

# 橋梁点検データの編集に関する考察 ～劣化の予測可能性を高める一助～



津田 秀典  
トキワコンサルタント(株)

橋梁点検で目視できる  
変状(剥離)の1例

## 本検討の役回り

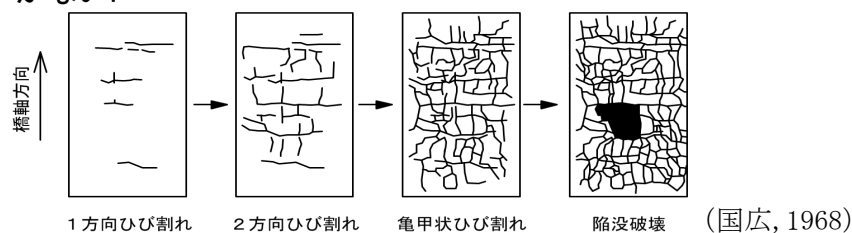
コンクリート構造物の高経年化への対応における  
中心課題

変状の形態や分布の経年変化に関する著名な先  
行研究

点検データの活用

本検討の意義, 目的

- **経年と劣化の関係**を把握することがあげられる.
- 塩害など劣化要因を限った場合や栈橋など構造形式を限った場合を除いて, 経年劣化の予測はままならないのが現状.
- 「道路橋 RC 床版でのひび割れの進行過程(国広,1968)」があげられる.
- ただ, これは元来半世紀前の 1960 年代の指摘事項であり, **変状分布の偏在**にはあまり言及がない.



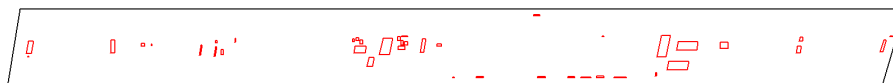
- 2010 年代以降, 同一構造物内での鉄筋腐食分布の「空間変動性」が議論されることもあり(例えば, Lim, S.etc.,2016, 櫻井ほか,2015), 変状分布の偏在への着目は根本的に重要である.
- しかし, これらの先行研究は精度は高いが, 小スケールの議論が多い. **構造物全体での大スケールの議論**があまりない.
- いっぽう, 従来から点検の重点は安全確保のために変状を見逃さないことにおかれているが, 点検データの活用によって**劣化予測のために必要なデータを蓄積する**という観点での対応も議論可能である.
- 点検データはデータベース化されることが多いが, ある変状が全部で何箇所といった集計的なデータの取扱いが多く, **有用な情報が膨大なデータの中に埋没している**ことがある.
- 変状の進行は, 実環境の下で実時間の経過を待つてしか確認できないこともあり(丸山, 2013), 点検時に, 例えば, 梁部材であれば支間中央部や支間 1/4 部などに変状が多いことは構造的にわかっているが, **構造物全体で変状が進行する過程の現象理解**は難しくあまり進んでいないのが現状である.
- そこで本検討は, 点検データの活用を通して, 構造物全体での経年劣化の現象理解と予測という長大な議論のための**足場づくりの一環**である.

## 本検討の主旨

### 点検データ

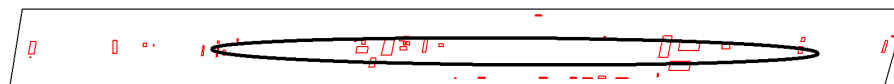
#### 編集1: 変状分布図の作成

演者はかつて道路橋 RC 床版底面の点検業務に従事し、個々の変状単体が1枚の床版内で大局的にどのように分布しているか—変状分布—に着目した。そうすると、変状分布は空間的に一様なものではなく偏在していることが、観察事実として容易に認識された。



#### 編集2: 変状群の抽出

そこで、変状単体を対象とするのではなく、多くの変状単体をひとまとまりの変状群として簡易に編集する。



#### 編集3: 経年変化の指標付与と対比, 個性(くせ)を見抜く

変状群のふるまいを時系列で整理分析すると、変状の進行は変状単体がランダムに発生し、それぞれ別々の経過をたどるのではなく、変状群の偏在のしかたに影響されながら広がっていくことが示唆される。

点検データは膨大に蓄積されている。この蓄積をより有効に活用するため、変状単体と変状群との関係を把握すると、劣化の予測可能性を高める一助になると期待される。

今回の検討は恐縮ながら少数の事例に基づく予察段階の試論です。本講習会参加の皆さまのご意見をうかがいたいと思います。

## 点検データの編集1 : 変状分布図の作成

本床版における剥離系変状を抽出し時系列で並べる



剥離系の変状分布とその経年変化を示す

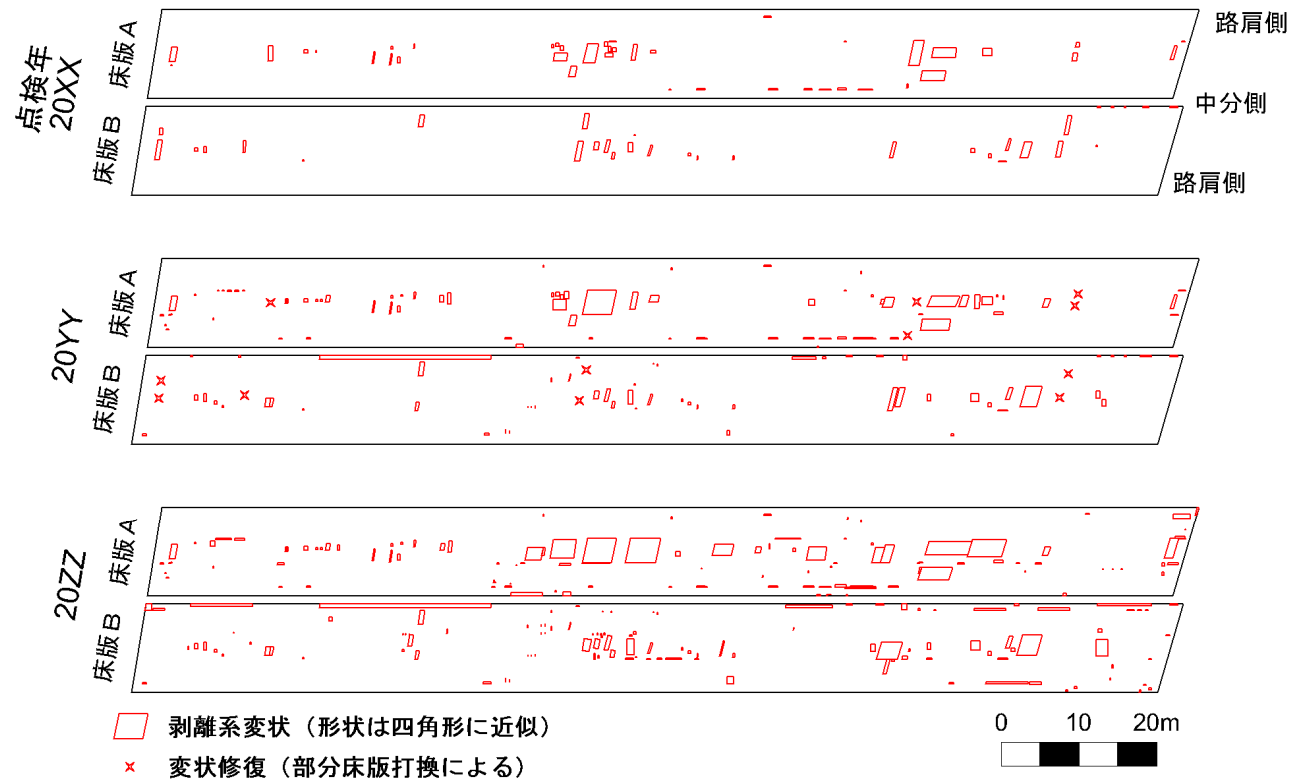
### 参考情報

#### 1. 本床版の特徴

- 各々1枚ものの床版A・B（全長約130m、車道幅員約10m）が、4本の主桁の上に非合成形式で鋼製支承で載せられた構造をなす。
- 3径間からなる連続桁橋の床版であり、1径間は130m/3≒43mとなる。
- 平面的にクロソイド曲線（曲線半径 R=600~1200m が徐々に変わる緩急曲線）を含む緩やかな曲線橋をなす。
- 縦断的に3~5%（約2~3°）の勾配を持つ。
- 供用開始からの経過年数は40年を超えている。

#### 2. 変状について

- 今回着目する変状は、床版底面に発生した浮きと剥離（剥がれかけ、剥離跡、鉄筋露出を含む）である。  
これらはコンクリートが剥離する過程で一連の劣化であり、また、多種多様な変状のなかでもコンクリート片の落下による第三者被害を引き起こしかねない重要な変状である。
- これらの浮きと剥離を一括して「剥離系」ということにする。
- 本床版での剥離系の特徴を列記すると、次のようになる。  
✓ 形態的に面状を呈しており、線状を呈するひび割れとは区別するが、両者が複合する場合もある。  
✓ パッチ状の防食被覆工事や床版部分打換工事による補修跡に再発が認められる。  
✓ アルカリシリカ反応が疑われるものではない。



## 点検データの編集2 : 変状単体のバッチ編集による変状群の抽出

本床版 A, B ごとの剥離系の変状分布に「標準偏差楕円」を描出する



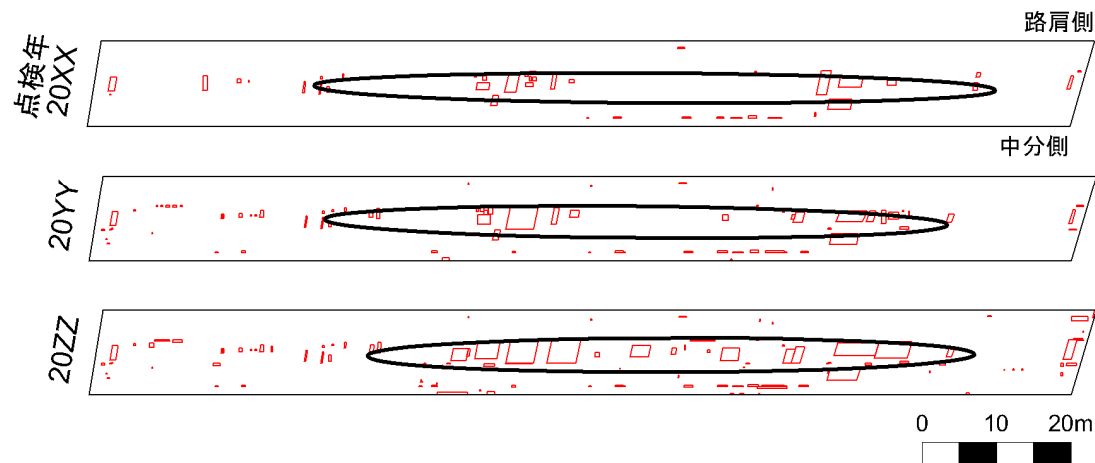
個々の変状単体を一括して1つの「変状群」として再構成する(変状単体のバッチ編集)

1つの楕円内には標準偏差 $\pm 1\sigma$ (約68%)が包含される

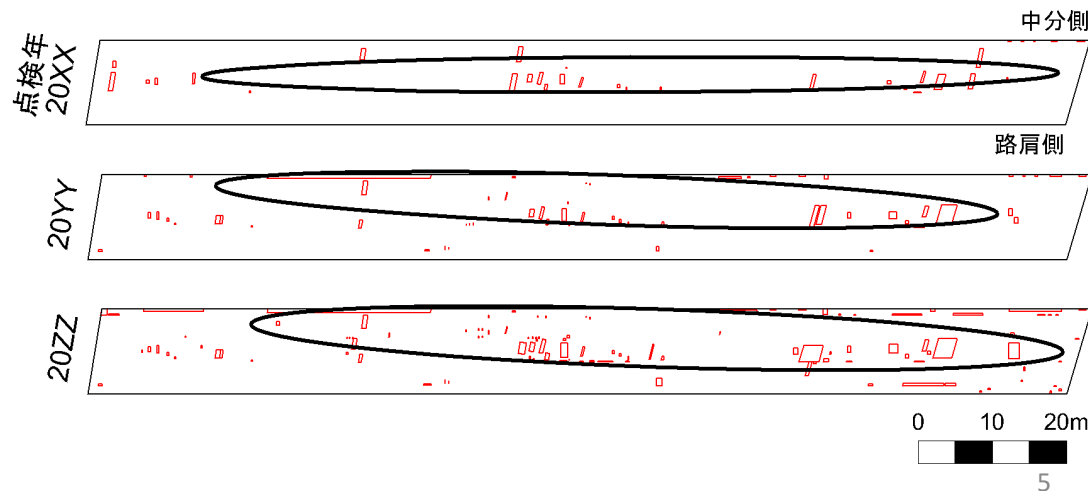
※標準偏差楕円の描出はESRIジャパン(株)製 ArcGIS ver. 10.4 による

通常の標準偏差はある1変量の散らばりの程度を示すものであるが、この標準偏差楕円は橋軸方向とその直交方向からなる平面上の2変量から、個々の変状の空間的な散らばりの程度を示す。

### 床版 A

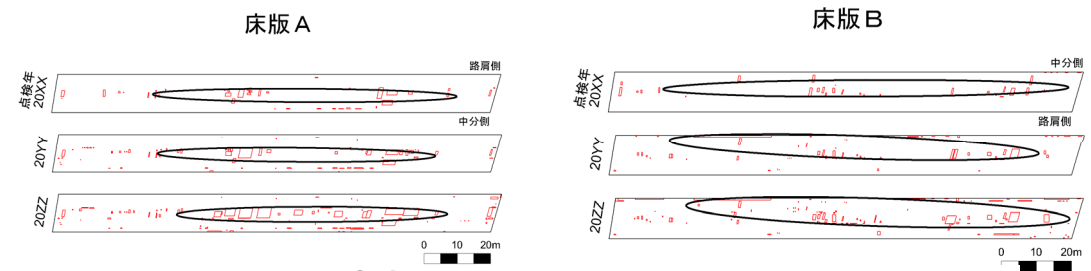


### 床版 B



# 点検データの編集3 : 経年変化の指標付与と対比, 個性(くせ)を見抜く

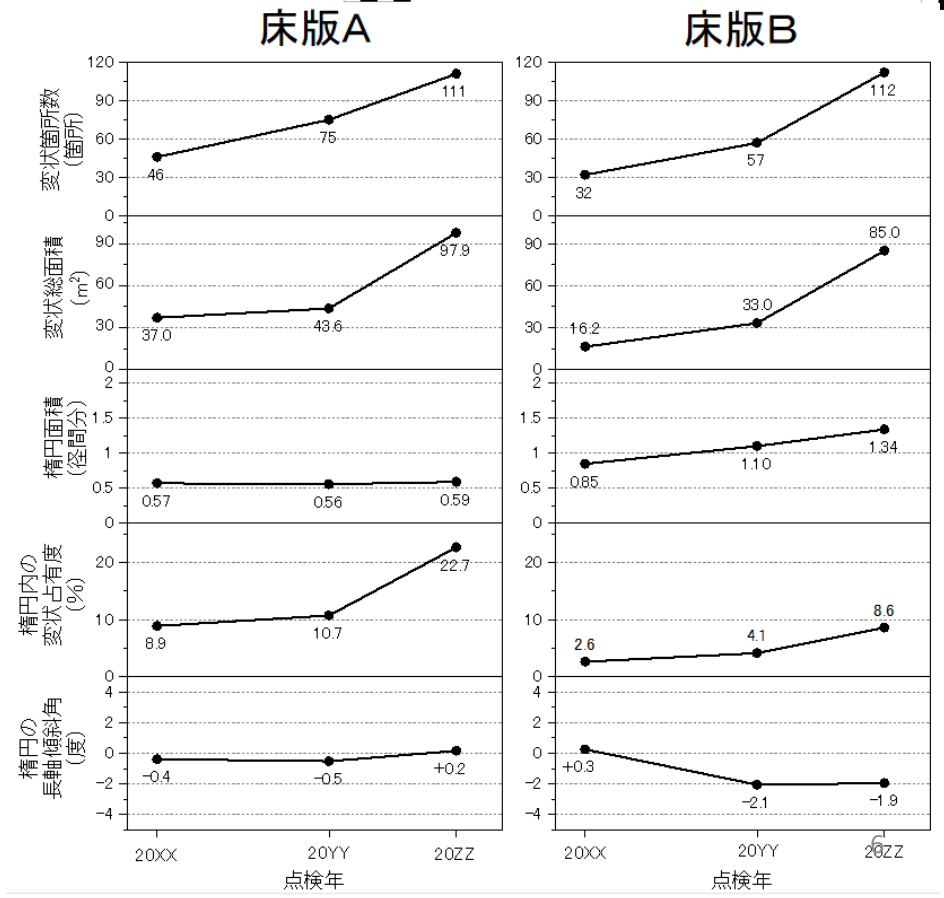
各指標ごとにその経年変化を対比する



標準偏差楕円に関わらない指標  
両床版で大差なし

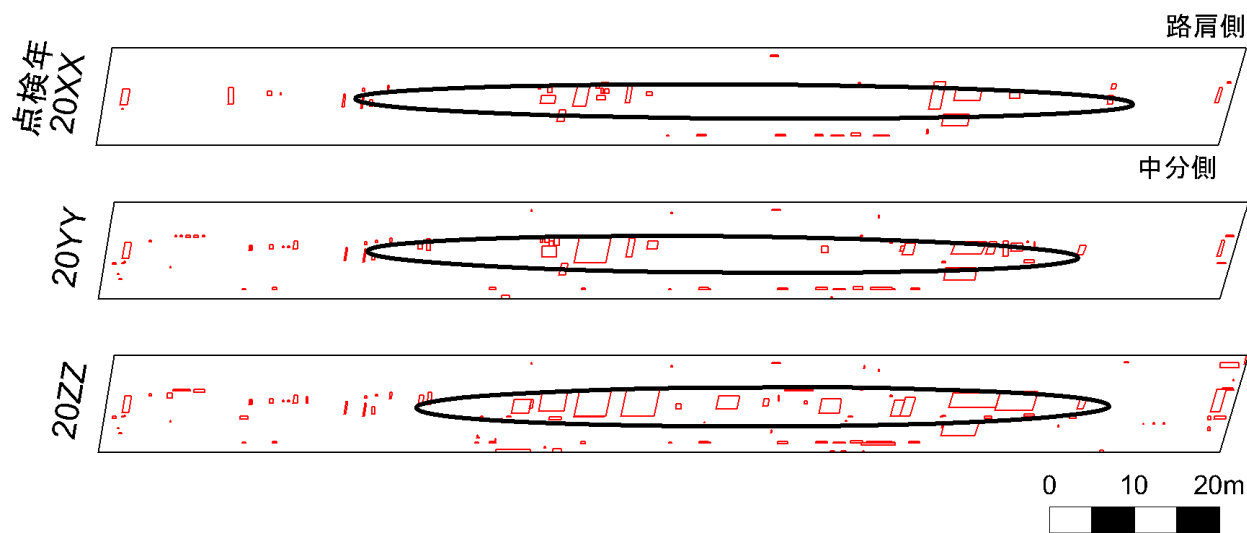
標準偏差楕円に関わる指標  
両床版で異なる → 各々クローズアップ

- 楕円面積(径間分) : 変状の広がり指標値となる
- 楕円内の変状占有度(%)  
= 変状総面積 × 68%(±1σ) / 楕円面積
- 楕円の長軸傾斜角(度) : 橋軸方向との交差角  
左回りをプラス  
右回りをマイナス



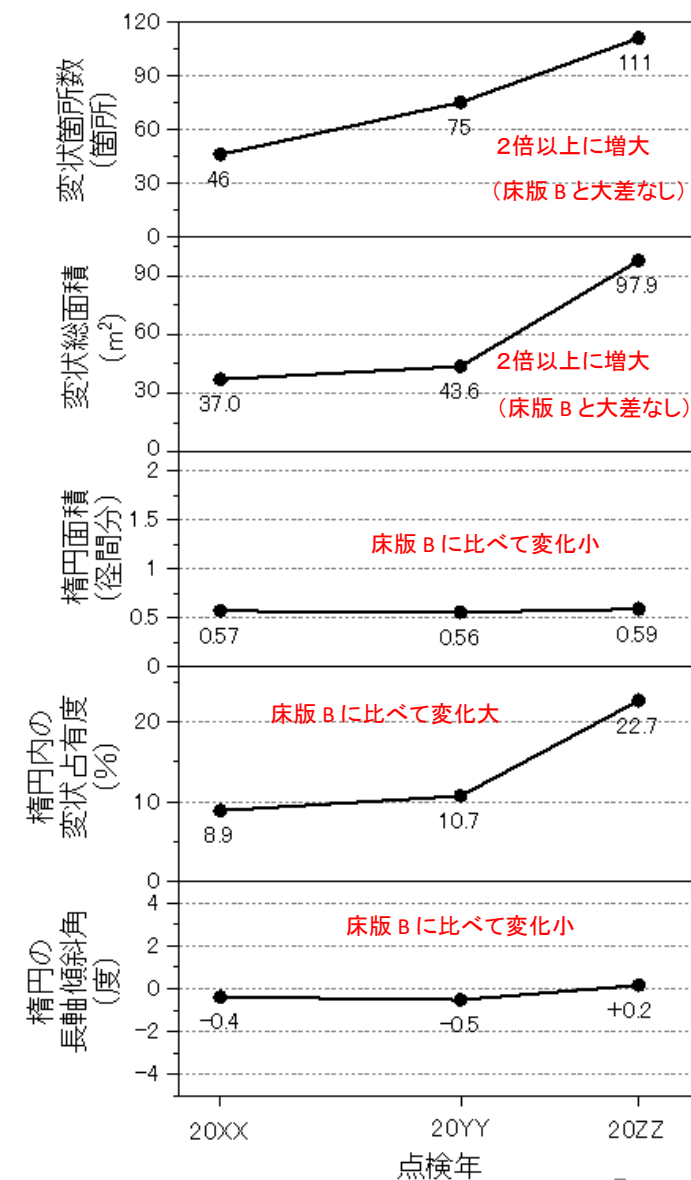
# 床版 A での変状群の経年変化特性

## 床版 A



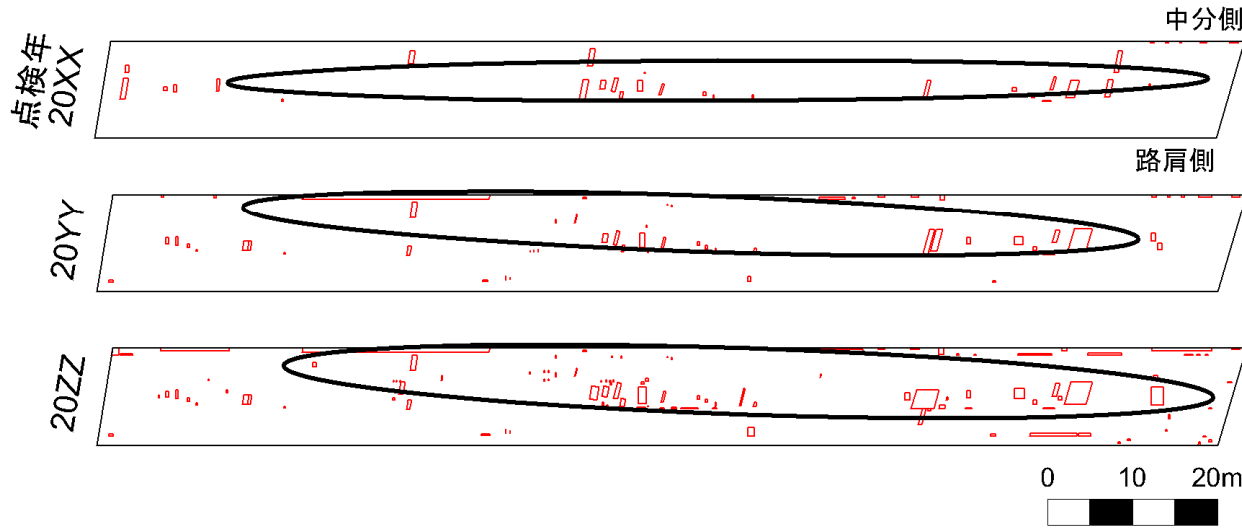
■新しい変状単体が既存の変状と変状との間に発生し、  
これらが連結・拡大している。

- ✓ 楕円は標準偏差  $\pm 1\sigma \approx 68\%$  の変状を包含するために、あまり広がったり傾いたりする必要がない。
- ✓ 楕円内の変状占有度は密になる傾向がある。



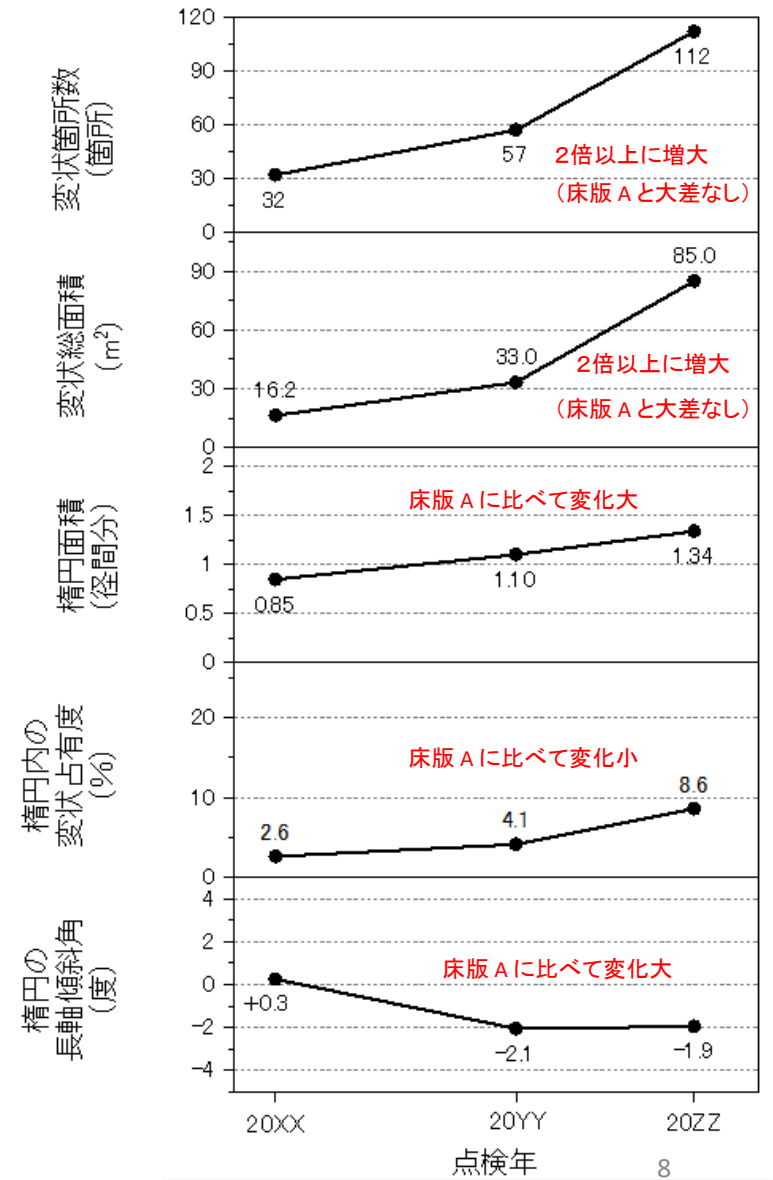
# 床版 B での変状群の経年変化特性

## 床版 B



■ 新しい変状単体が床版縁部など楕円外の遠方の飛び地で発生している。

- ✓ 楕円は標準偏差  $\pm 1\sigma \approx 68\%$  の変状を包含するために、飛び地を取り込もうとして広がったり傾いたりする必要がある。
- ✓ 楕円内の変状占有度はあまり密にならない傾向がある。





# 考 察

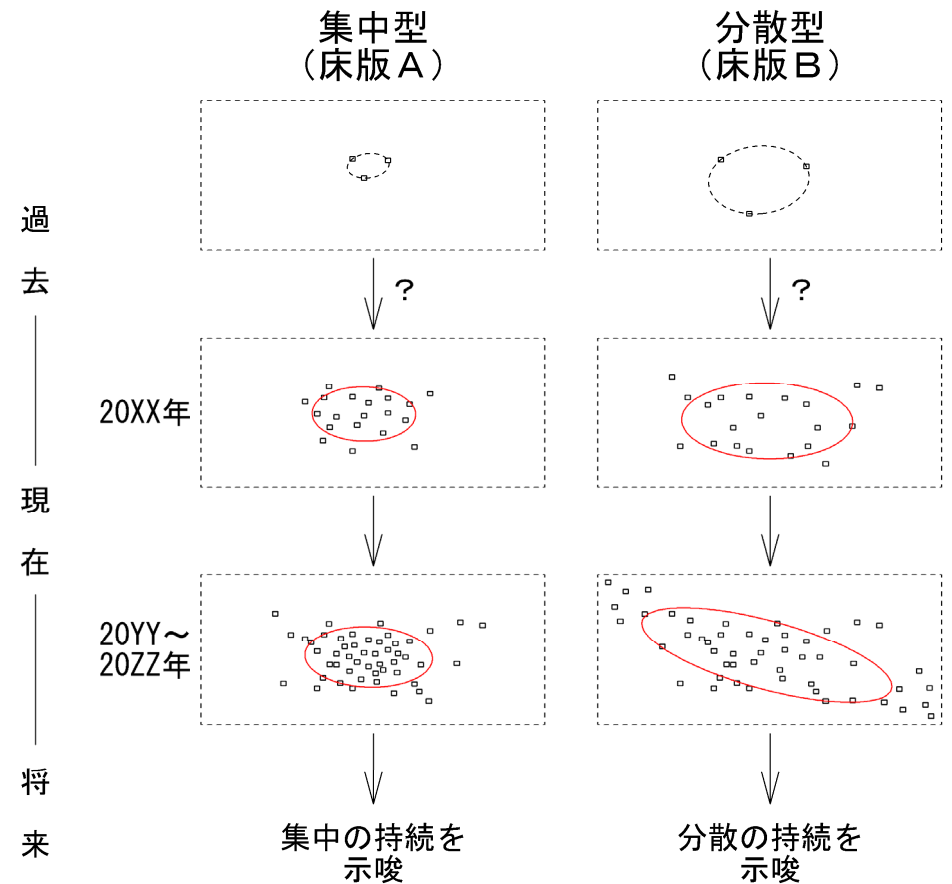
床版AとBでの変状分布の経年変化を類型化する



変状群のふるまい模式図を提案できる

- ・床版 A は「集中型」
- ・床版 B は「分散型」

- 単純に、集計的な観点から変状箇所数と変状総面積の増大による経年劣化を見ると、床版AとBのちがいはあまり認識できない。
- しかし、標準偏差楕円の指標(楕円面積、楕円内の変状占有度および楕円の長軸傾斜角)を適用すると、そのちがいを変状単体ではなく、変状群のオーダーから言及できる。
- 変状単体をそれぞれ個別に調べても、変状群の特性はわからない。また、変状単体が個別に発生拡大するメカニズムがわかったところでこれをそのまま変状群に適用できるわけではない。
- 逆にランダムに発生しているように見える変状単体であっても変状群から見れば、そこに集中型や分散型といった何らかの規則性が潜在していることもあり得る。
- このため、本床版の維持管理での決定の単位では、個々の変状単体だけでなく、変状群も考慮すると、劣化の予測可能性を高める一助となる。



変状群のふるまい模式図の意味

①楕円面積は、集中型ではあまり変化せず(変状の集中がより高くなれば、縮小することもある)、分散型では拡大する。

②楕円内の変状面積は原理的に楕円内に全体の変状総面積の $\pm 1\sigma \approx 68\%$ が確保されるため、楕円内の変状占有度は集中型では増大し分散型では変化は小さい。

③楕円の長軸傾斜角は、集中型ではあまり変わらず、分散型では集中型に比べて変化は大きい。

## ま と め

点検データの編集1 : 変状分布図の作成

点検データの編集2 : 変状単体のバッチ編集による変状群の抽出

点検データの編集3 : 経年変化の指標付与と対比, 個性(くせ)を見抜く

考 察

- 本床版の点検データに基づいて, 剥離系の変状分布図に標準偏差楕円を適用し, 個々の変状単体を一括して変状群として定量的に記載した.
- また, 変状群の時系列的なふるまいを類型化すると, 集中型(床版A: 比較的狭い範囲に連続的に広がる変状群)と, 分散型(床版B: 比較的広い範囲に不連続的に広がる変状群)となる.
- 変状単体のふるまいの予測はままならないものの, 変状群のふるまいの予測はできる可能性がある. このため, 変状群に着目した時間-空間的な全体像の記載は, 劣化予測に寄与できると考えられる.
- 今回の試みは少数の事例に基づく予察であるので, 今後さらに多くの点検データによって検証される必要がある. このため, 点検データの公開が待たれる.

ご清聴, ありがとうございました.