

BBI(Boeing Bump Index)を用いた  
空港アスファルト舗装の平坦性評価に関する検討

空港施設研究室

○増田達、坪川将丈、河村直哉

# 目次

---

1. 背景と目的
2. BBIの評価方法
3. 間隔 $\Delta x$ の感度分析
4. BBIの適用事例
5. 結論

1. 背景と目的
2. BBIの評価方法
3. 間隔 $\Delta x$ の感度分析
4. BBIの適用事例
5. 結論

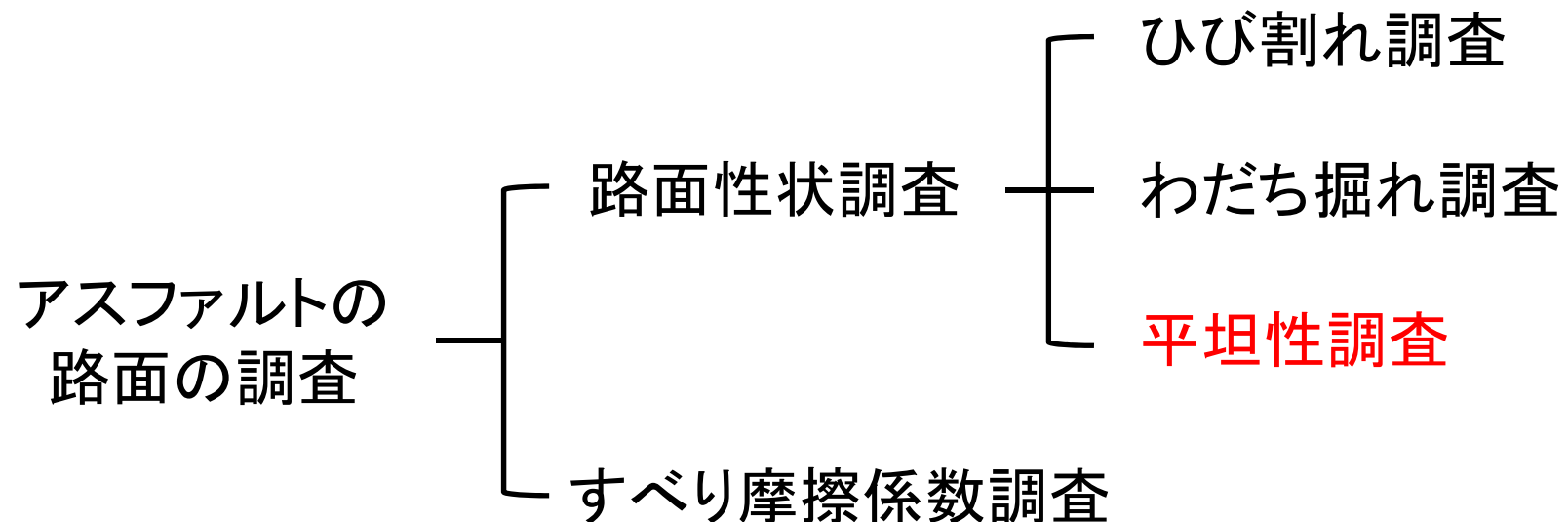
# 背景と目的 | 平坦性調査

空港舗装補修要領 第Ⅱ編 アスファルト舗装編

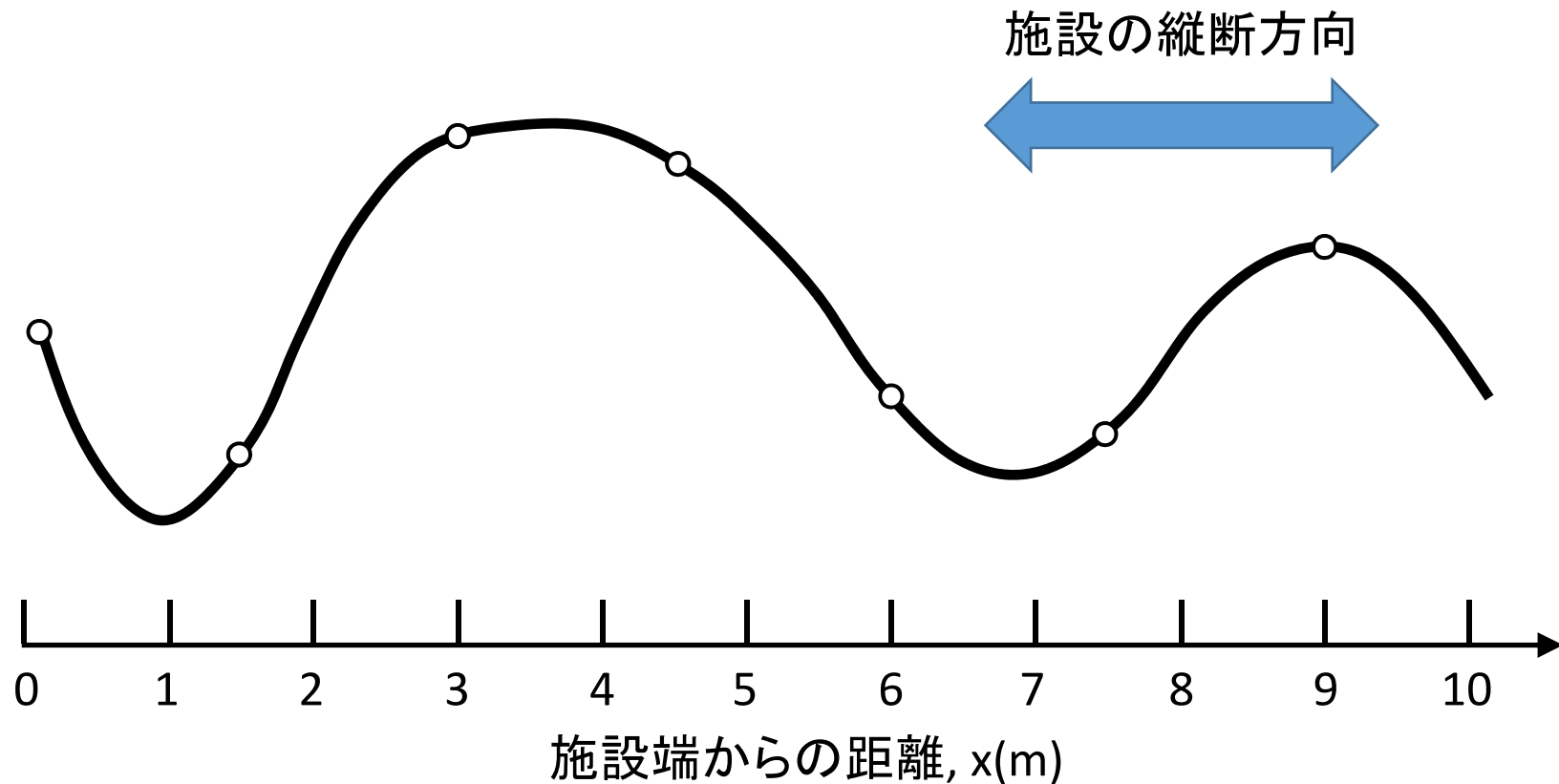
Ⅱ-1 アスファルト舗装の補修の考え方

(2) 走行安全性能の評価

「路面の調査により、走行安全性能を評価し、補修の必要性を判断するものとする。路面の調査としては、路面性状調査およびすべり摩擦係数調査を行うものとする。」

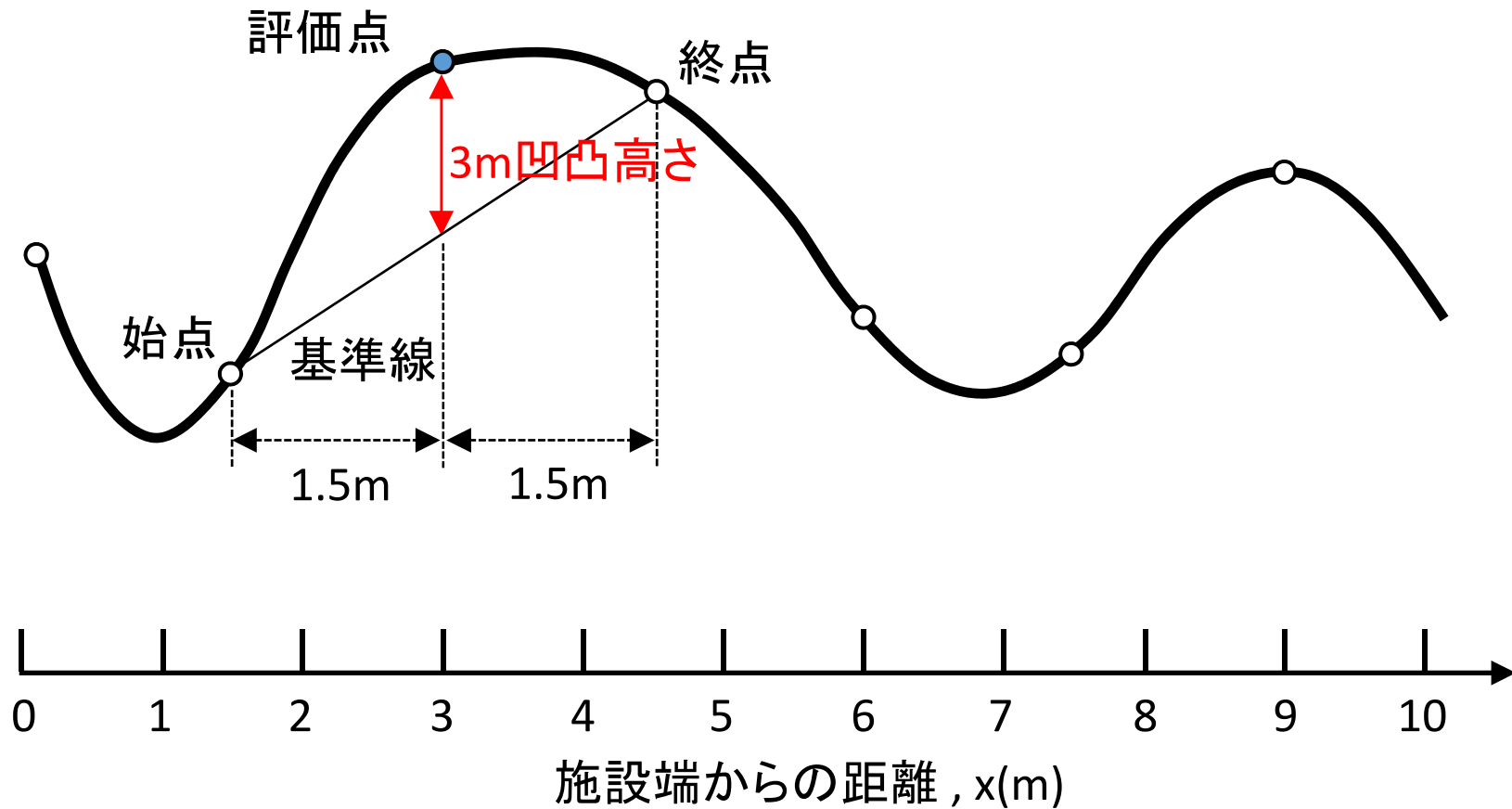


# 背景と目的 | 平坦性について



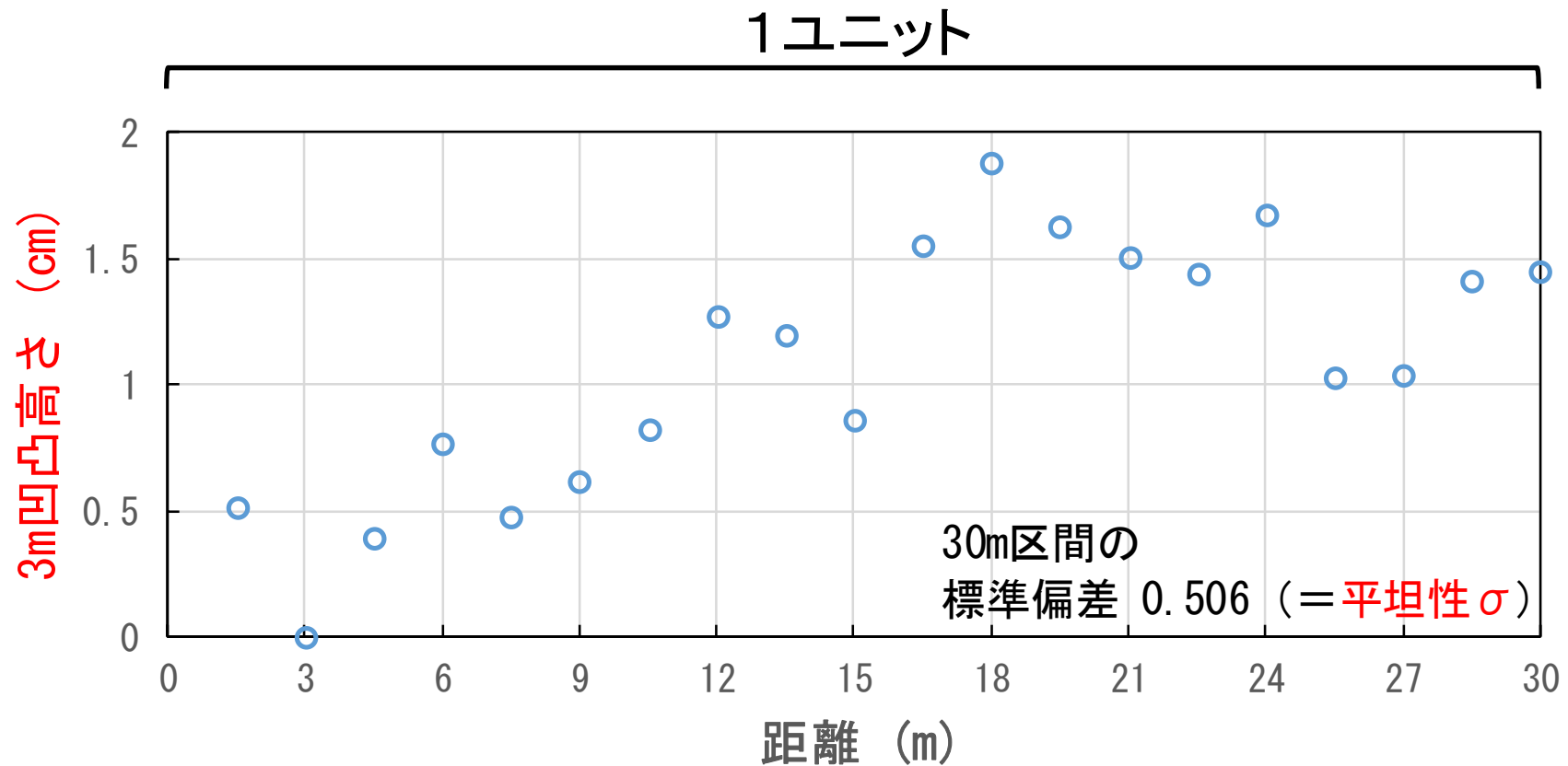
- 平坦性とは、施設の縦断方向の凹凸の程度を示す。
- パイロットの計器視認性に影響を与える等、航空機の走行安全性に影響を与える凹凸を平坦性調査により検知することが必要である。

# 背景と目的 | 既往の平坦性指標(平坦性 $\sigma$ )①



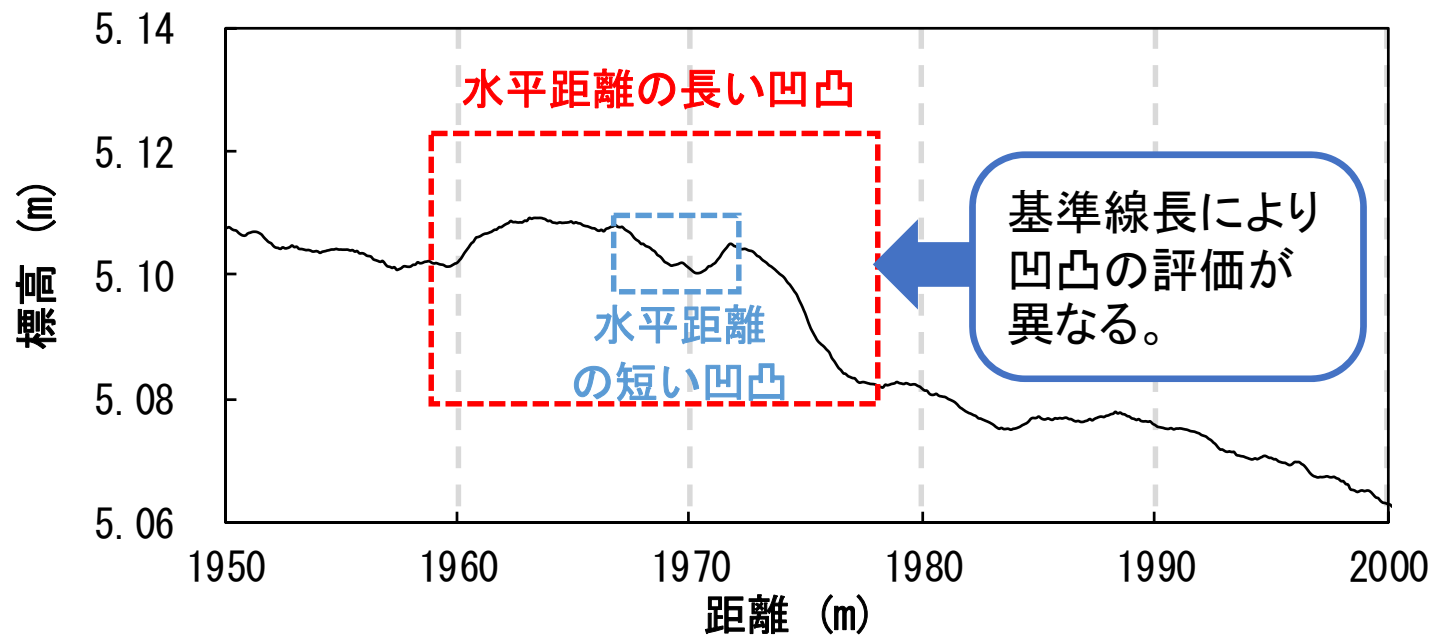
- 水平方向に長さ3.0mの基準線を用いる。
- 評価点と基準線との鉛直方向の距離(3m凹凸高さ)を1.5m間隔で測定する。

## 背景と目的 | 既往の平坦性指標(平坦性 $\sigma$ )②



- 大型ジェット機の就航する空港で評価ユニット長は30mである。
- 評価ユニット内の3m凹凸高さの標準偏差が平坦性 $\sigma$ を示す。

# 背景と目的 | 既往手法の課題と本研究の目的



- 平坦性 $\sigma$ は、水平距離の短い凹凸のみ評価していることが課題である。
- BBI(Boeing Bump Index)は、米国連邦航空局で2009年に平坦性指標として採用され、種々の長さの基準線により、水平距離の長い凹凸の評価が可能とされている。
- BBIにより、実空港滑走路の平坦性評価を行い評価結果を検証する。



# 目次

---

1. 背景と目的
2. **BBIの評価方法**
3. 間隔 $\Delta x$ の感度分析
4. BBIの適用事例
5. 結論

## BBIの評価方法 | 5STEP

---

STEP1 BBI評価点と基準線の始点の設置

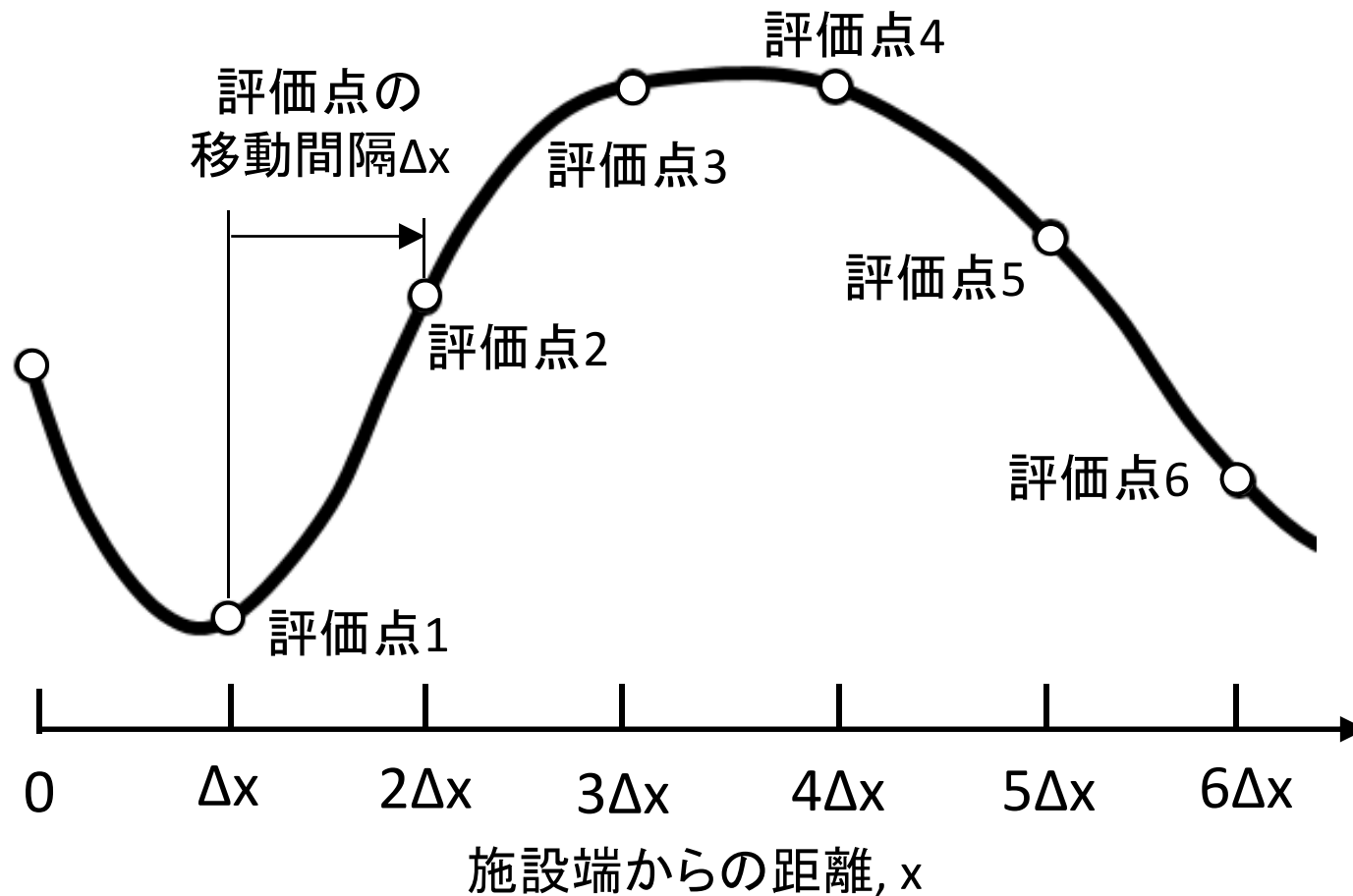
STEP2 基準線の作成

STEP3 凹凸長さと凹凸高さの算出

STEP4 基準凹凸高さの設定

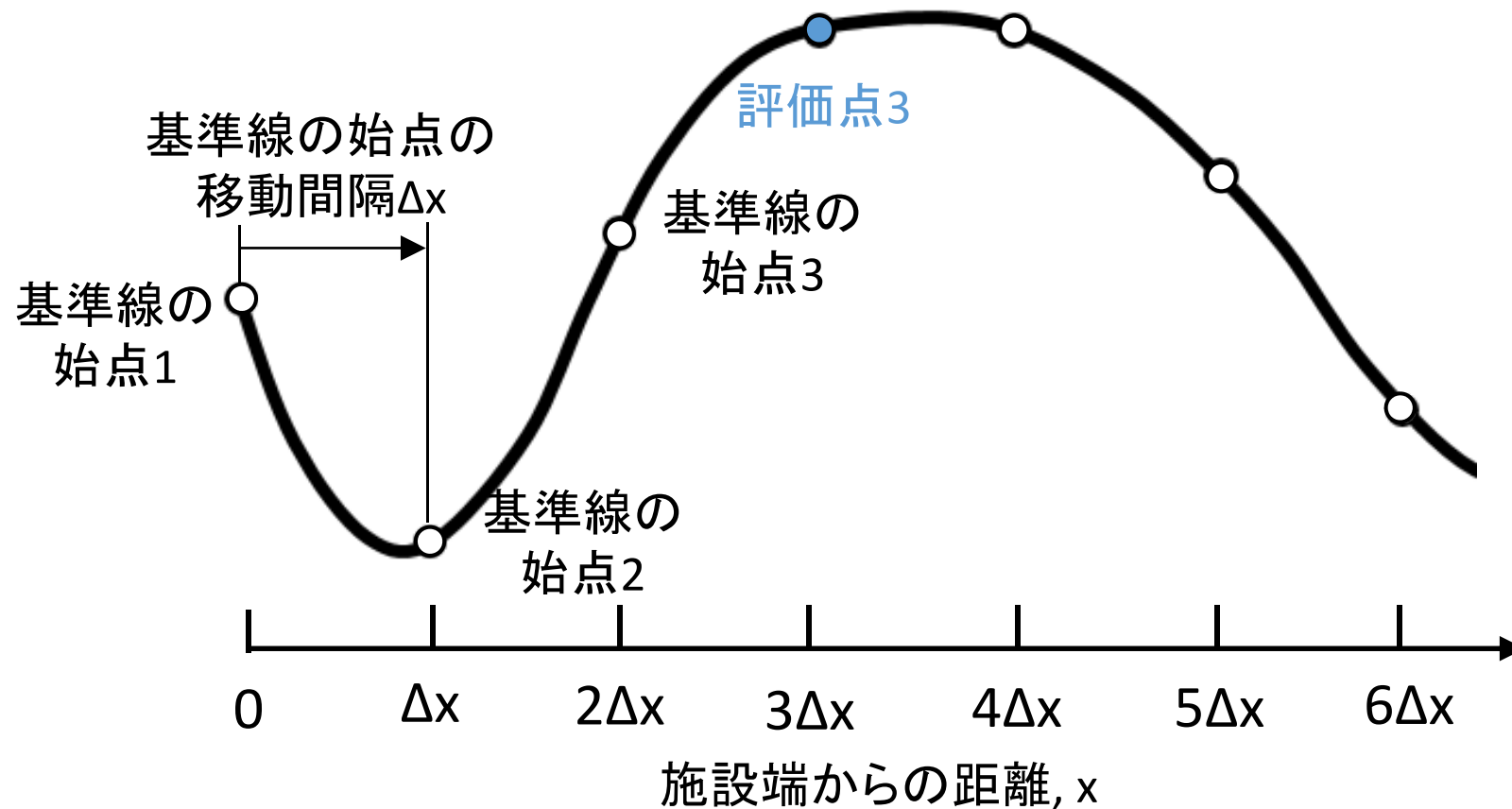
STEP5 BBIの算出

# BBIの評価方法 | STEP1 BBI評価点と基準線の始点の設置①



- 間隔 $\Delta x$ の縦断プロファイルに対して、間隔 $\Delta x$ でBBIの評価点を設置する。

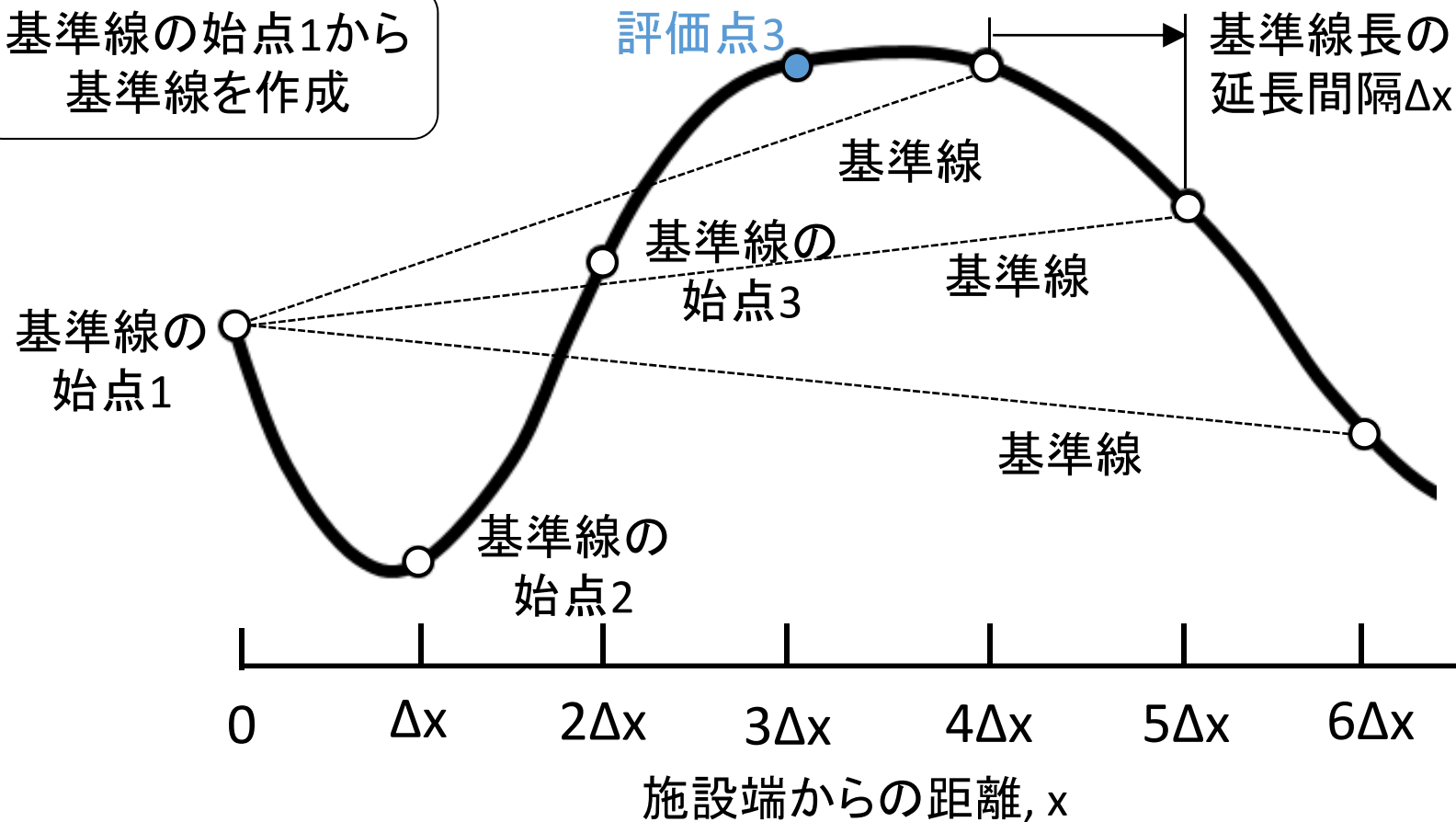
## BBIの評価方法 | STEP1 BBI評価点と基準線の始点の設置②



- 評価点に対して、基準線を引くための基準線の始点を設置する。

# BBIの評価方法 | STEP2 基準線の作成①

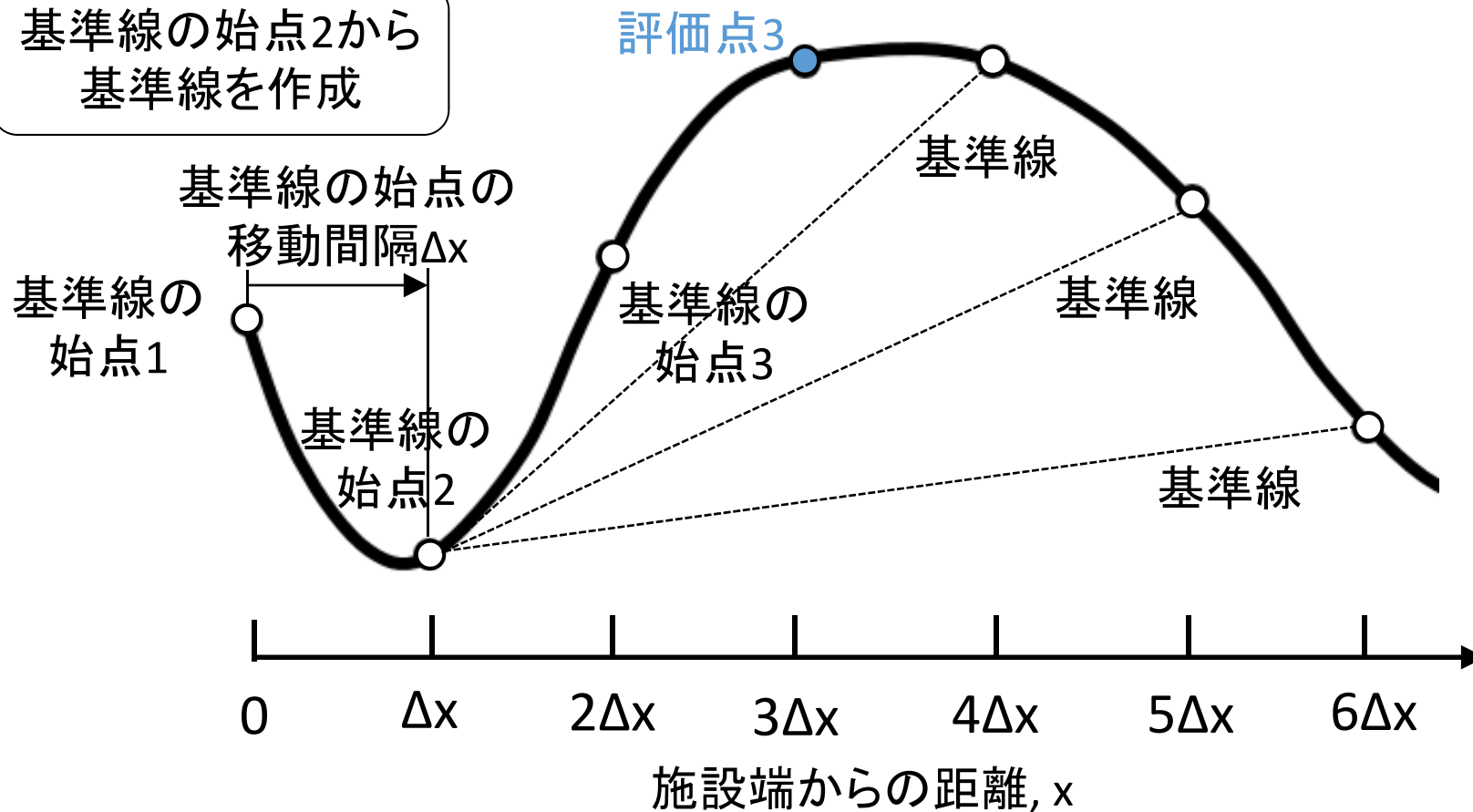
基準線の始点1から  
基準線を作成



- 基準線の始点から基準線を引く。
- 基準線長は基準線の始点から評価点を $\Delta x$ 超える長さから120mまで間隔 $\Delta x$ で延長する。

## BBIの評価方法 | STEP2 基準線の作成②

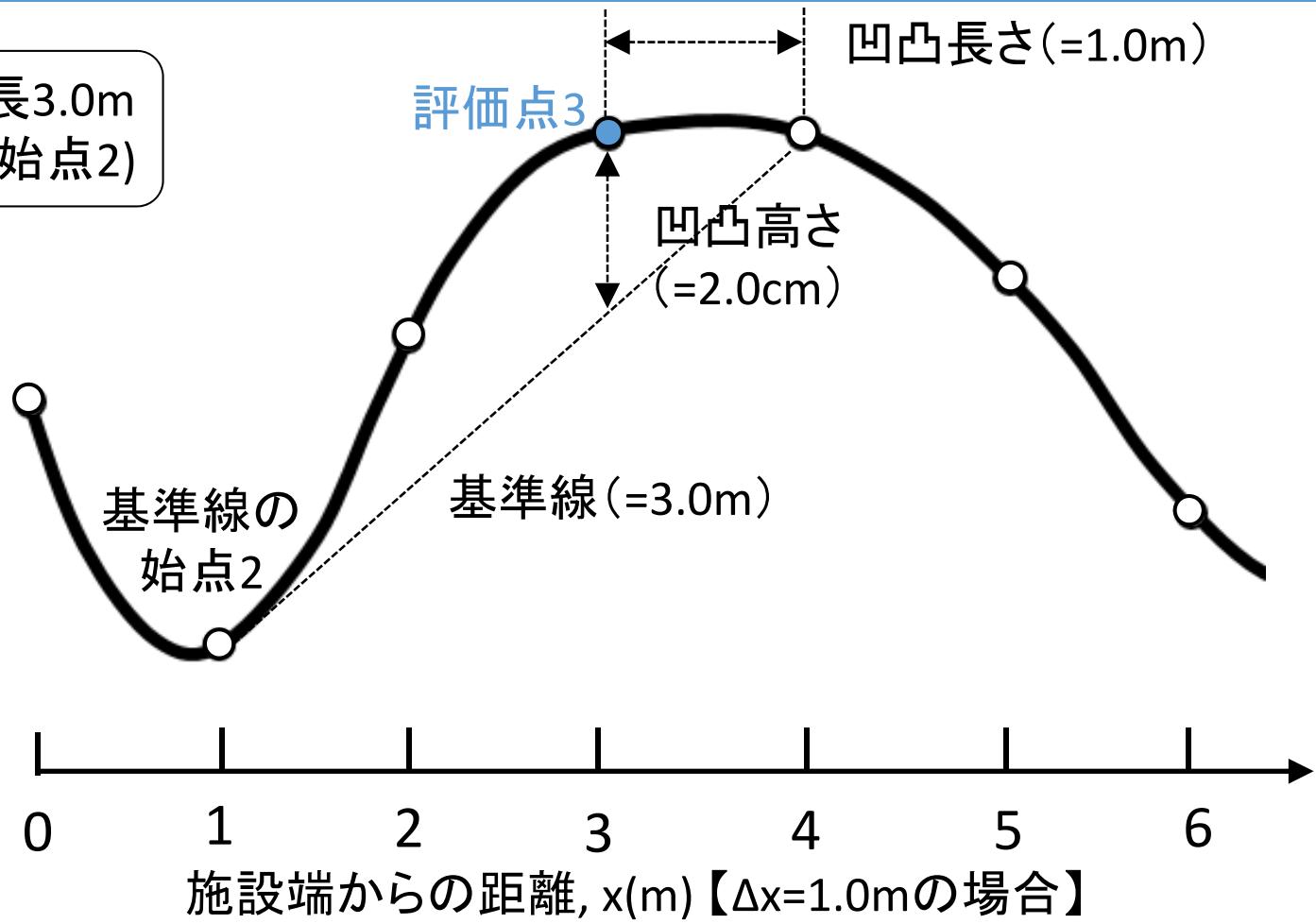
基準線の始点2から  
基準線を作成



- 一つの評価点に対して、複数の基準線の始点から基準線を引くことができる。

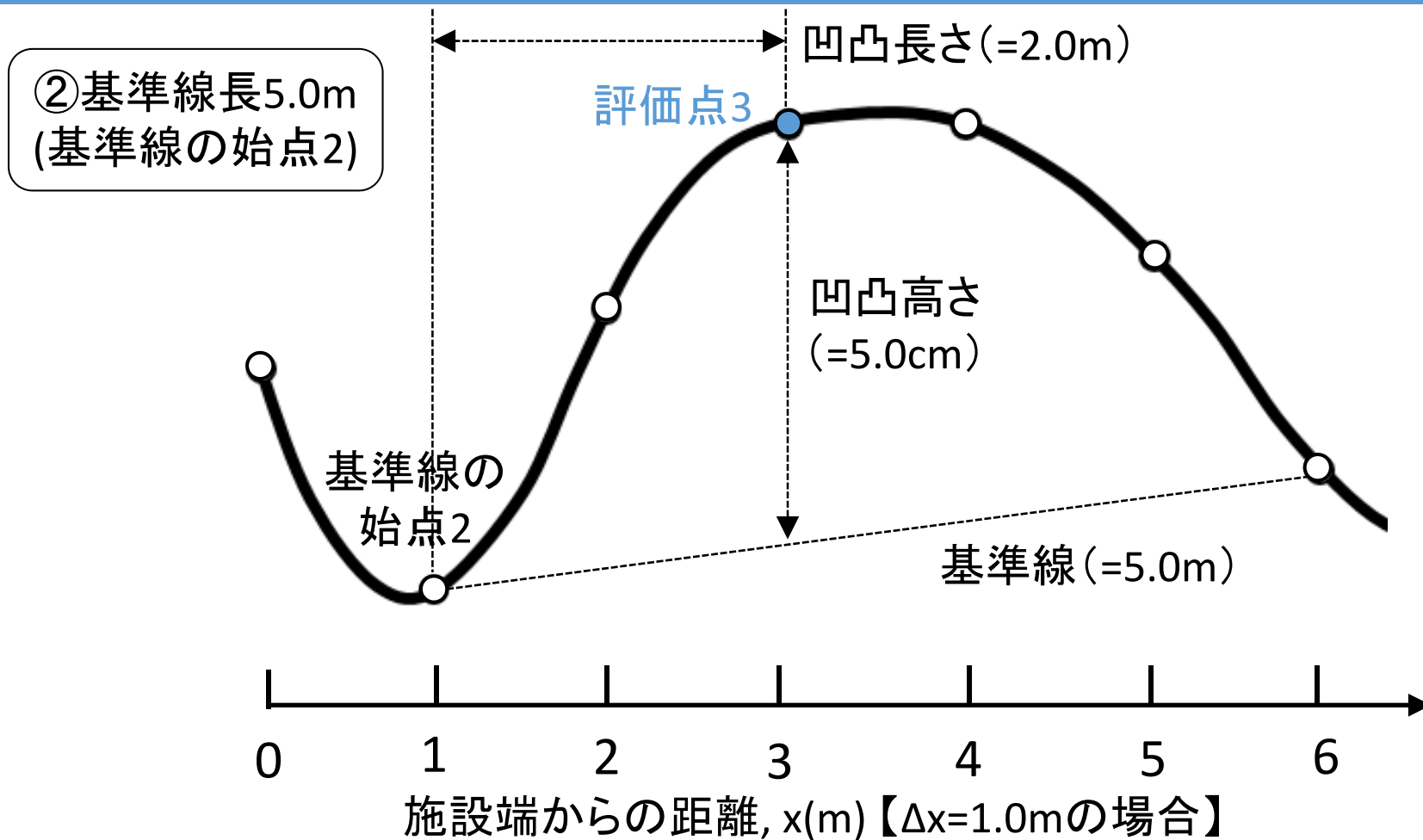
# BBIの評価方法 | STEP3 凹凸長さと凹凸高さの算出①

①基準線長3.0m  
(基準線の始点2)



- 評価点と基準線から凹凸長さと凹凸高さを算出する。
- 凹凸長さは基準線の始点/終点から評価点までの距離の短い方、凹凸高さは評価点と基準線の高低差である。

## BBIの評価方法 | STEP3 凹凸長さと凹凸高さの算出②

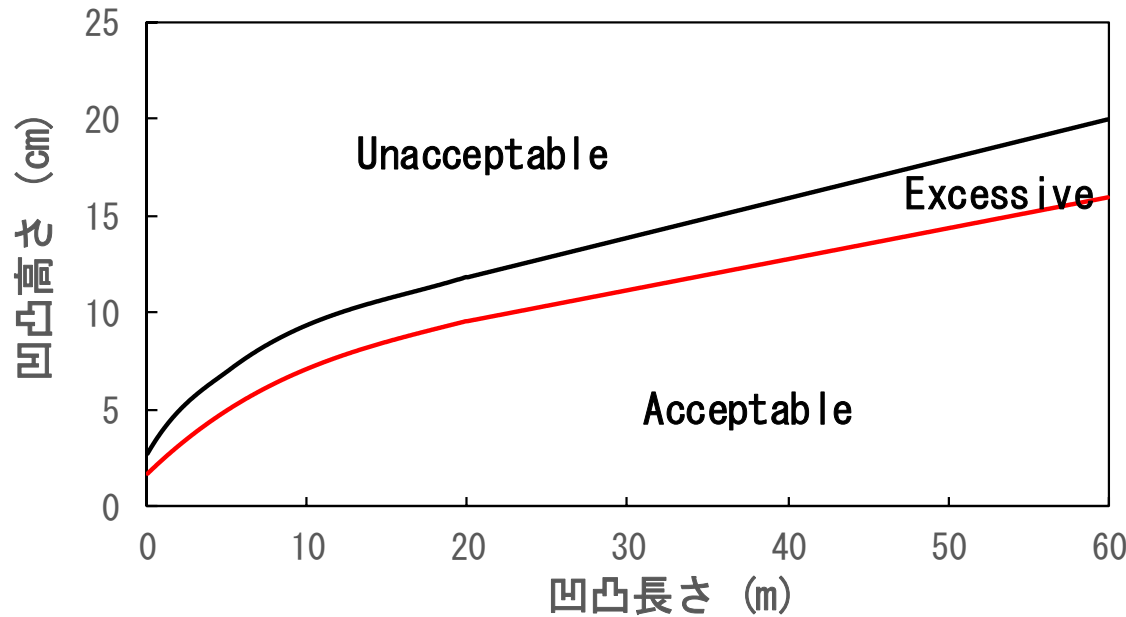


- 複数の基準線から凹凸長さと凹凸高さの組み合わせを算出する。

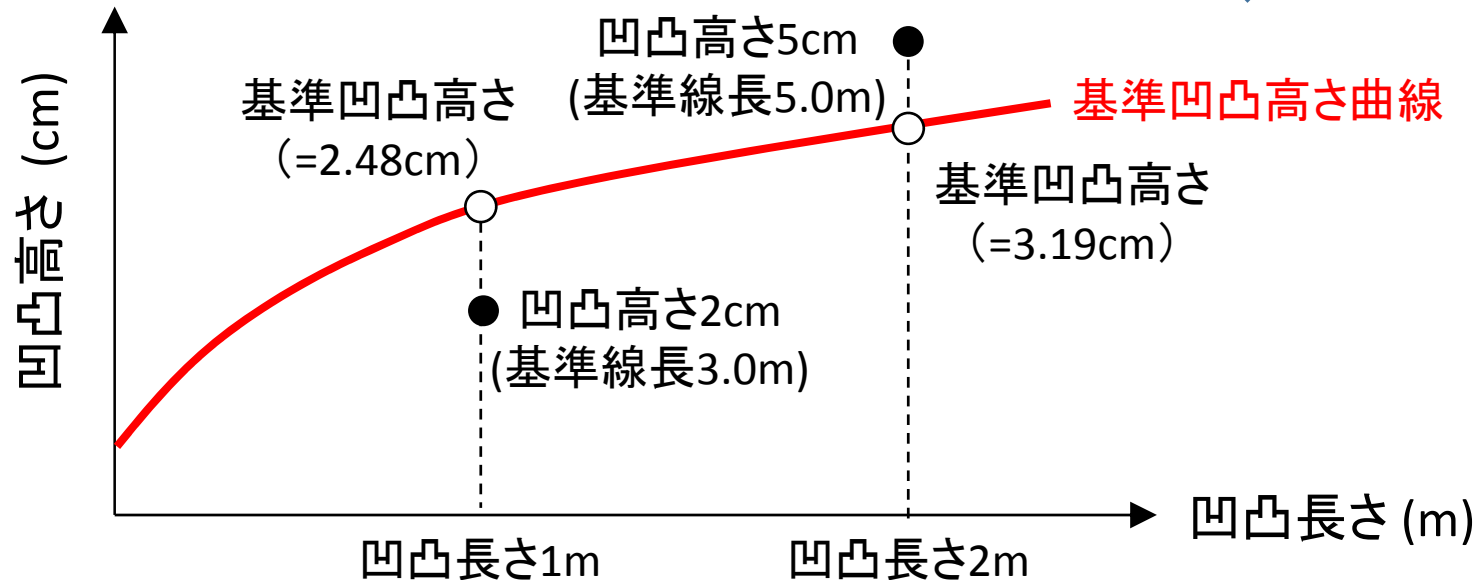


# BBIの評価方法 | STEP4 基準凹凸高さの設定

FAA AC150/5380-9に記載されている基準凹凸高さ曲線



Excessive-Acceptable境界を  
基準凹凸高さとして適用



## BBIの評価方法 | STEP5 BBIの算出

$$\text{BBI} = \text{MAX} \left( \frac{\text{凹凸高さ}}{\text{基準凹凸高さ}} \right)$$

①基準線長3.0m

②基準線長5.0m

$$\frac{\text{凹凸高さ}(2\text{cm})}{\text{基準凹凸高さ}(2.48\text{cm})} = 0.81 < \frac{\text{凹凸高さ}(5\text{cm})}{\text{基準凹凸高さ}(3.19\text{cm})} = 1.57$$

- 複数の凹凸高さに対して、凹凸高さを基準凹凸高さで除し、最大値をBBIとする。
- BBIが1.0を超過する箇所がある場合、当該箇所の凹凸が走行に及ぼす影響を航空会社にヒアリングし、補修の必要性を判断する。【空港舗装補修要領】

# 目次

---

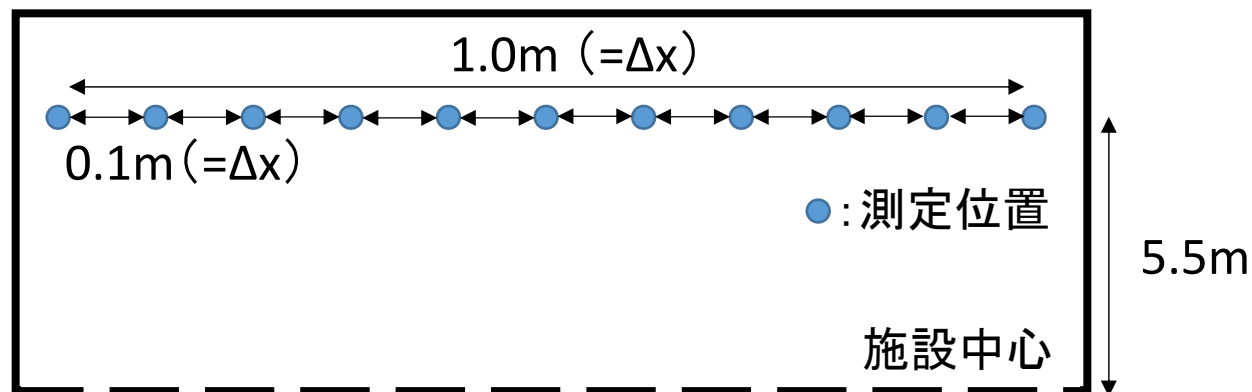
1. 背景と目的
2. BBIの評価方法
3. 間隔 $\Delta x$ の感度分析
4. BBIの適用事例
5. 結論

# 間隔 $\Delta x$ の感度分析 | 分析条件

本発表で扱う  
2事例

事例名	施設名	種類	測定延長	測定位置	測定年月	
A空港_H18	滑走路	海上埋立	3,000m	施設中心 から5.5m	H18.2	
A空港_H23					H23.3	
B空港		陸上	3,000m		H27.11	
C空港					2,500m	H28.1
D空港					2,500m	H28.1

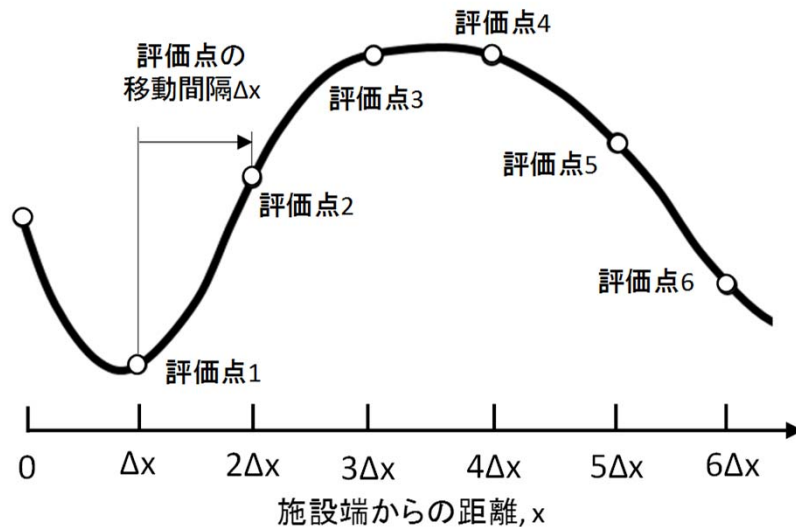
←→ 施設の縦断方向



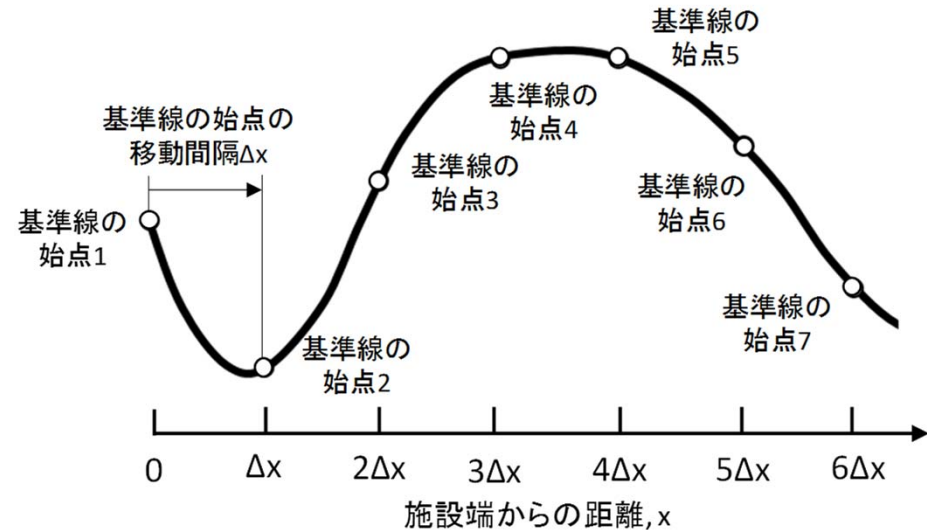
- $\Delta x=1.0\text{m}$ ,  $0.1\text{m}$ の二種類からBBIを算出し、算出結果を比較する。

# 間隔 $\Delta x$ の感度分析 | 間隔 $\Delta x$ の確認

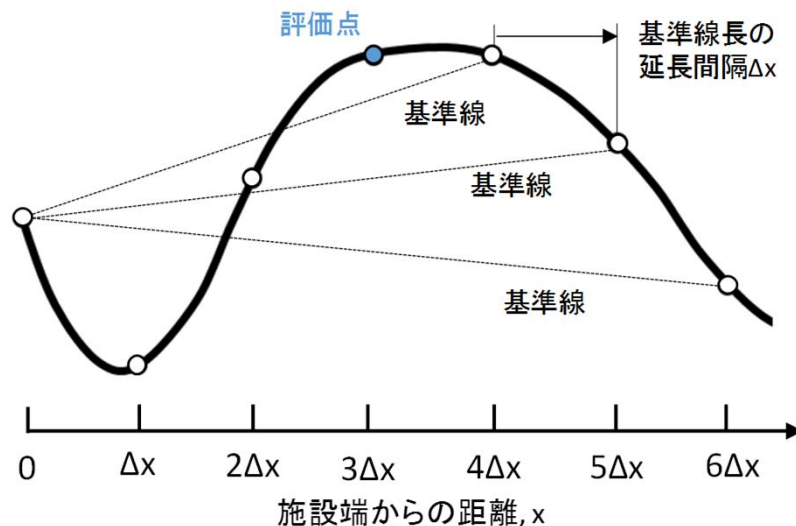
## ① 評価点の移動間隔 $\Delta x$



## ② 基準線の始点の移動間隔 $\Delta x$



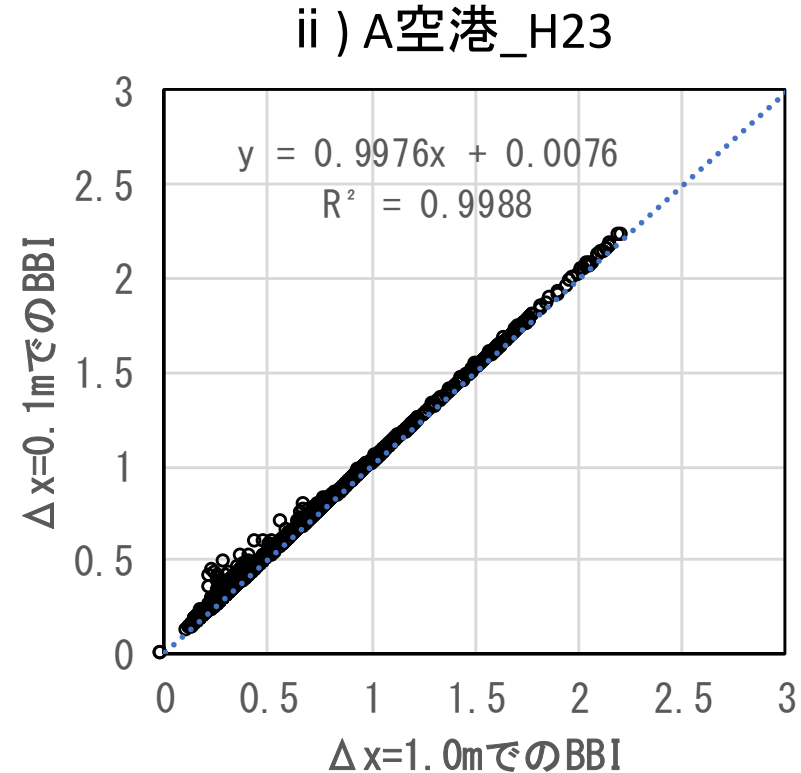
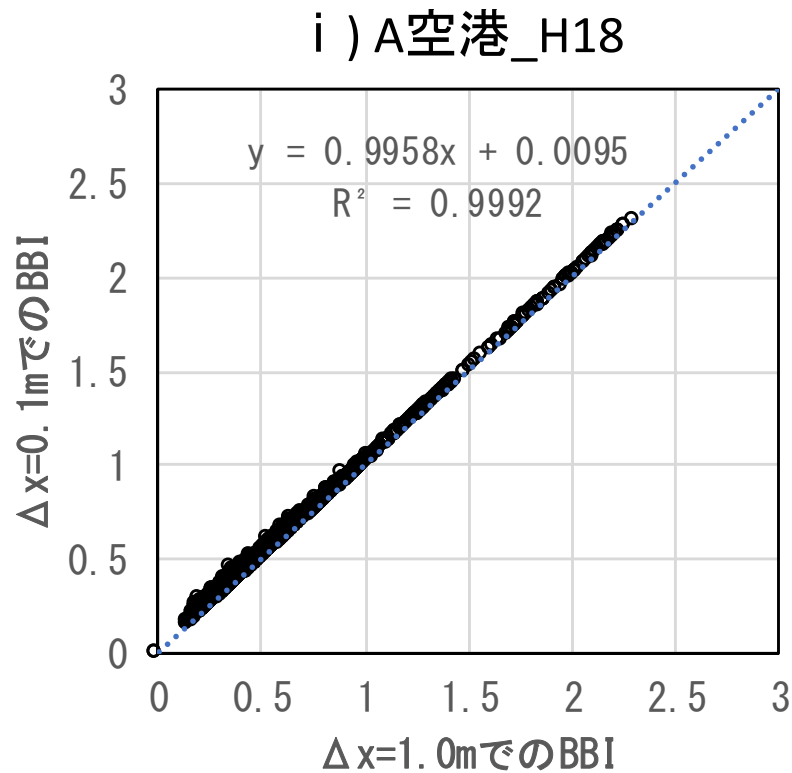
## ③ 基準線長の延長間隔 $\Delta x$



間隔  $\Delta x$  は三項目に関する。

- ① 評価点の移動間隔
- ② 基準線の始点の移動間隔
- ③ 基準線長の延長間隔

# 間隔 $\Delta x$ の感度分析 | 分析結果



- $\Delta x=1.0\text{m}$ と $\Delta x=0.1\text{m}$ ではBBIにほとんど違いが見られない。
- BBIを算出する計算プログラムに要す時間を短縮することを考慮し、 $\Delta x=1.0\text{m}$ とすることとした。

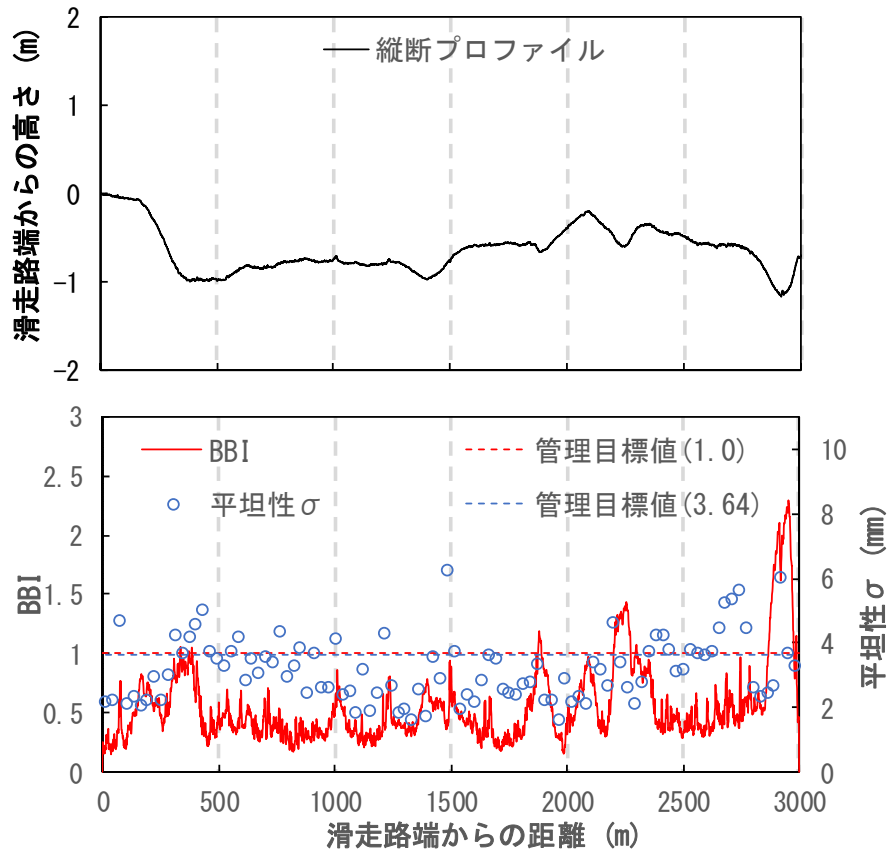
# 目次

---

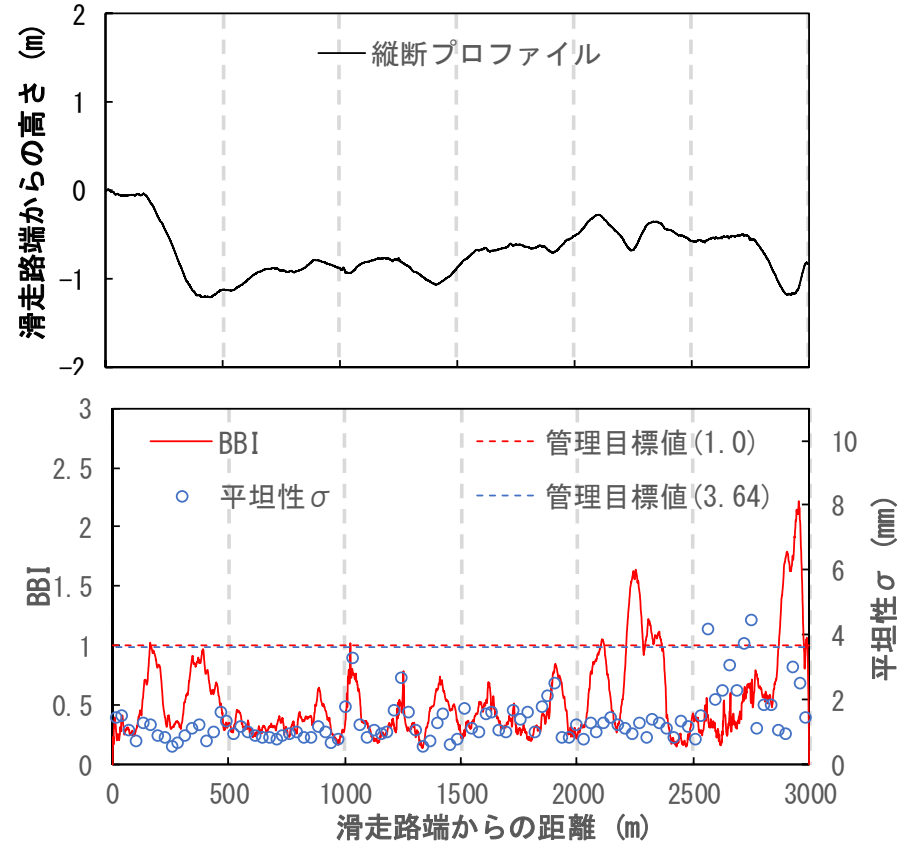
1. 背景と目的
2. BBIの評価方法
3. 間隔 $\Delta x$ の感度分析
4. BBIの適用事例
5. 結論

# BBIの適用事例 | 平坦性評価結果

i) A空港\_H18



ii) A空港\_H23

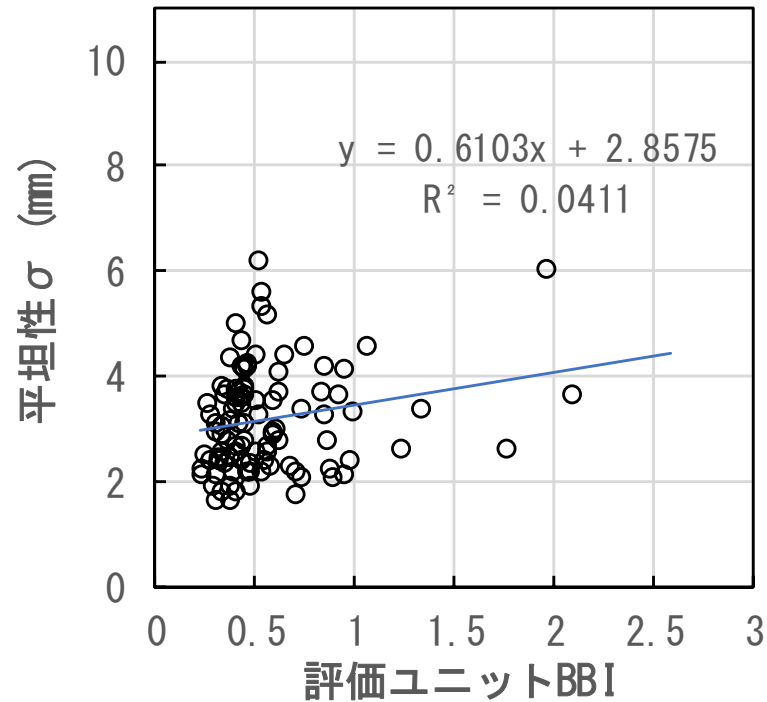


- A空港当該滑走路では、平成20,21年に帯状切削による舗装補修が実施された。
- 同一年のBBIと平坦性 $\sigma$ の相関、およびH18とH23を比較した際のBBIと平坦性 $\sigma$ の各々の違いに着目して分析する。

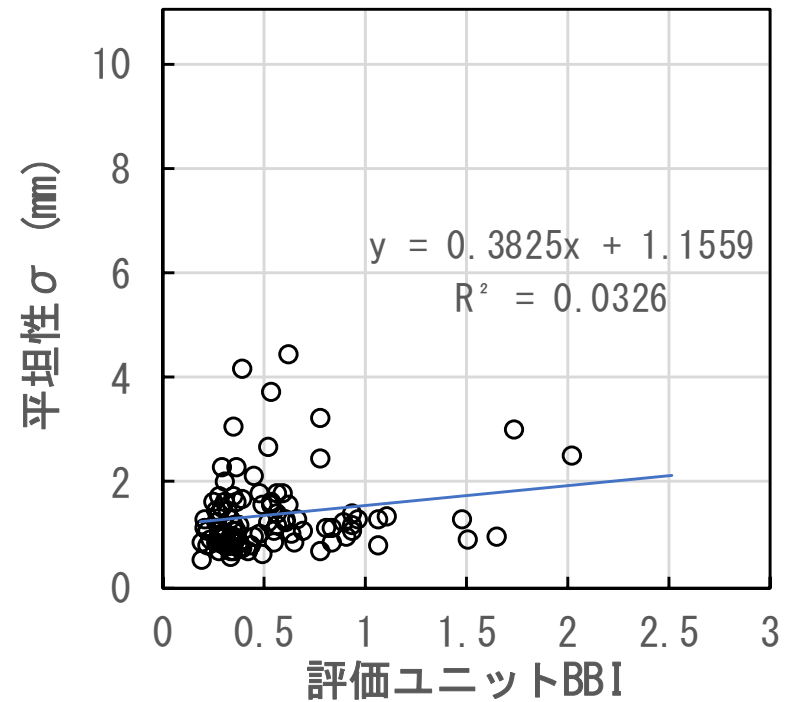


# BBIの適用事例 | BBIと平坦性 $\sigma$ の相関

i) A空港\_H18

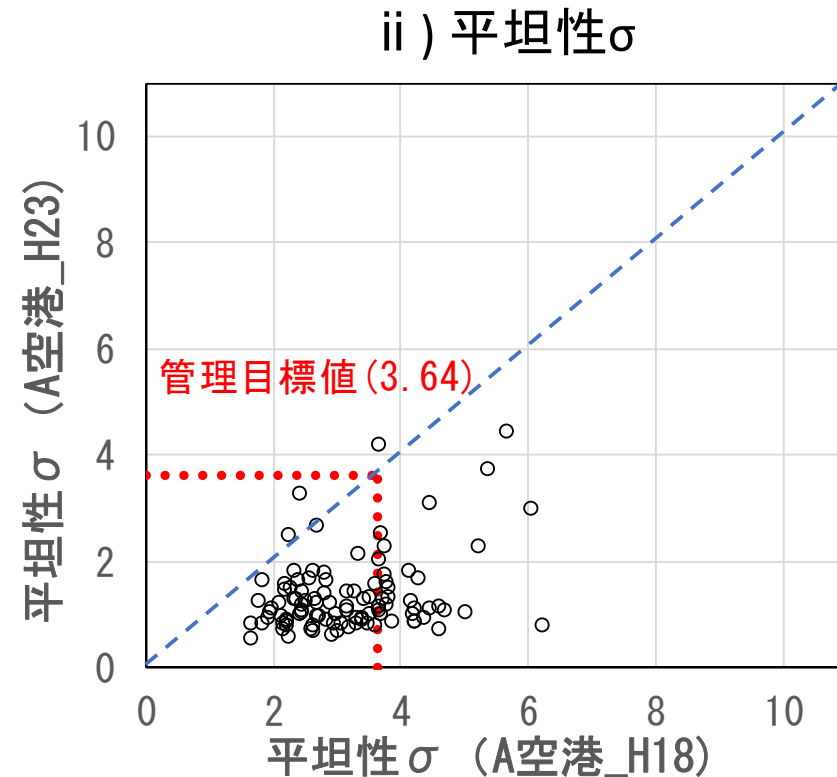
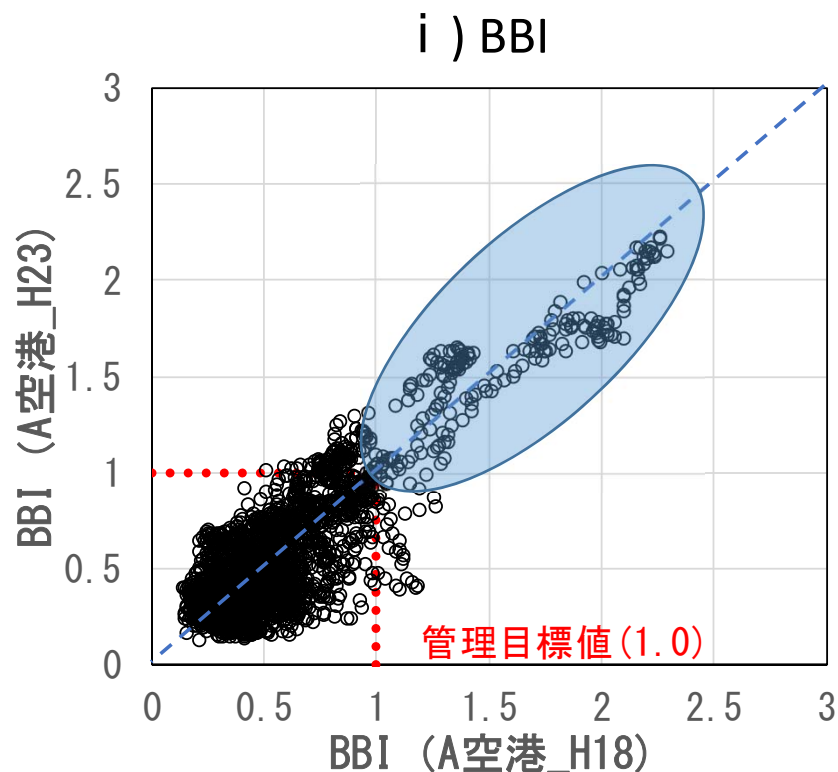


ii) A空港\_H23



- BBIは評価ユニット長30mの区間の平均値を使用した。
- BBIと平坦性の相関はほとんど見られない。

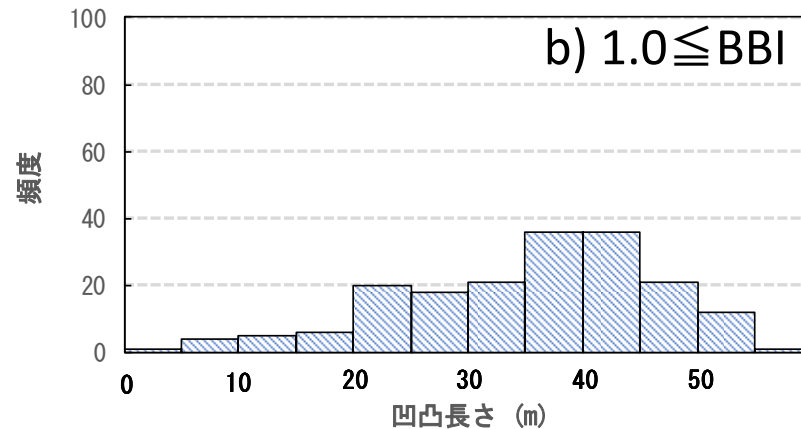
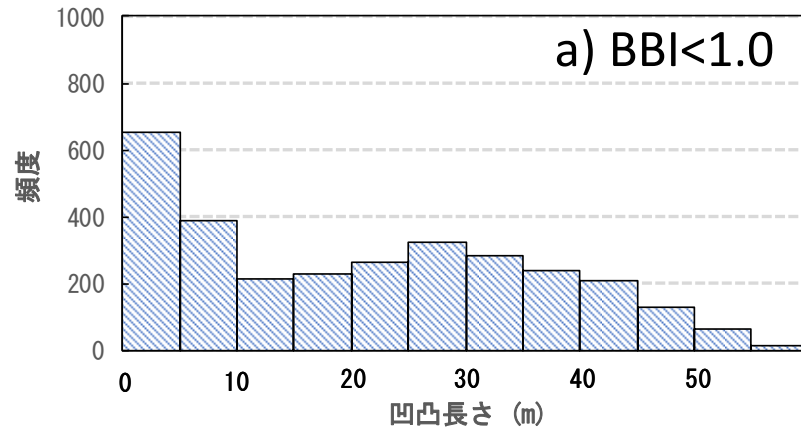
# BBIの適用事例 | A空港\_H18とA空港\_H23の比較



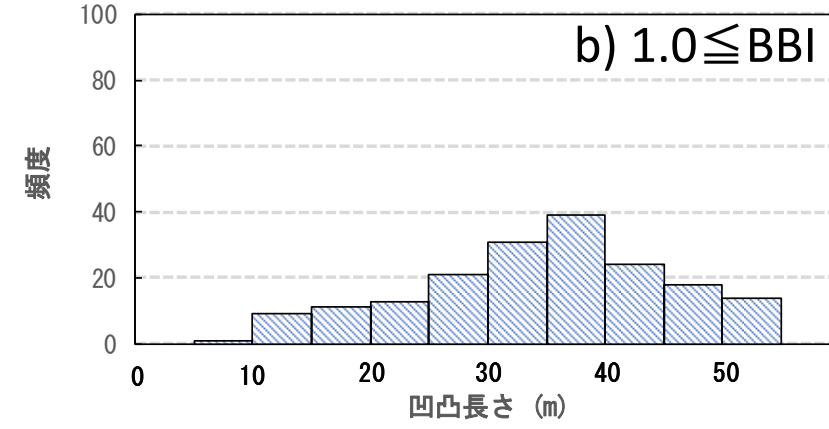
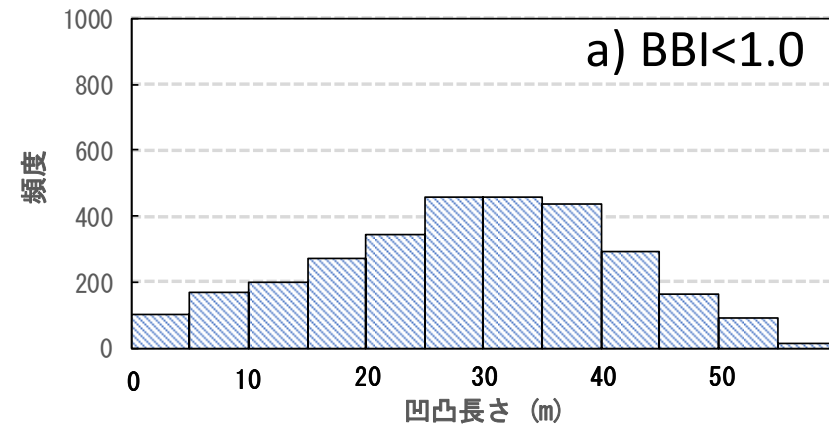
- BBIは管理目標値より大きい領域では、H18とH23では大きな差は見られない。BBIの値が大きい地点は補修の影響をあまり受けなかったと思われる。
- 平坦性 $\sigma$ はH23の平坦性 $\sigma$ がH18よりも概ね小さくなっており、補修の影響が見られる。

# BBIの適用事例 | BBIの凹凸長さ

i) A空港\_H18



ii) A空港\_H23



- BBI<1.0では、H18とH23を比較すると、補修の影響を受けて長い凹凸長さが占める割合が大きくなっている。
- $1.0 \leq \text{BBI}$ では、補修の影響を受けずH18とH23では凹凸長さの構成にあまり違いがない。

# 目次

---

1. 背景と目的
2. BBIの評価方法
3. 間隔 $\Delta x$ の感度分析
4. BBIの適用事例
5. 結論

# 結論

---

1. BBIの $\Delta x$ が1.0mと0.1mの場合を比較した際に、有意な差はなく、プログラムを用いたBBIの算出に要す時間を考慮し、 $\Delta x$ は1.0mとすることとした。
2. BBIは平坦性 $\sigma$ と比較して、地盤の圧密等による不同沈下の影響で生ずる水平距離の長い凹凸についても検知することが可能であるため、平坦性指標として有用性が高い。