

Condition Based Maintenance 手法開発の取り組み

～機関プラント状態の監視手法～

2021年12月3日

株式会社MTI 船舶物流技術グループ

植松 将史



本研究は、

- ・ 一般財団法人 日本海事協会
- ・ 株式会社
ジャパンエンジンコーポレーション
- ・ 日本郵船株式会社
- ・ 株式会社 MTI



ClassNK

 **J-ENG**
Japan Engine Corporation

 **日本郵船**

 株式会社 **MTI**
Monohakobi Technology Institute

共同研究です。



目 次

1. Condition Based Maintenance 手法の目標設定
2. Condition Based Maintenance 手法開発方法
 - 2.1. Functional Decomposition : 機能分解
 - 2.2. Fault Tree : 故障木
 - 2.3. Event Tree : 事象木
3. CBM手法の確認試験
4. CBM手法リスク定量評価
5. まとめ



目 次

1. Condition Based Maintenance 手法の目標設定

2. Condition Based Maintenance 手法開発方法

2.1. Functional Decomposition : 機能分解

2.2. Fault Tree : 故障木

2.3. Event Tree : 事象木

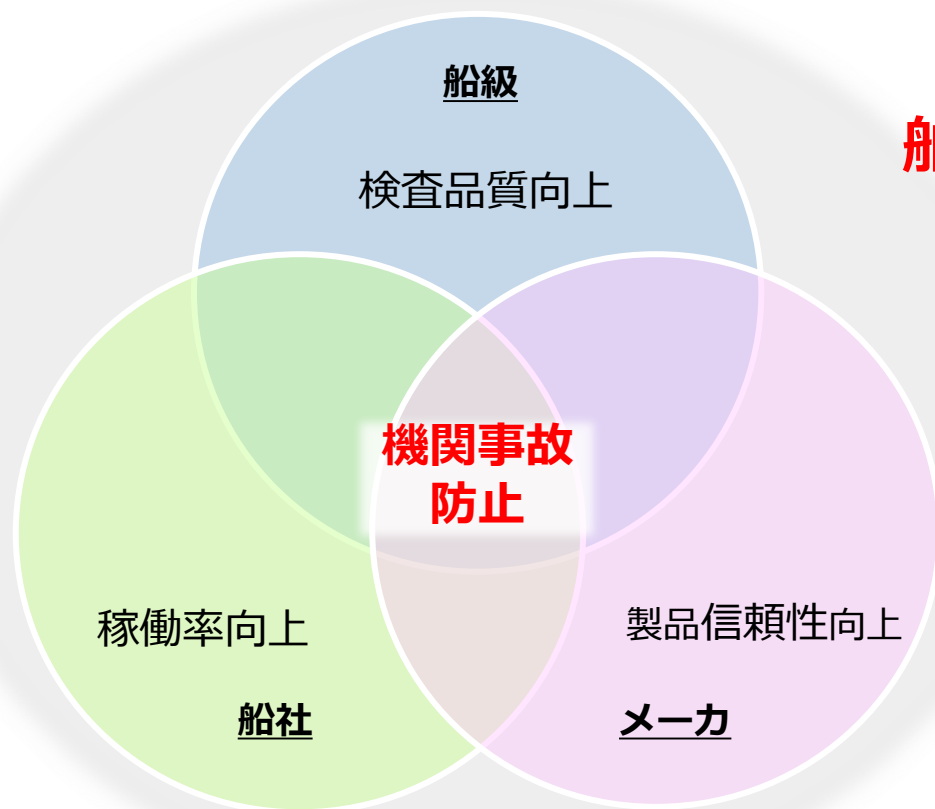
3. CBM手法の確認試験

4. CBM手法リスク定量評価

5. まとめ



1. Condition Based Maintenance 手法の目標設定



舶用機器の求める共通の要求



『機関事故防止』



手法が**客観的に評価**されること



Hull & Machinery Insurance
が担保されること

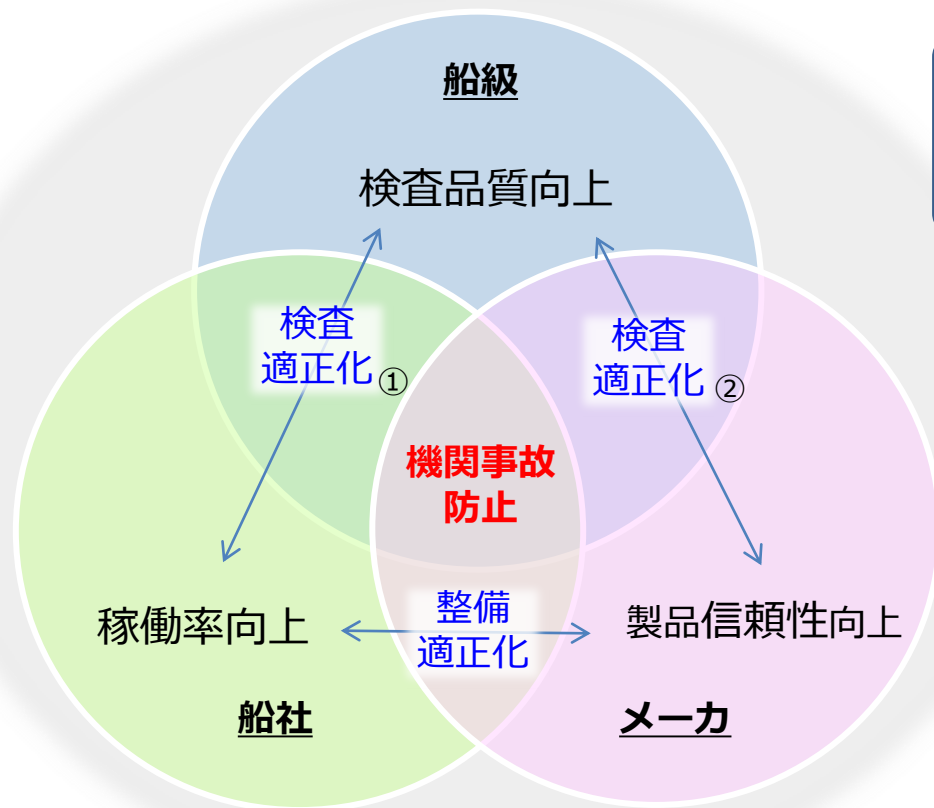
CBM手法開発の目標：H&M保険が担保される手法であること。

1. Condition Based Maintenance 手法の目標設定

《H & M保険が担保される》とは？

☞ 従来のTBM*と比べてリスクが増加しない手法で、CBMが実施されていること。

* TBM: Time Based Maintenance (時間基準保全)



TBMの目標

『検査適正化』 『整備適正化』

TBMでは、運転時間ベースで達成している。

□
CBMの場合は、どうなるのか？

↓
機器状態を
正確に把握するデータを選択する

↓
正確な状態監視データにより
検査・整備基準を明確化する

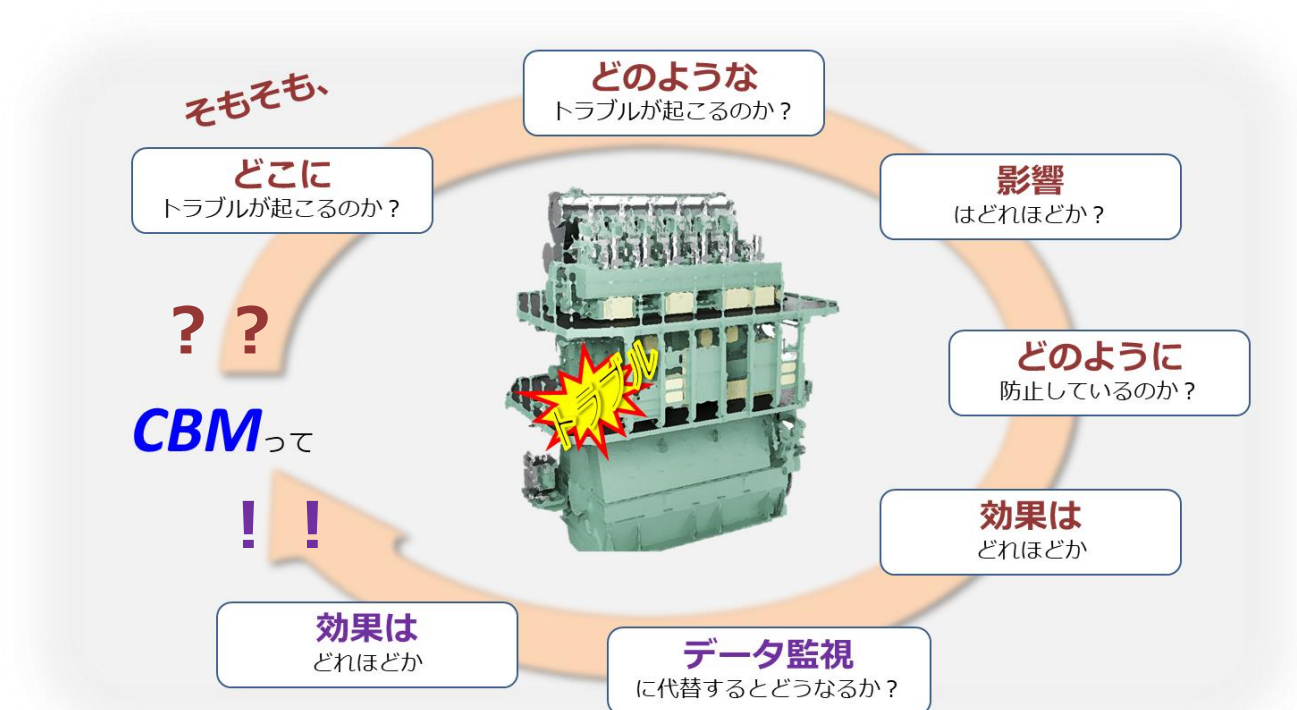
これにより、機関事故防止手法の確度を向上する。



目 次

- 1. Condition Based Maintenance 手法の目標設定
- 2. Condition Based Maintenance 手法開発方法
 - 2.1. Functional Decomposition : 機能分解
 - 2.2. Fault Tree : 故障木
 - 2.3. Event Tree : 事象木
- 3. CBM手法の確認試験
- 4. CBM手法リスク定量評価
- 5. まとめ

2. Condition Based Maintenance 手法開発方法



船用機関プラントの故障が、

どの部位でどのように発生しており、それが**どのような影響**を及ぼし、
現状は**どのように防止**しているのか把握し、その**効果を評価**する。

それを**データ監視に代替**させる手法を検討し、その**効果を確認**する。



2. Condition Based Maintenance 手法開発方法

Key Word	手 法	
どこに	FDT	機器を機能毎に分解し故障モードを定義
どのような	HAZID	ガイドワードによる故障モードの洗い出し
その影響は	FTA	故障原因解析
防止方法は	TBM手法	現行手法の列挙
その効果は	リスク・マトリックス	現行手法の評価
データ代替するには	FTA・ETA	データ監視方法の検討（センサー追設・データ解析）
その効果は	加速度試験	データ監視方法と故障の紐づけ

FDT : Functional Decomposition Tree / 機能分解木



2. Condition Based Maintenance 手法開発方法

手法開発で重視したこと、

- ・ 通常乗組員が実施している機器状態把握手法を模倣
 - ✓ わかりやすさを重視 ⇒ 今回の知見をもとに、新手法開発するのはい。
- ・ 状態把握が目的
 - ✓ 異常の予知ではない ⇒ レベルが高いので。
将来的には、余寿命など手法開発はい。
- ・ 既存の計測機器を使用することが前提
 - ✓ 実証できることを重視 ⇒ 将来的に新しい計測機器を開発するのはい。



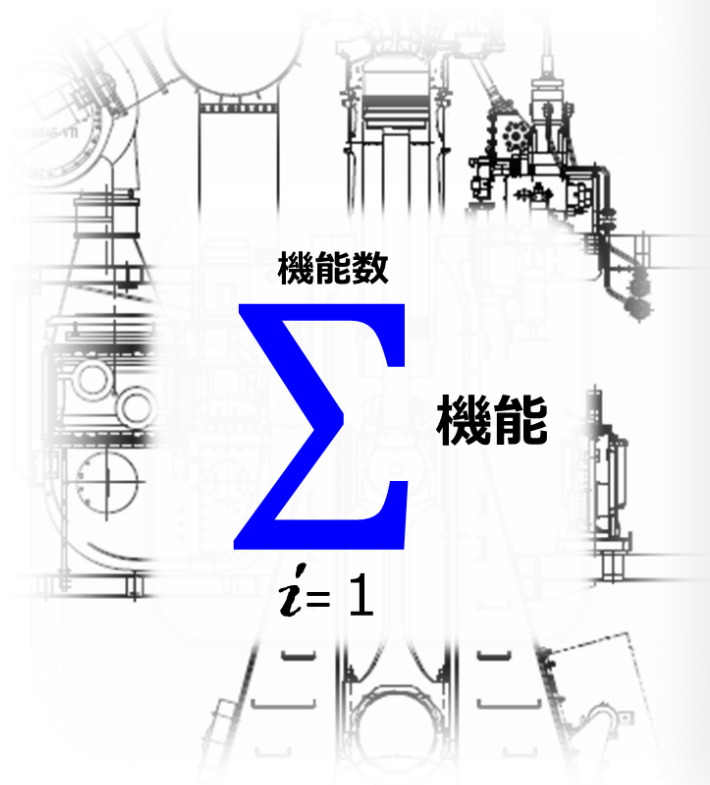
2.1. Functional Decompression : 機能分解

Key Word	手 法	
どこに	FDT	機器を機能毎に分解し故障モードを定義
どのような	HAZID	ガイドワードによる故障モードの洗い出し
その影響は	FTA	故障原因解析
防止方法は	TBM手法	現行手法の列挙
その効果は	リスク・マトリックス	現行手法の評価
データ代替するには	FTA・ETA	データ監視方法の検討（センサー追設・データ解析）
その効果は	加速度試験	データ監視方法と故障の紐づけ

FDT : Functional Decomposition Tree / 機能分解木

2.1. Functional Decomposition : 機能分解

ディーゼル機関は機能の集合体



ディーゼルエンジン

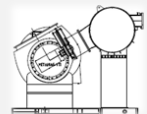
燃焼系

- 排気弁
- 燃料弁
- ピストン
- リング
- ライナ
- カバー



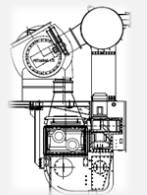
排気系

- 排気マニフォールド
- 過給機タービン



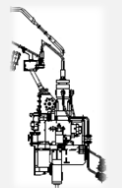
掃気系

- 過給機ブロア
- 掃気冷却器



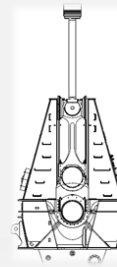
ポンプ系

- 作動油ポンプ
- 燃料油ポンプ



動力伝達系

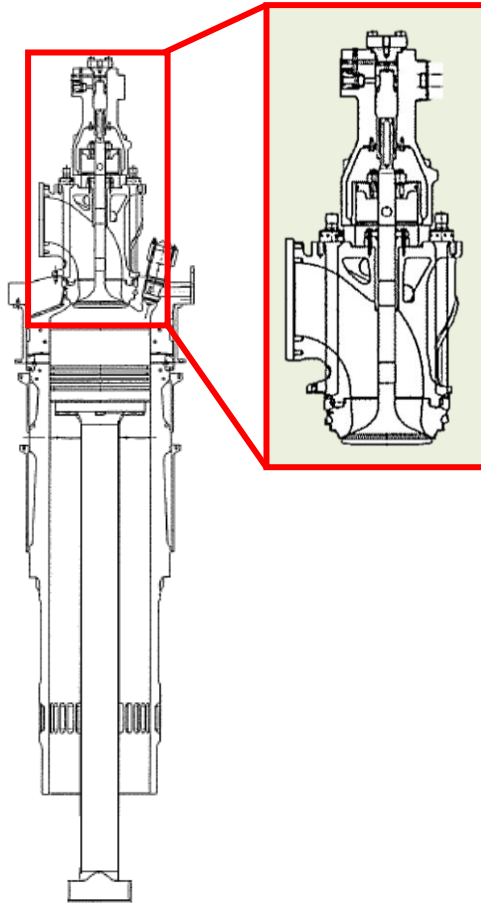
- ピストンロッド
- クロスヘッド
- コンロッド
- クランク軸
- 軸受



2.1. Functional Decomposition : 機能分解

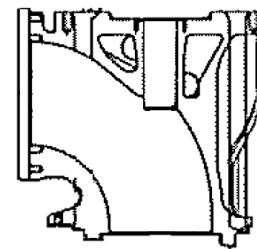
燃焼系

- 排気弁
- 燃料弁
- ピストン
- リング
- ライナ
- カバー

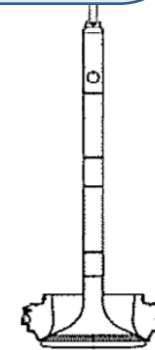


排気弁の機能

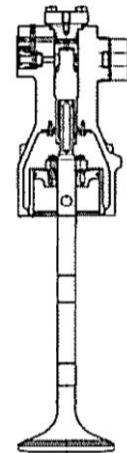
- ◆ 燃焼室の密閉
- ◆ 排気タイミングと排気時間の決定
- ◆ 排気通路



排気通路



燃焼室の密閉

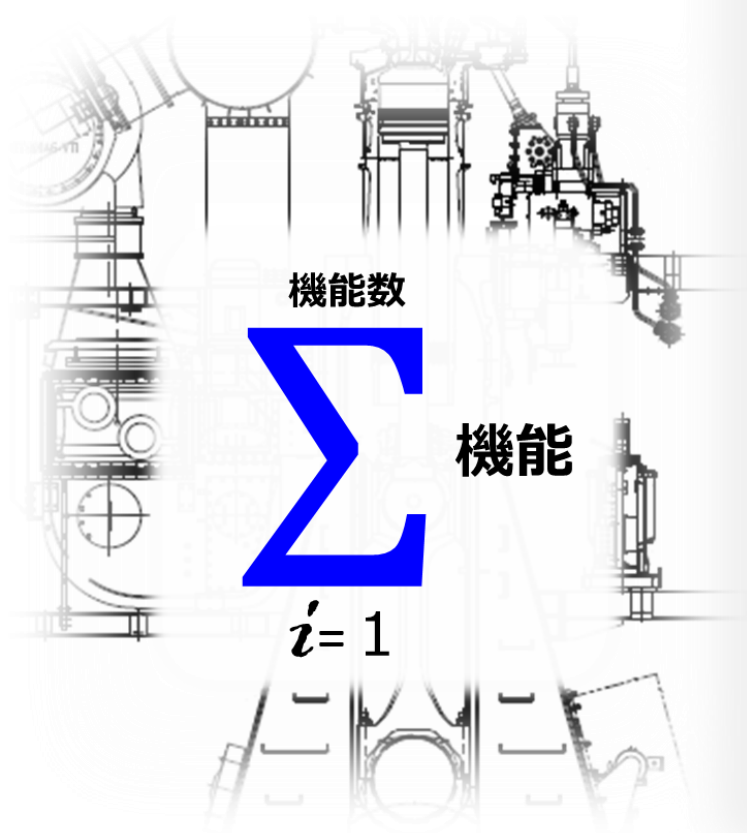


排気タイミング
排気時間の決定

機能を構成する部品を明確にする。



2.1. Functional Decomposition : 機能分解



ディーゼルエンジン

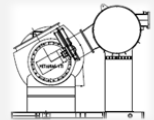
燃焼系

- 排気弁
- 燃料弁
- ピストン
- リング
- ライナ
- カバー



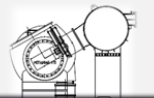
排気系

- 排気マニフォールド
- 過給機タービン



掃気系

- 過給機ブロア



動力伝達系

- ピストンロッド
- クロスヘッド
- コンロッド
- クランク軸
- 軸受**



出典 : <https://share.j-treasure.com/daidoumetaru-funeenjimbearingu/>

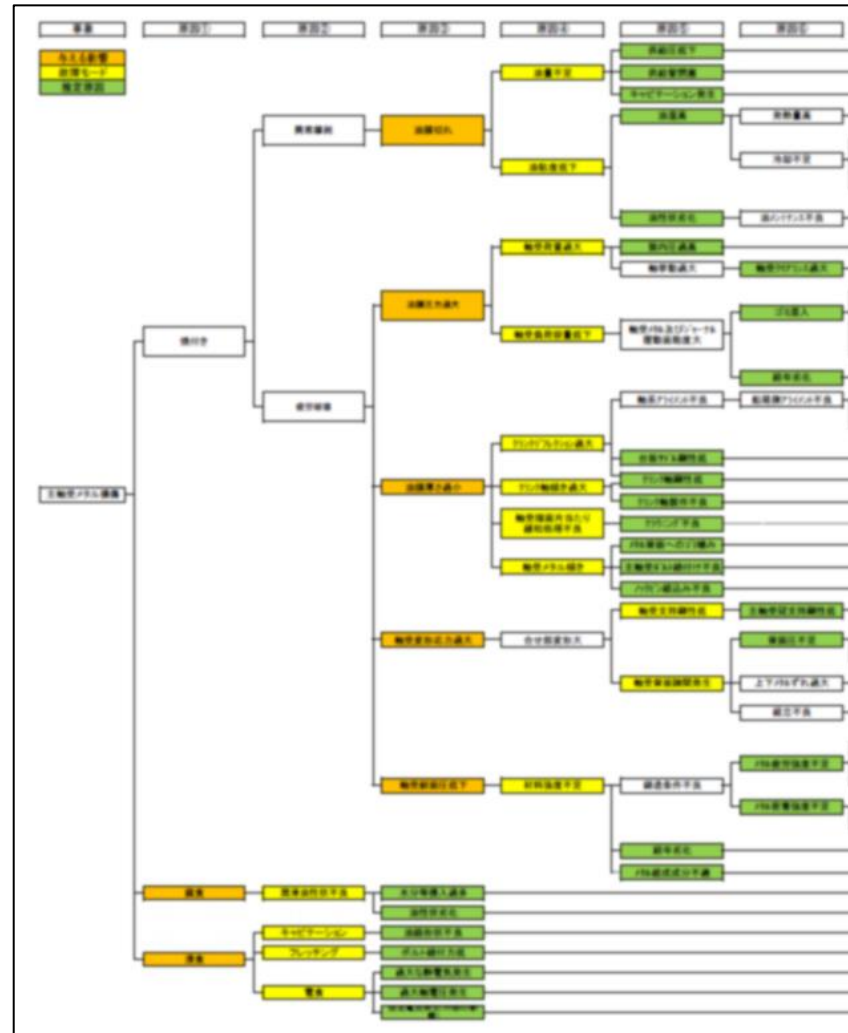
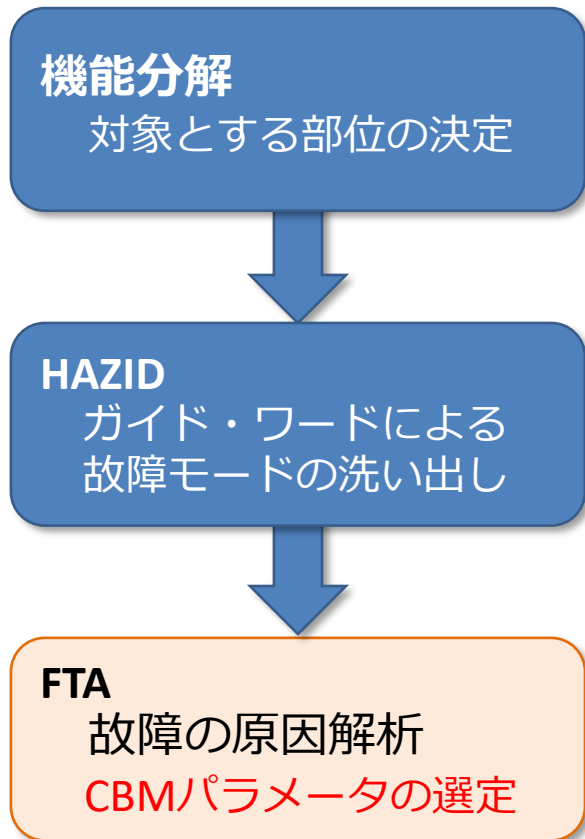


2.2. Fault Tree : 故障木

Key Word	手 法	
どこに	FDT	機器を機能毎に分解し故障モードを定義
どのような	HAZID	ガイドワードによる故障モードの洗い出し
その影響は	FTA	故障原因解析
防止方法は	TBM手法	現行手法の列挙
その効果は	リスク・マトリックス	現行手法の評価
データ代替するには	FTA・ETA	データ監視方法の検討（センサー追設・データ解析）
その効果は	加速度試験	データ監視方法と故障の紐づけ

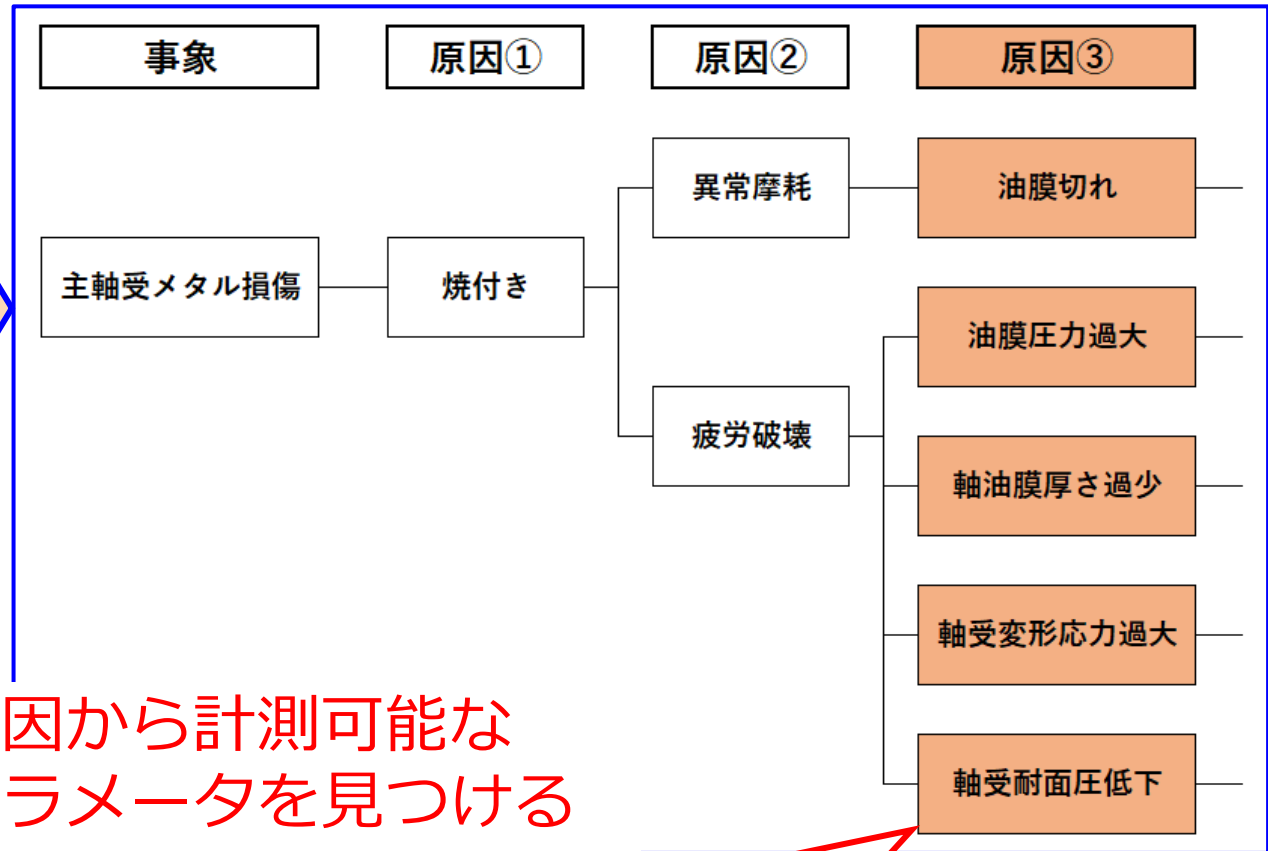
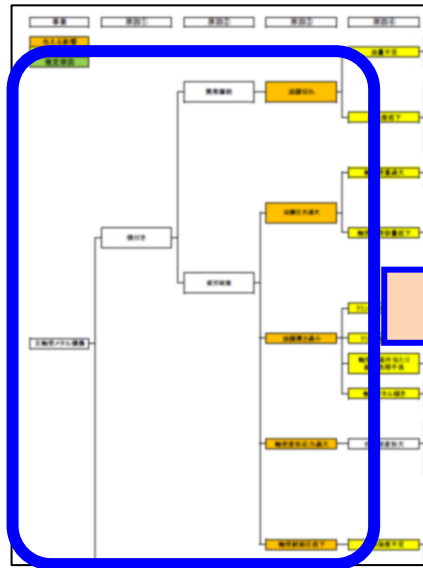
FDT : Functional Decomposition Tree / 機能分解木

2.2. Fault Tree : 故障木





2.2. Fault Tree : 故障木

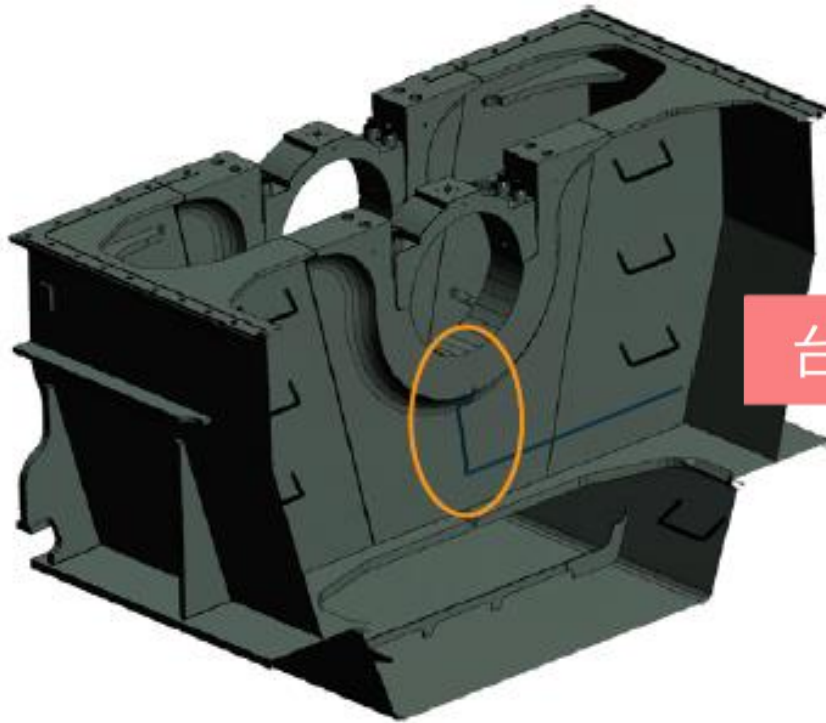


原因から計測可能な
パラメータを見つける

軸受発熱 ⇒ 潤滑油出口温度

2.2. Fault Tree : 故障木

FTAからCBMに必要なパラメータを導出



台板サドル

台板サドルに温度センサを取付け
主軸受潤滑油出口温度を計測、監視



センサ

出典:JEng 主機の状態監視と今後の展望について(2020年)



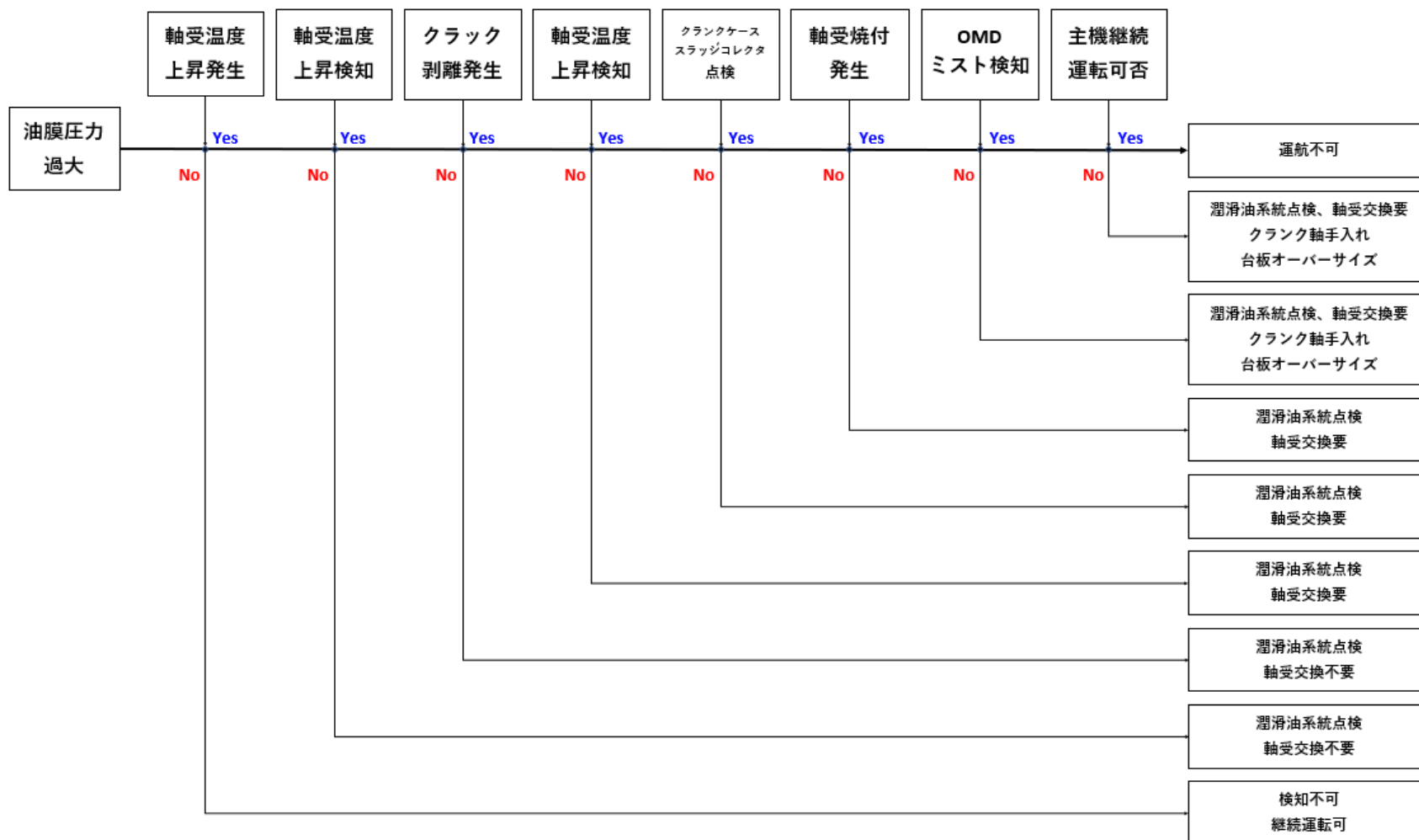
2.3. Event Tree : 事象木

Key Word	手 法	
どこに	FDT	機器を機能毎に分解し故障モードを定義
どのような	HAZID	ガイドワードによる故障モードの洗い出し
その影響は	FTA	故障原因解析
防止方法は	TBM手法	現行手法の列挙
その効果は	リスク・マトリックス	現行手法の評価
データ代替するには	FTA・ ETA	データ監視方法の検討（センサー追設・データ解析）
その効果は	加速度試験	データ監視方法と故障の紐づけ

FDT : Functional Decomposition Tree / 機能分解木

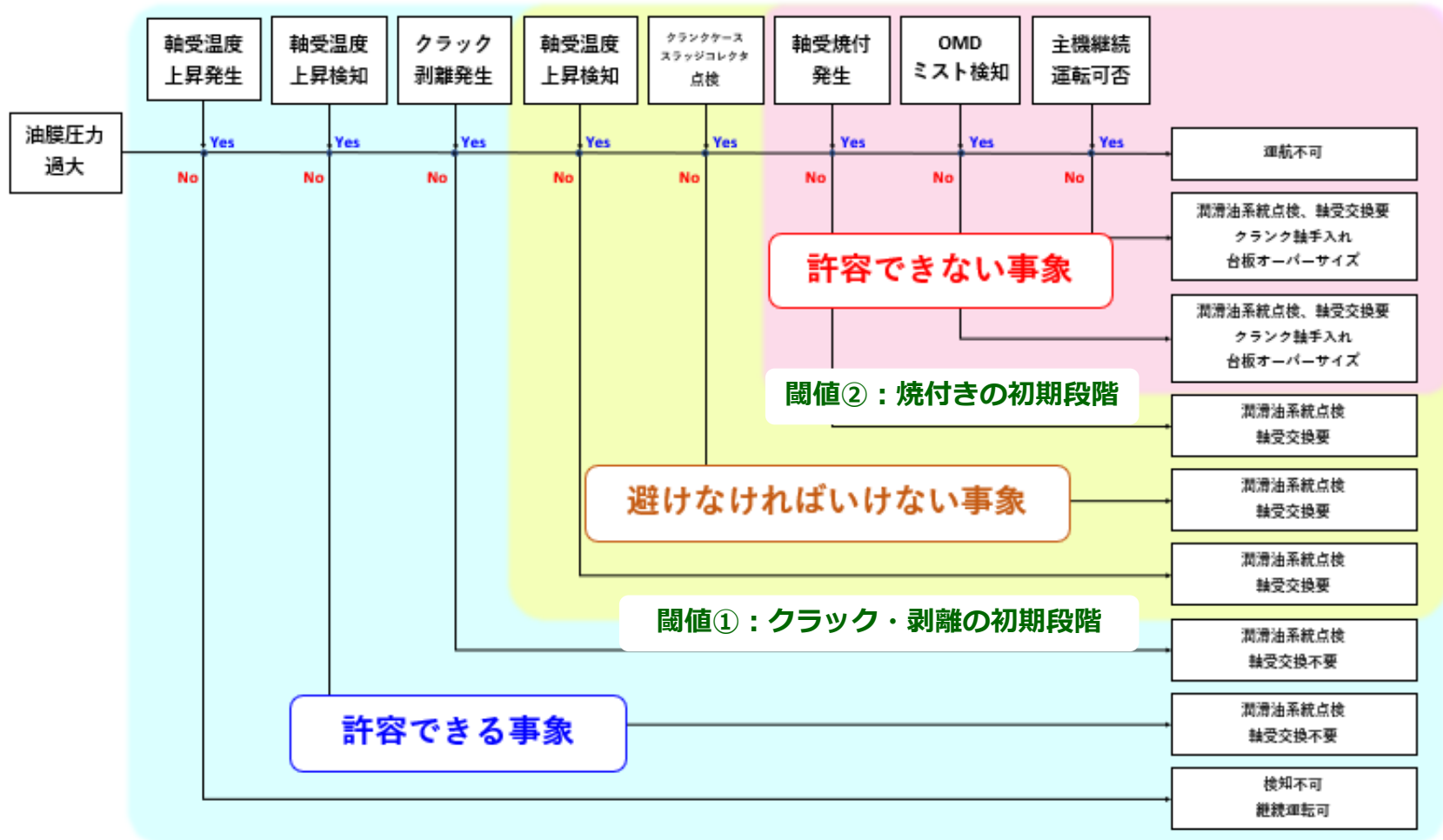


2.3. Event Tree : 事象木



2.3. Event Tree : 事象木

Event Treeから、CBMデータの閾値を決定





目 次

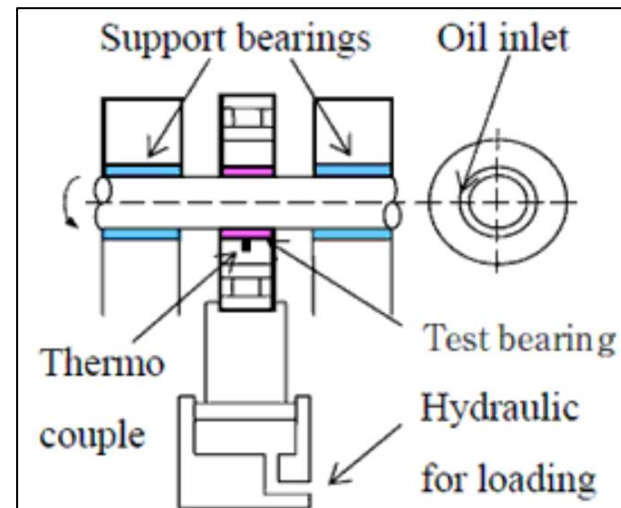
1. Condition Based Maintenance 手法の目標設定
2. Condition Based Maintenance 手法開発方法
 - 2.1. Functional Decomposition : 機能分解
 - 2.2. Fault Tree : 故障木
 - 2.3. Event Tree : 事象木
- 3. CBM手法の確認試験**
4. CBM手法リスク定量評価
5. まとめ

3. CBM手法の確認試験

軸受試験機にて滑り軸受加速度試験を実施



出典： http://www.kobelco-machinery-engineering.co.jp/shinko_jp/introduces/04/02.html

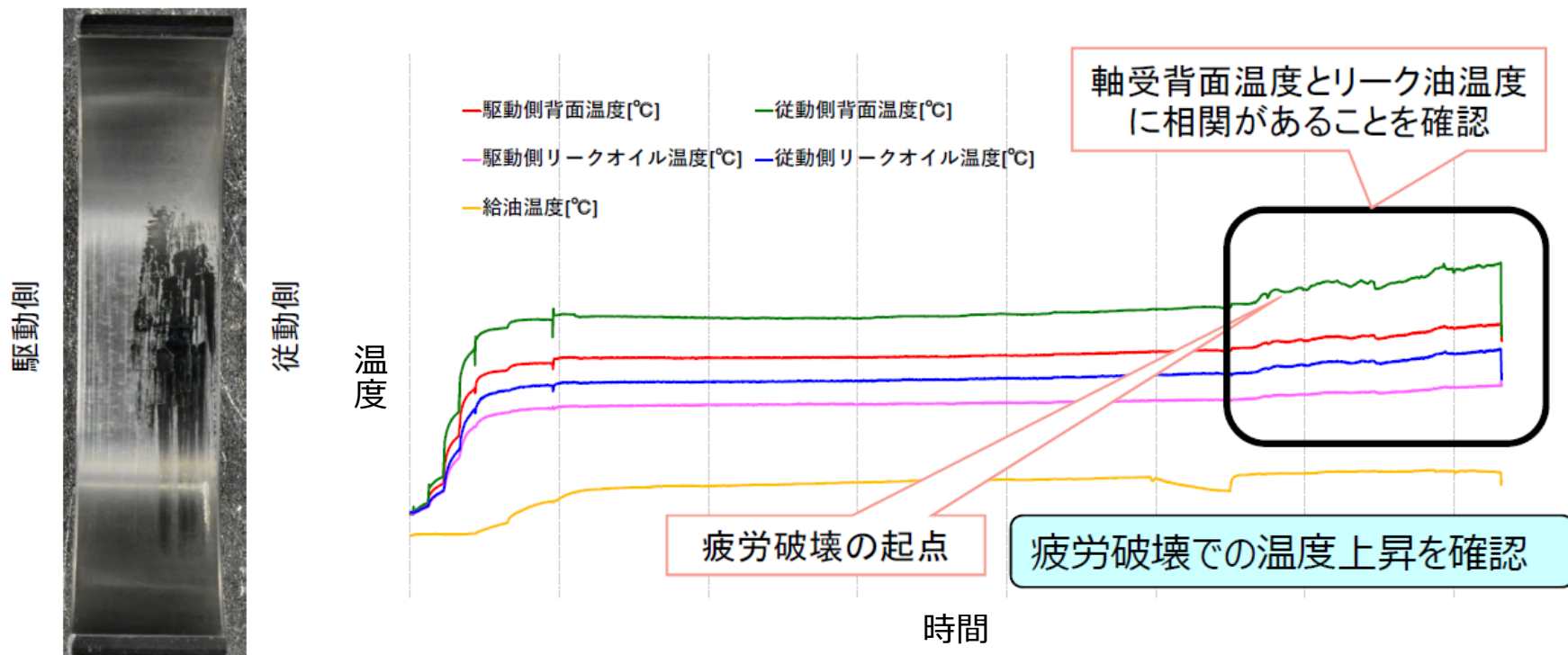


出典： https://www.juntsu.co.jp/masatsu/masatsu_kaisetsu05.php

* 試験機画像は、イメージで実際の試験機とは異なります。

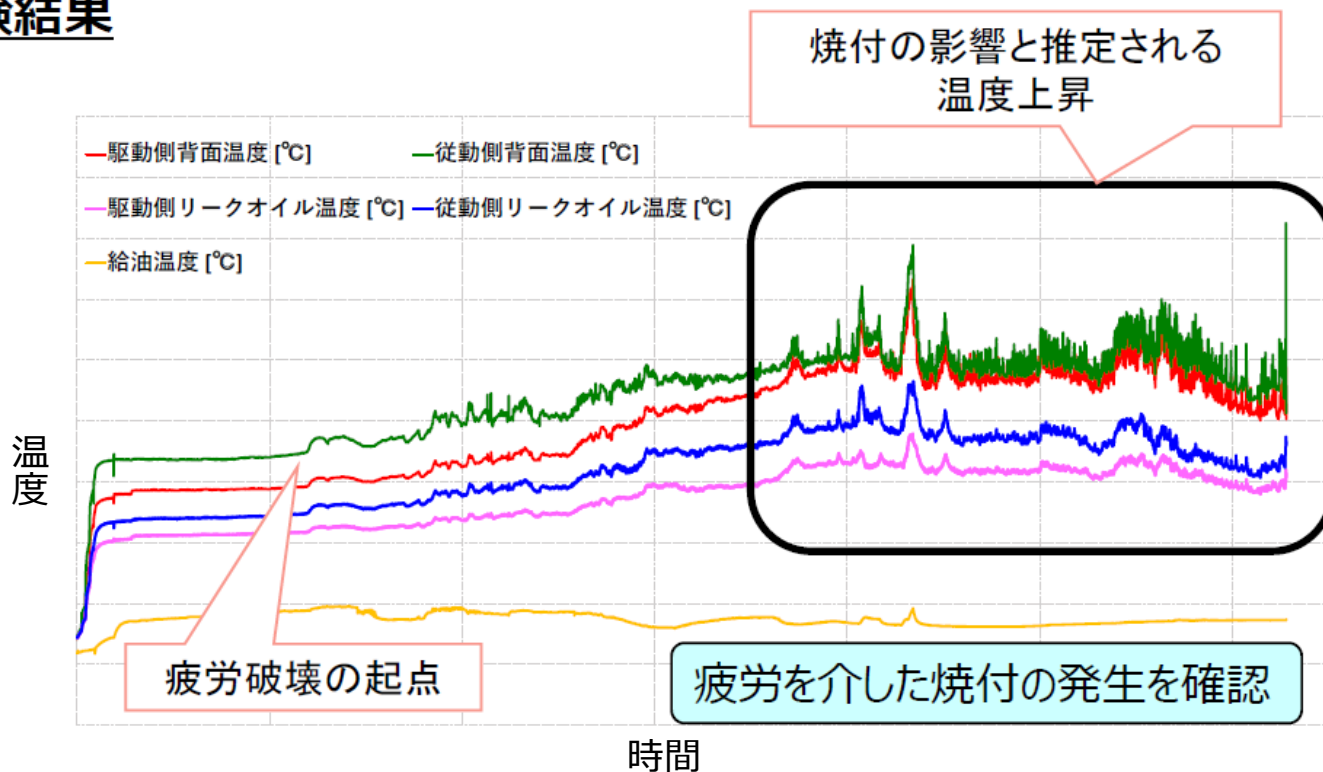
3. CBM手法の確認試験

疲労のみの試験結果



3. CBM手法の確認試験

疲労→焼付の試験結果





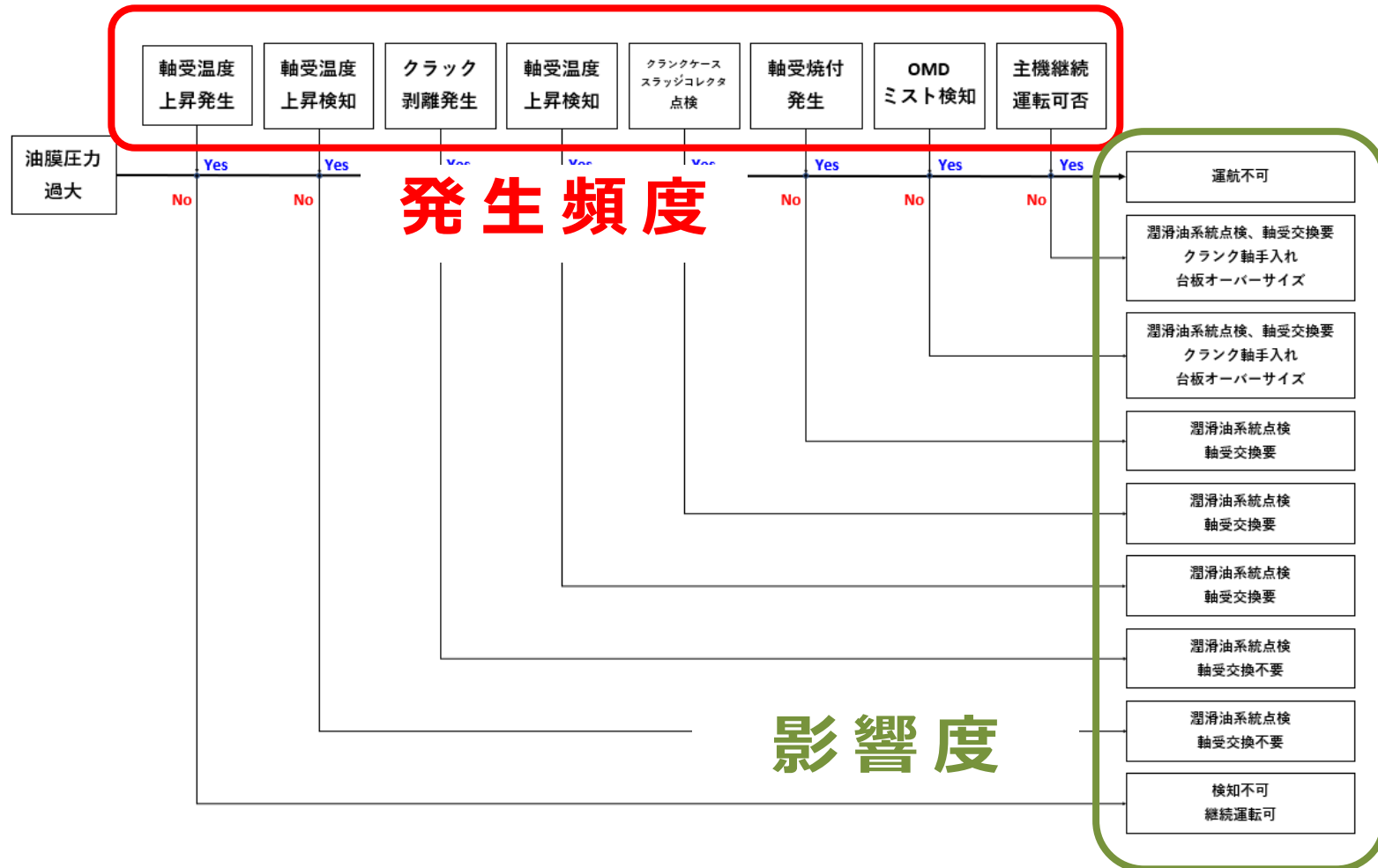
目 次

1. Condition Based Maintenance 手法の目標設定
2. Condition Based Maintenance 手法開発方法
 - 2.1. Functional Decomposition : 機能分解
 - 2.2. Fault Tree : 故障木
 - 2.3. Event Tree : 事象木
3. CBM手法の確認試験
- 4. CBM手法リスク定量評価**
5. まとめ



4. CBM手法リスク定量評価

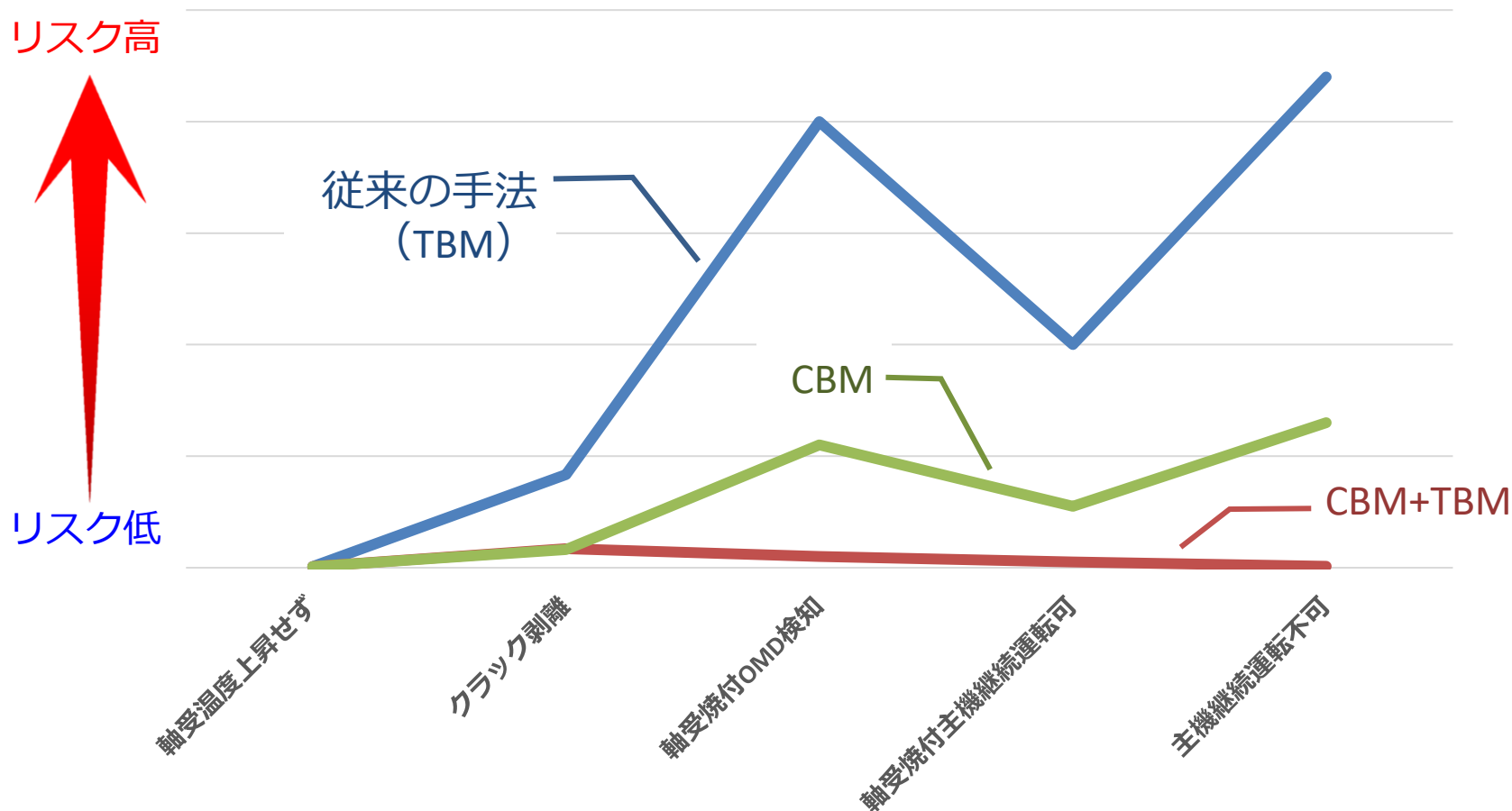
発生頻度と影響度による、リスク定量評価結果





4. CBM手法リスク定量評価

発生頻度と影響度による、リスク定量評価結果

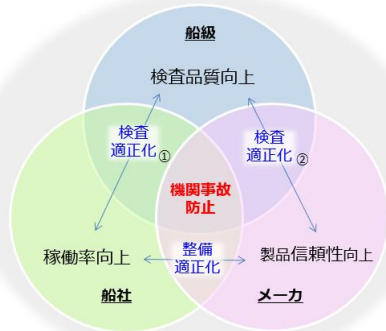




目 次

1. Condition Based Maintenance 手法の目標設定
2. Condition Based Maintenance 手法開発方法
 - 2.1. Functional Decomposition : 機能分解
 - 2.2. Fault Tree : 故障木
 - 2.3. Event Tree : 事象木
3. CBM手法の確認試験
4. CBM手法リスク定量評価
5. まとめ

5. まとめ

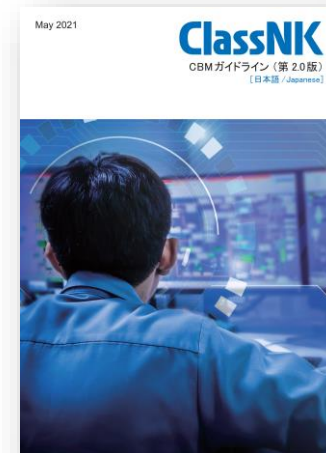
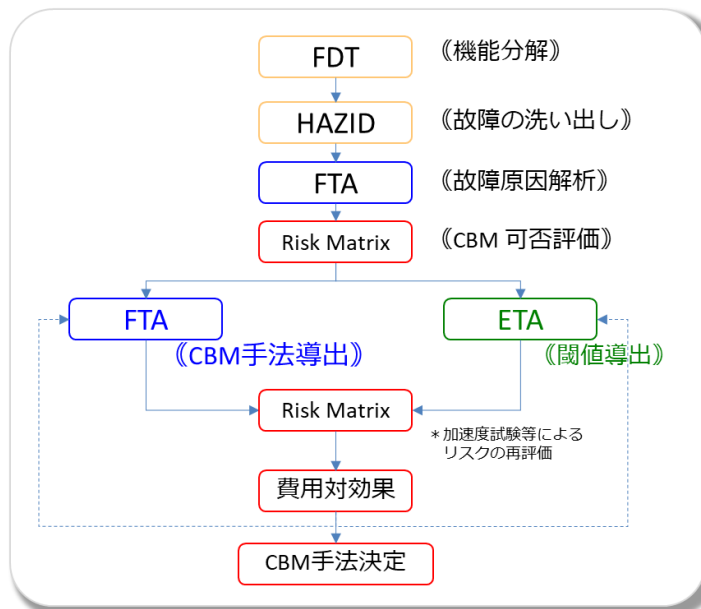


- **検査基準・整備基準の明確化**
- **機関事故防止手法の確度を向上**

させ得る手法の開発ができたと考えられる。

開発した手法を実船に適用し実運航の中で、さらに効果を確認する。

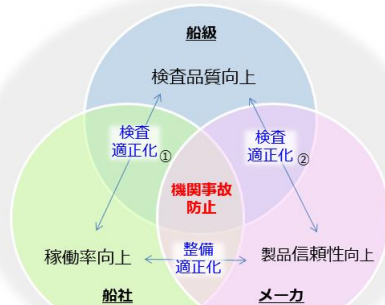
CBM手法開発のステップを確立



ClassNK

CBMガイドライン第2版
軸受CBM手法が紹介された。

5. まとめ



- **検査基準・整備基準の明確化**
- **機関事故防止手法の確度を向上**

させ得る手法の開発ができたと考えられる。

開発した手法を実船に適用し実運航の中で、さらに効果を確認する。

本研究開発の前提条件

- ・ 通常乗組員が実施している機器状態把握手法を模倣
 - ✓ わかりやすさを重視
- ・ 状態把握が目的
 - ✓ **異常の予知ではない**
- ・ 既存の計測機器を使用することが前提
 - ✓ **実証できることを重視**

次のステップの
研究開発に発展

- ・ **異常予知手法**
- ・ **新たな計測装置の開発**

ご清聴どうもありがとうございました。