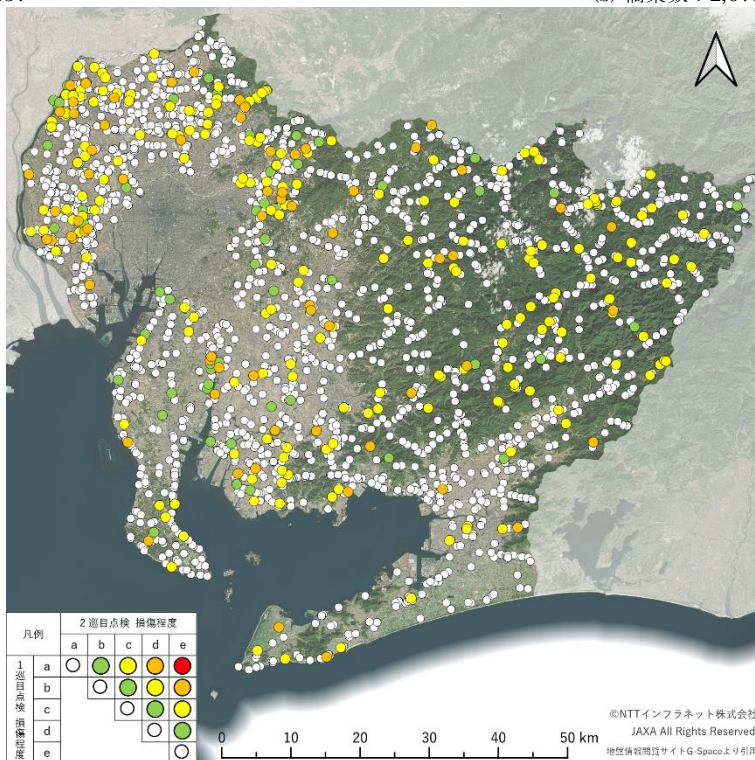
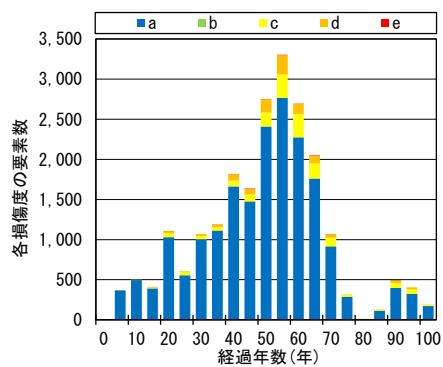


図 3-99 (a) 積上げ棒グラフ／(b) 空間情報へのプロット