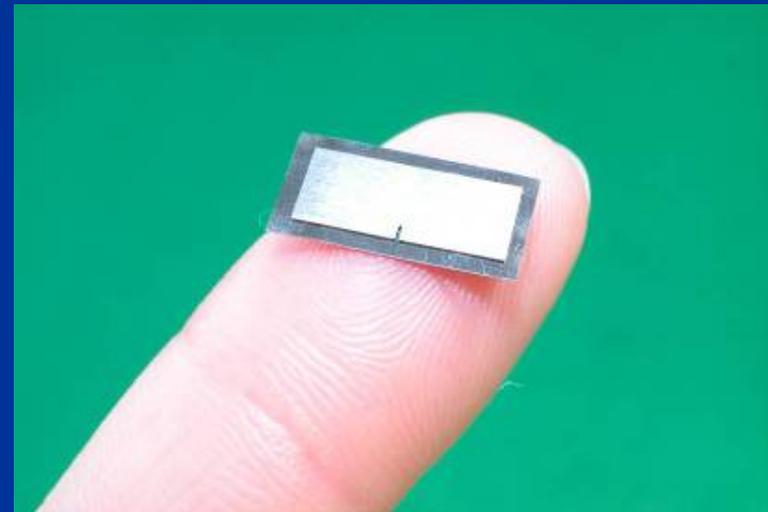


疲労センサの基本構造と原理解説

1. はじめに
2. コンセプト
3. 基本構造
4. 寿命診断の原理



1. はじめに

橋梁、荷役装置など

長い年月を経た
(経年)構造が
年々増加

どうやって
メンテナンス
していくか?

鉄道車両、船舶など

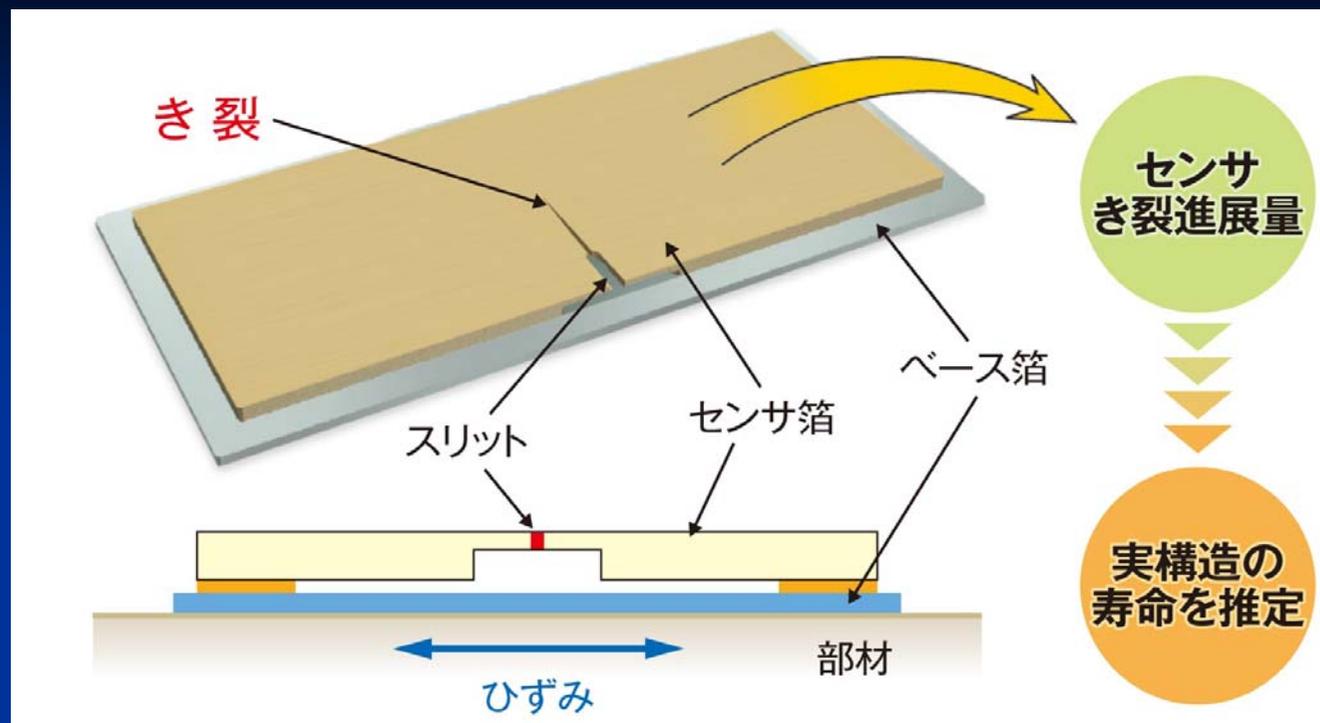
近年、設計寿命を
超えて延命を
図る動き

あと何年
使えるのか?

疲労損傷度を
簡単に検出できる
ツール

2. コンセプト

疲労センサとは、
繰返し応力を受ける
構造部材に貼付し、
実働中の疲労損傷度
(ダメージ) を計測
するもの

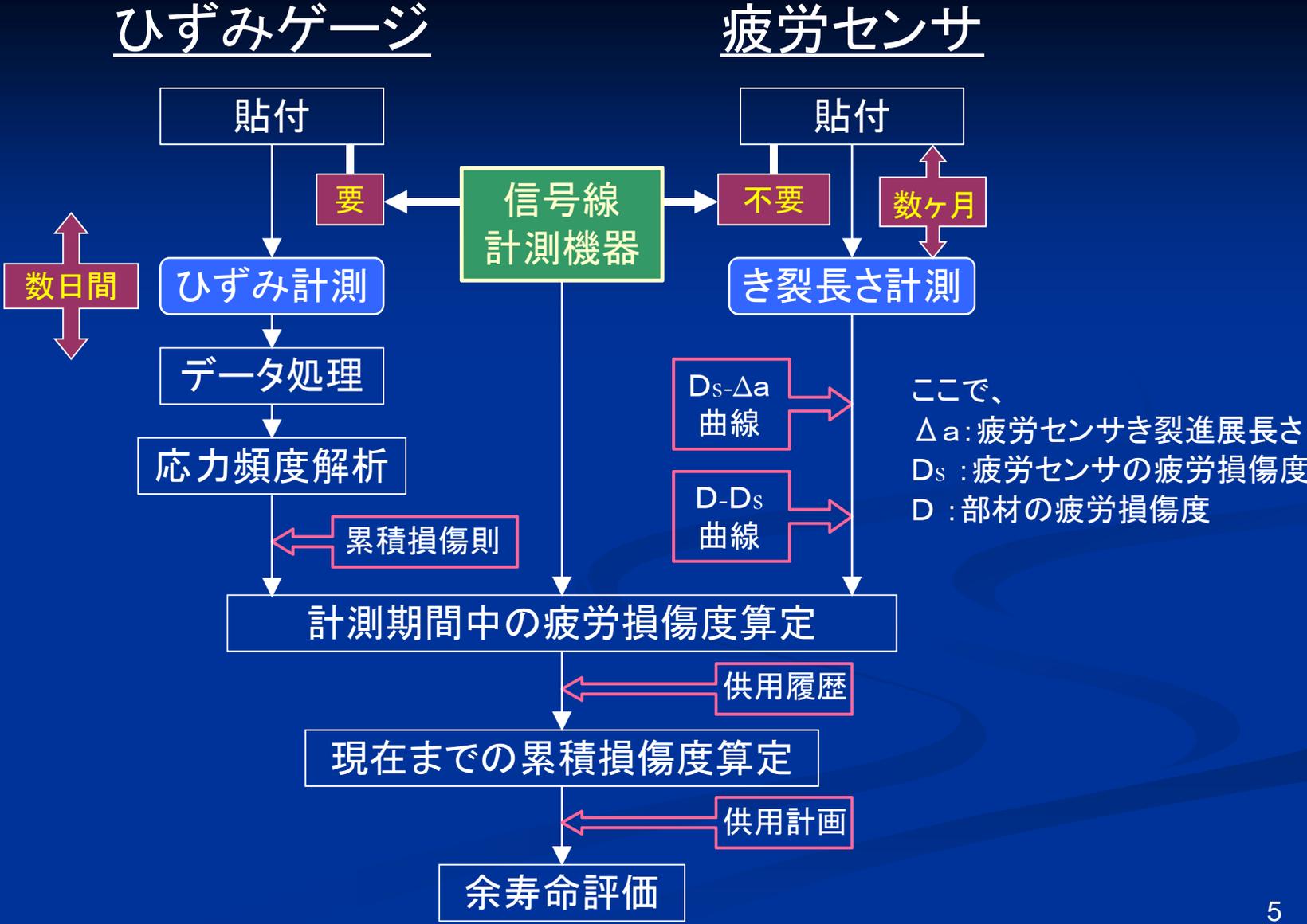


原理：部材が疲労破壊するより前にセンサのき裂が進展し、その進展量から部材の疲労損傷度が求まり、疲労寿命を推定できる。

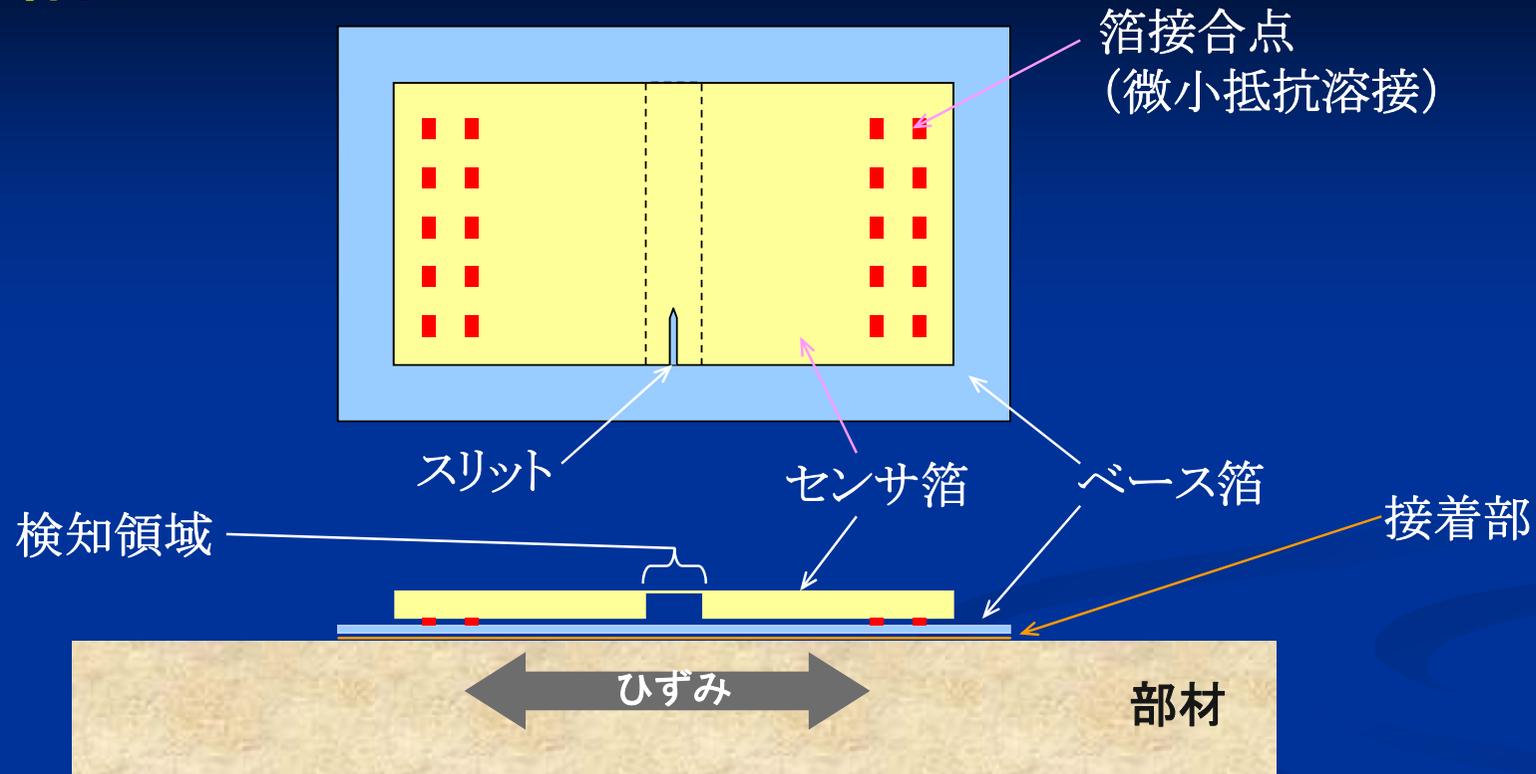
従来法との比較

比較項目	ひずみゲージ	疲労センサ
疲労寿命評価の手段(概略)	応力頻度解析 + 累積疲労損傷則 (応力頻度分布) (疲労損傷度計算)	疲労損傷度の測定
測定条件① 期間	通常、数日程度 → 連続記録が必要	通常、3ヶ月～半年程度 → その時点のみ、1回記録 (連続記録は不要)
測定条件② 取得データ	詳細な動的波形(応力)	センサき裂長さ
測定条件③ 測定機材	ひずみ(応力)計測システム	レプリカ法(レプリカフィルムと溶剤)
測定条件④ 実機対応(屋外)	電源確保が必要	電源不要
測定条件⑤ 測定準備	ひずみゲージ貼付、結線、計測器調整	疲労センサ貼付、点検(レプリカ採取)
測定条件⑥ 点数	通常、数点～100点程度	通常、制限なし

実機の
疲労余寿命
推定手法
【比較】



3. 基本構造



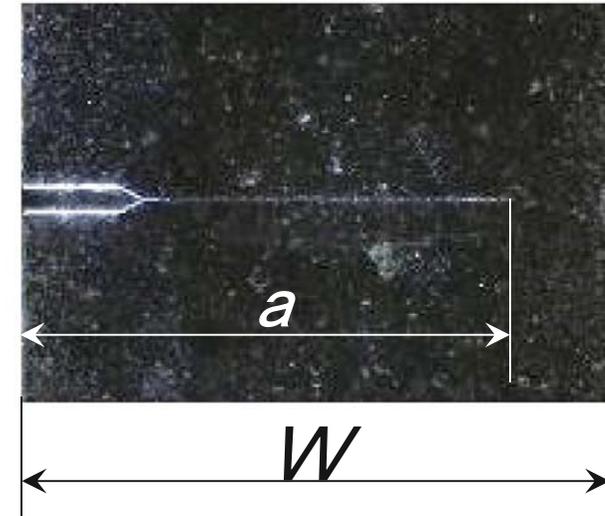
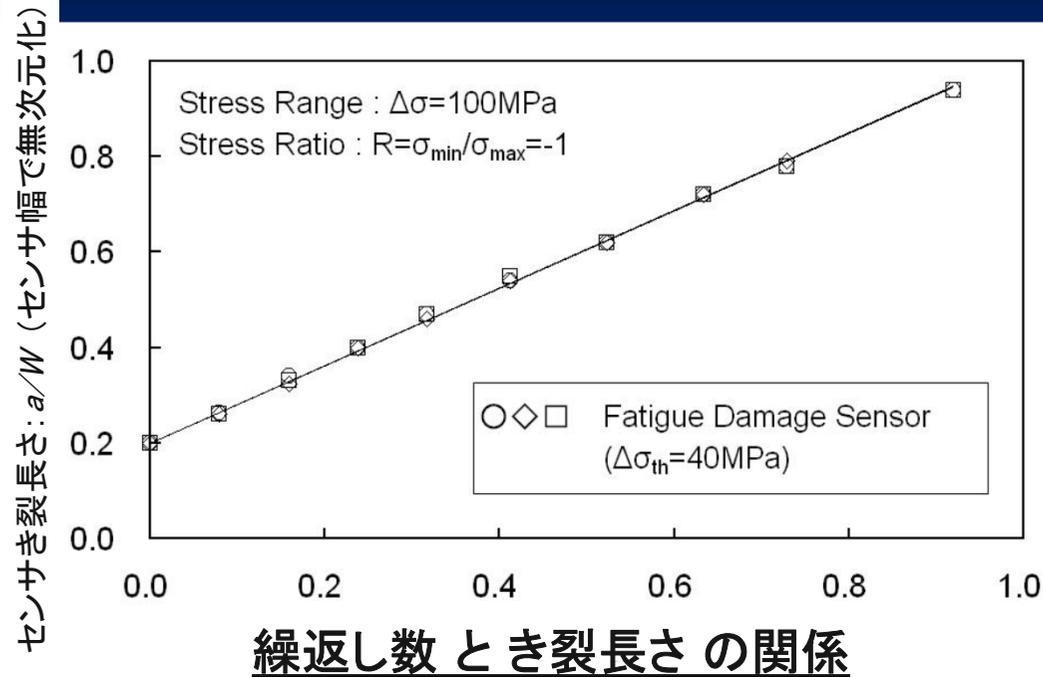
- 構造：
- ・ センサ箱とベース箱の2層構造
 - ・ センサ箱両端をベース箱に接合
 - ・ センサ箱検知領域を減厚、狭く

センサの
き裂進展
を促進

4. 寿命診断の原理

溶接継手の疲労損傷度“ D ”は
疲労センサのき裂進展長さ“ Δa ”に比例

疲労センサの基本特性

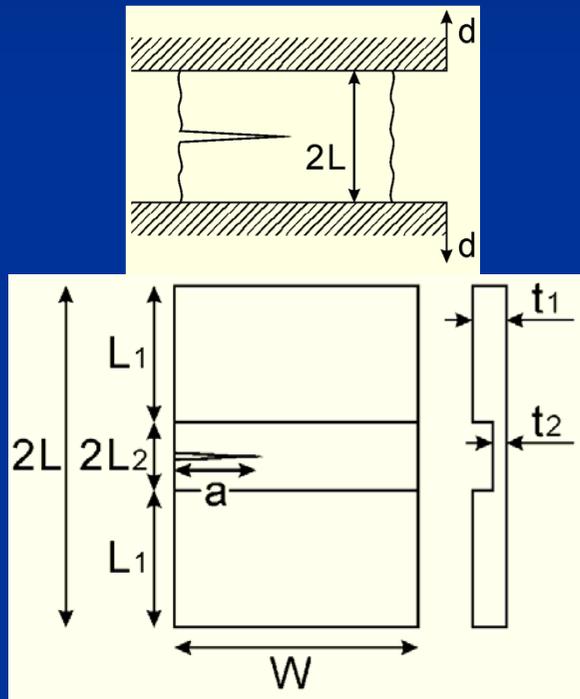


き裂が進展する速度（応力の繰返し1回あたり）は、
き裂長さによらず一定

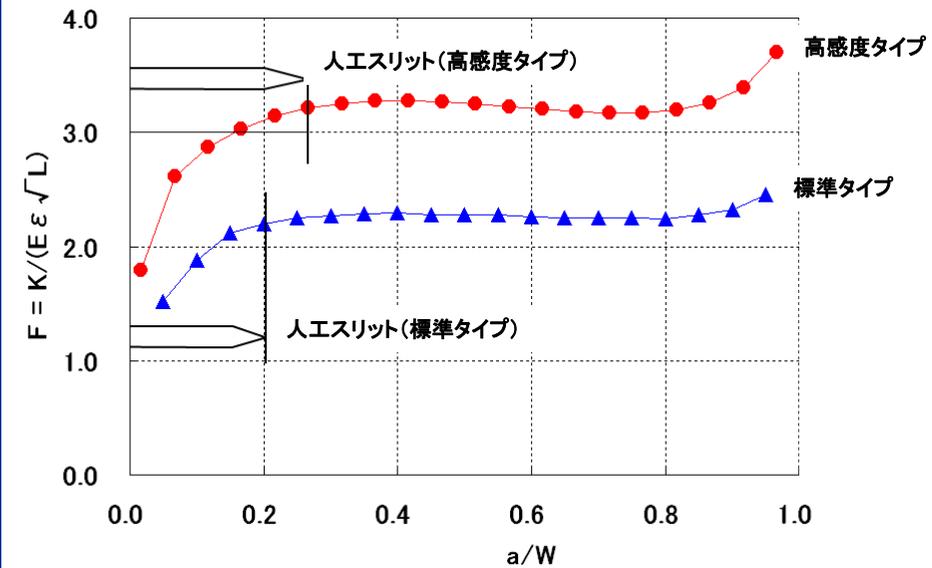
→ き裂進展長さ “ Δa ” から疲労損傷度に比例換算可能

疲労センサ基本特性の根拠

部材へ貼付した状態における
疲労センサき裂長さと応力拡大係数 (K 値) の関係

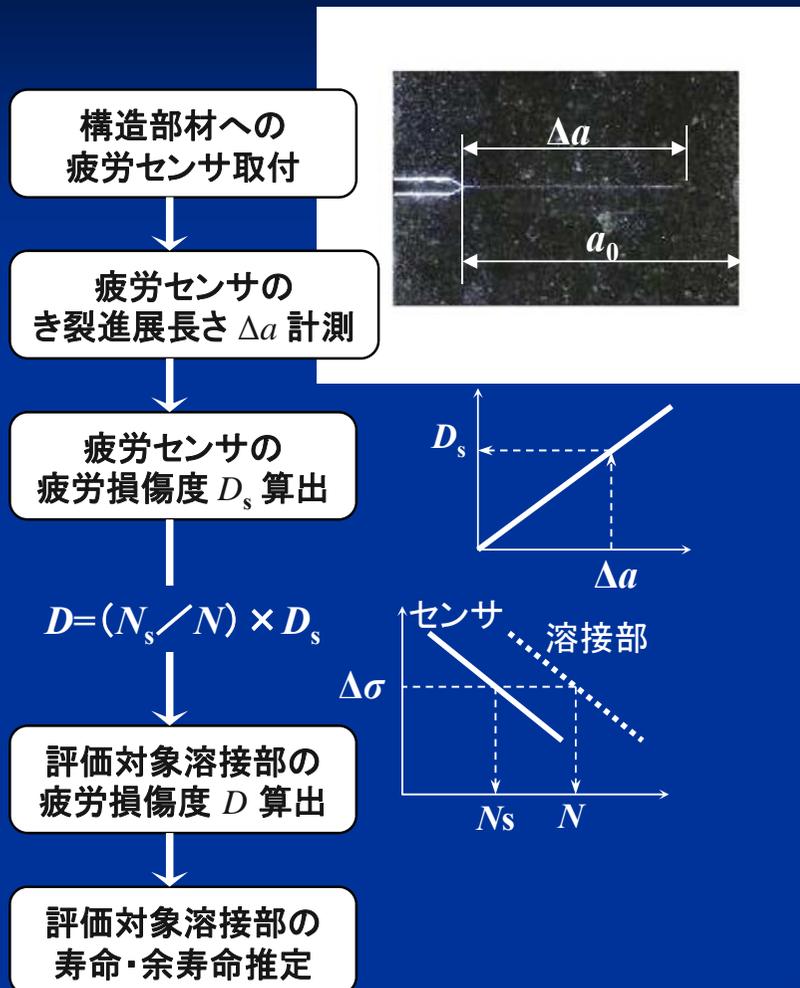


$$K = F(a, W, t_1, t_2, L_1, L_2) \cdot E \varepsilon \sqrt{L}$$



疲労センサのK値はほぼ一定

疲労センサによる疲労寿命予測



測定期間 T_s において、幅 a_0 の疲労センサのき裂が Δa 進展した際の疲労センサの損傷度(ダメージ) D_s は、

$$D_s = \Delta a / a_0$$

$D_s = 0$: 損傷無し

$D_s = 1$: 破断(疲労破壊)

累積損傷則に基づく疲労損傷度

$$D_s = n_1 / N_{s1} + n_2 / N_{s2} + \dots = \sum_i (n_i / N_{si})$$

n_i : 応力 $\Delta\sigma_i$ の負荷回数

N_{si} : 応力 $\Delta\sigma_i$ でのセンサ破断繰返し数

計測期間 T_s での溶接部の損傷度

$$D = n_1 / N_1 + n_2 / N_2 + \dots = \sum_i (n_i / N_i)$$

N_i : 応力 $\Delta\sigma_i$ での溶接部の破断繰返し数

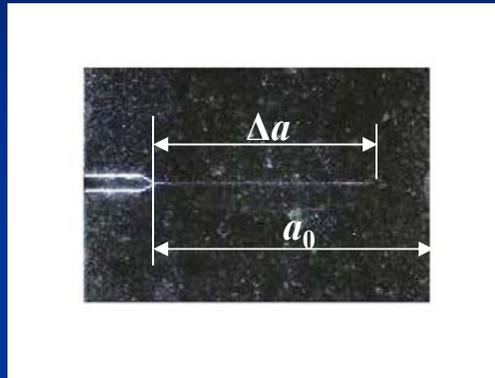
疲労センサによる疲労寿命予測(続)

$$D_s = \sum_i (n_i / N_{si})$$

$$D = \sum_i (n_i / N_i)$$

S-N線図より、
 $N_{si} / N_i = \alpha$: 一定
 したがって、

$$D_s = \sum_i (n_i / \alpha N_i) = D / \alpha$$

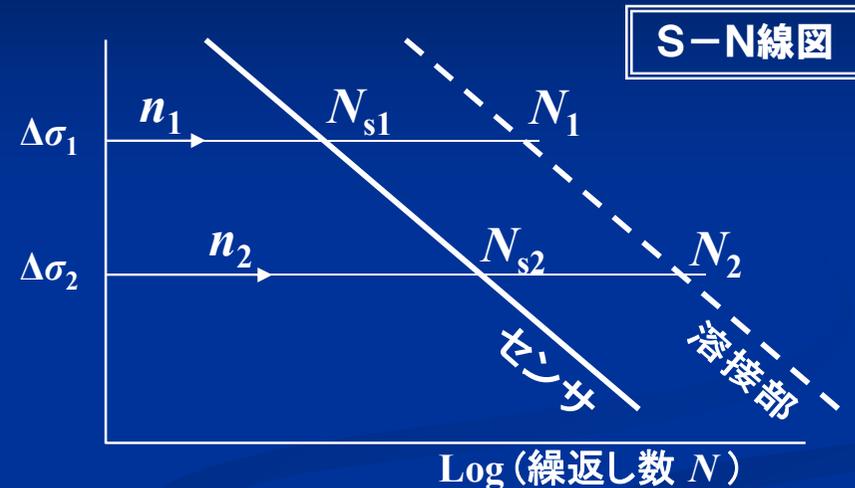


測定期間に受けた溶接部の損傷度 D は
 センサ損傷度 D_s の α 倍、

$$D = \alpha D_s = \alpha \times (\Delta a / a_0)$$

$$= (\alpha / a_0) \times \Delta a$$

$\therefore D$ は Δa に比例する。



溶接部の寿命を T とすると、

$$T = T_s / D = T_s / (\alpha D_s), \quad T_s: \text{疲労センサ測定期間}$$

溶接部の使用期間を T_{his} とすると

$$\text{溶接部の余寿命 } T_{\text{res}} = T - T_{\text{his}} = T_s / (\alpha D_s) - T_{\text{his}}$$

余寿命診断のイメージ

