

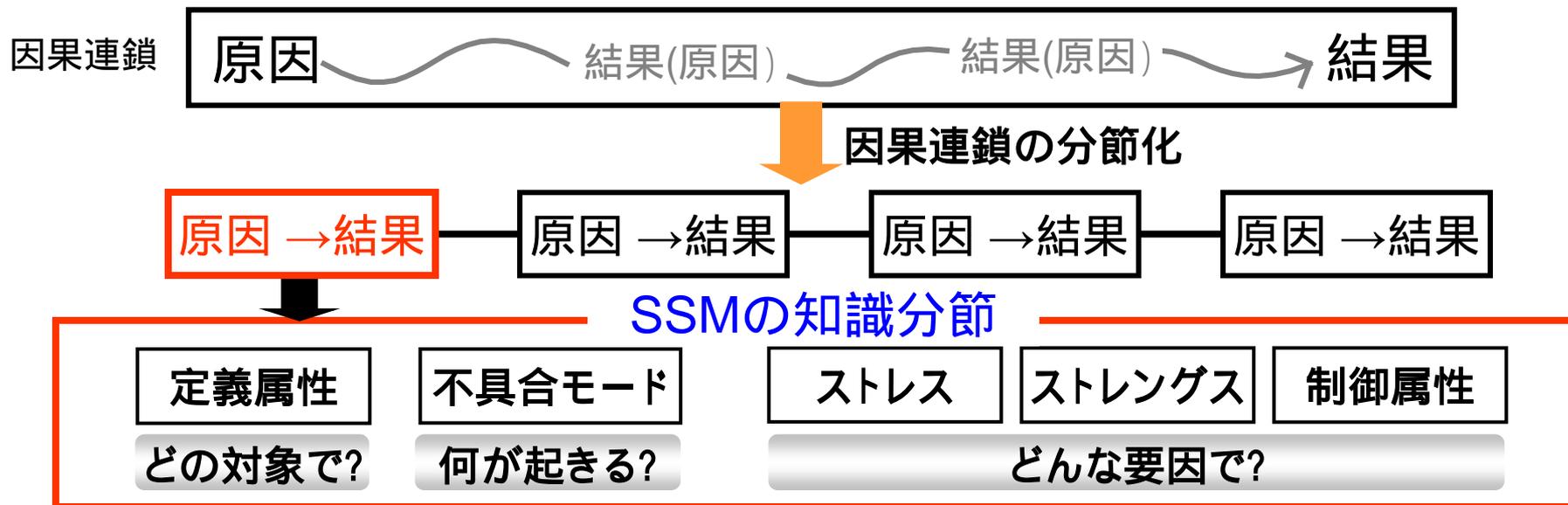
SSM(ストレス-ストレングスモデル)の 概要とSSM知識の具体例

SSM

SSM(ストレス・ストレングス・モデル)

～不具合の因果連鎖の知識構造～

因果連鎖の単位(知識分節)



不具合モード: ライフサイクル上, 着目対象に発生する望ましくない現象や状態・特性変化

定義属性: 不具合モードの発生メカニズムを適用する対象の範囲を定義する属性

ストレス要因: 定義属性にライフサイクル上与えられる不具合モード発生 of 制約条件・異常入力 (使用・環境条件, 原因故障モード, 制御できない特性バラツキ, 外部規定仕様等)

ストレングス要因: 定義属性において, 不具合モード発生防止のために設計で確保しておくべき 耐性や狙いの不足・不備

制御属性要因: ストレングス要因をつくりこむ具体的な設計パラメータ・設計内容のまずさ

SSM(ストレス・ストレングス・モデル)

～不具合の因果連鎖の知識構造～

知識分節におけるメカニズム解釈パターン

SSMの知識分節



(1) 相対的因果メカニズム

定義属性の対象において、制御属性要因でつくりこまれるストレングス要因の大きさと、ストレス要因の大きさの相対的な関係に基づいて、不具合モードが発生する

(2) 絶対的因果メカニズム

定義属性の対象において、ストレス要因または設計計画要因(ストレングス/制御属性)いずれか片方のみの要因に基づいて、不具合モードが発生する。

(3) 断片的因果メカニズム

定義属性の対象において、わかる範囲で断片的に把握されている不具合モード発生要因によって、不具合モードが発生する。

【例】相対的因果メカニズム

【読み方】

O-RINGシール部でシール部漏れが発生する。要因は、運転圧力の過大上昇に対し、シール部耐圧が不足しているためである。耐圧不足を作りこむ具体的な設計要因はO-RING硬度不足やつぶし代の不足である。

ID	定義属性 (再利用する対象)	不具合モード (望ましくない事象発生)	不具合モード発生要因		
			ストレス (運転条件・異常入力)	ストレングス (耐性・狙いのまずさ)	制御属性 (設計パラメータ要因)
1	O-RINGシール部	O-RINGシール部漏れ	内部運転圧力過大上昇	O-RINGシール部耐圧不足	O-RING硬度小 O-RINGつぶし代小
2	シアノ系接着剤による接着部	シアノ系接着剤の白化現象	接着作業環境湿度が高い	接着時の接着剤白化防止力不足	接着剤塗布量が多い 接着剤塗布位置 接着部周辺の高密閉性が高い
3	インサート成形品 [本例] ××搬送プーリ	インサート成形品のクリープ破壊 [本例] ××搬送プーリのクリープ破壊	成形品残留応力大 環境温度が高い 使用時間が長い	インサート成形品のクリープ強度が小さい	成形品樹脂肉厚小 金属インサート径大 成形品樹脂材料グレード
4	パワー半導体 [本例] IGBT	パワー半導体のパワーサイクル破壊 [本例] IGBTのパワーサイクル破壊	パワー半導体パワーサイクル回数大 >パワー半導体の動作繰返し数大	パワー半導体のパワーサイクル耐久性が低い	パワー半導体の ΔT_j 設定が高い !!本例では $\Delta T_j = \times \times ^\circ C$ としていた パワー半導体の選定グレードが適切でない
5	NBR [本例] ××ホース	NBRにオゾンクラック発生 [本例] ××ホースにオゾンクラック発生	高濃度オゾン環境 >[本例] >高電圧発生機器に隣接	NBRの耐オゾンクラック性が小さい	NBRが耐オゾン性グレード(PVCブレンド)でない >[本例] >××ホースに標準グレードのNBRを使用
6	タンタルコンデンサ	タンタルコンデンサ短絡故障	電源スイッチON時のラッシュ電流大	タンタルコンデンサのラッシュ電流耐性が小さい	タンタルコンデンサを低インピーダンス回路に使用 タンタルコンデンサの定格小 使用電圧のデレーティングが小さい !!1/3 以下ではない

【例】相対的因果メカニズム(続き)

ID	定義属性 (再利用する対象)	不具合モード	不具合モード発生要因		
			ストレス (使用条件・異常入力等)	ストレングス (耐性・狙いのまずさ)	制御属性 (設計パラメータ要因)
7	最小適用負荷が低い 接点回路 [本例] エラーリセットスイッチ回路	接点導通不良 [本例] エラーリセットスイッチ接点導通不良	接点上の接触抵抗大 >接点上の酸化皮膜 >>作動しないまま経年経過	電気接点絶縁皮膜の突破力不足	接点部の電流小 接点部の電圧小
8	ゼロクロス検知処理 [本例] ヒータ××制御	ノイズをゼロクロス信号と誤検知する [本例] ・・・用のゼロクロスを誤検知する	正常ゼロクロスの直後に異常なゼロクロスが発生 >ノイズが××で発生	ゼロクロスポイント検知精度が低い	正弦波のゼロクロス検知後、一定時間ゼロクロス信号をマスクせず
9	アルミ電解コンデンサ	コンデンサ容量抜け大	電解コンデンサ温度が高い >電解コンデンサへのリップル電流入力大 電解コンデンサ使用時間大	電解コンデンサ耐熱劣化性が低い	電解コンデンサ保証寿命時間不足 >電解コンデンサグレードが不適
10	オーステナイト系SUS締結部 [本例] 筐体フレーム	SUS締結部の熱応力過大 [本例] 筐体フレームボルト締結部の熱応力過大 !!OOMpa発生	締結部温度が高い[××℃] >締結部の隣接熱源温度が高い >>機器の高負荷連続運転	高温条件下で大きな熱応力の発生を抑えにくい	オーステナイト系SUS締結部の熱膨張係数差大 >オーステナイト系SUS締結相手が鉄鋼や異種系SUS(フェライト系やマルテンサイト系SUS) !!SUS304は普通鋼より熱膨張係数が1.5倍大きい
11	配管ユニット	配管ユニット共振発生	配管ユニットへの入力振動数 >輸送振動 >運転開始直後の振動	各種入力振動数に対する共振防止不足 (固有振動数の一致回避不足)	配管ユニット固有振動数 >配管ユニット構造 >配管ユニット取り付け位置

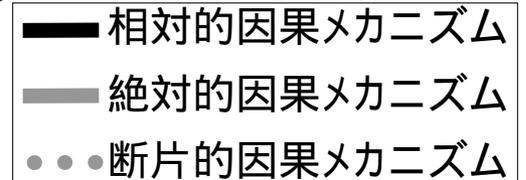
SSM(ストレス・ストレングス・モデル)

～不具合の因果連鎖の知識構造～

知識分節の連鎖様式

更なる影響系へ

【知識分節2】



【知識分節1】





SSMによる因果連鎖知識の具体例

【不具合事例1：ギヤ圧入部滑り】

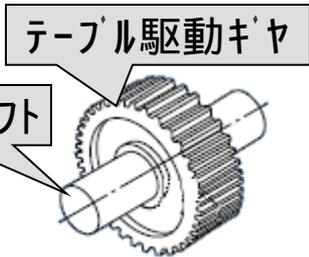
××装置のテーブル駆動ギヤとドライブシャフトの間で軸滑りが発生した。

推定原因1：運転時の負荷が高く、過大なトルク入力があった。

推定原因2：ギヤボックス内部が高温環境にあったため、圧入穴と軸の熱膨張差により圧入代が減少した。
ギヤはPOM(ポリアセタール)でドライブシャフトはSUSであり、熱膨張係数差が大きかった。

実施した対策：設計圧入代を××に変更した。(高温環境の熱膨張による圧入代の変化量を考慮した。)

再発防止策：圧入部は、MAXの環境温度条件で負荷を受けることを考慮し、熱膨張差の最大値を把握すること。特に異種材料の圧入部は注意。圧入部設計基準「DS-××」を更新した。



定義属性	不具合モード	ストリス要因	ストリクス要因	制御属性要因	実施した対策	再発防止策	関連文書
動力伝達部品の圧入部 [本例] テーブル駆動ギヤ ドライブシャフト	圧入部で軸滑り発生 [本例] テーブル駆動ギヤ圧入部 軸滑り	圧入軸へのトルク入力大 >[本例] >運転時のテーブル負荷過大 & 運転環境での圧入強度低下大 >熱膨張差による圧入代減少	入力負荷や固定力のばらつきを加味した圧入固定力確保不足	圧入代小 圧入長さ小 圧入部ヤング率小 圧入部摩擦係数小 圧入部滑り止め構造無し	設計圧入代を××-△△に変更した。 (高温環境の熱膨張による圧入代の変化量を考慮した。)	圧入部設計基準「DS-××」を参照。	【再発防止事例104】. 軸圧入部滑り (🔴) 【設計基準-014】. 圧入部設計基準 (🔴)

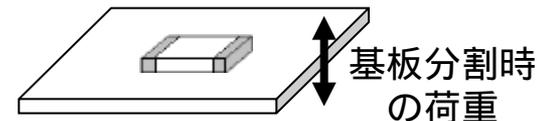


定義属性	不具合モード	ストリス要因	ストリクス要因	制御属性要因	実施した対策	再発防止策	関連文書
軸圧入部 [本例] テーブル駆動ギヤ ドライブシャフト	熱膨張差による圧入代減少 [本例] 熱膨張差によるテーブル駆動ギヤ圧入代減少	軸圧入部温度が高い >機器環境温度が高い >機器内部発熱大 >>機器連続運転時間が長い	軸圧入部熱膨張差による寸法変化抑制不足	圧入軸より圧入穴の熱膨張係数が大きい >圧入軸材料熱膨張係数小 >圧入穴材料熱膨張係数大	(影響系で実施。熱膨張差を吸収する寸法公差に設定した。)	圧入部は、MAXの環境温度条件で負荷を受けることを考慮し、熱膨張差の最大値を把握すること。特に異種材料の圧入部は注意。	【再発防止事例104】. 軸圧入部滑り (🔴)



SSMによる因果連鎖知識の具体例

【不具合事例2：基板分割時のセラミックコンデンサ破損】



事象：積層セラミックコンデンサが基板分割時に破損した。

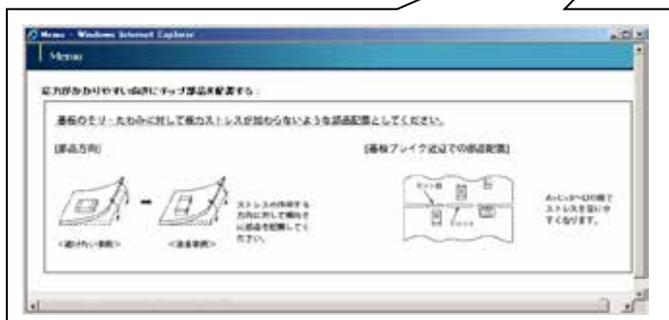
推定原因1：基板分割時の部品への負荷を考慮しない部品配置・作業であった。

推定原因2：積層セラミックコンデンサの抗折力が小さかった。

実施した対策：基板分割治具を使用し、分割時の荷重をかける向きを指示した。

定義属性	不具合モード	ストリス要因	ストレグス要因	制御属性要因	実施した対策	再発防止策	関連文書
積層セラミックコンデンサ 分割基板へのチップ配置 [本例] ××通信基板の部品配置	積層セラミックコンデンサ の破損 [本例] ××通信基板の積層セラミ ックコンデンサ破損	基板分割時の積層セラミック コンデンサへの応力大 >[本例] >××通信基板分割時に積層 セラミックコンデンサに過大な 応力がかかる	積層セラミック コンデンサの抗折 力が小さい	積層セラミックコンデンサ種類 !!特に高誘電率のものは強度が小 さい傾向がある 積層セラミックコンデンサ厚さ小	(原因系で応力発生を抑 止する対策を実施)	設計基準-101参照.	【再発防止事例501】. 基板分割時のセラミック コンデンサ破損 (❸) 【設計基準-101】. 分割 基板への部品配置の注 意 (❸)

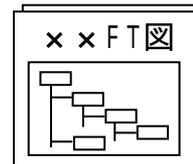
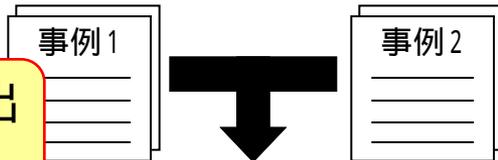
定義属性	不具合モード	ストリス要因	ストレグス要因	制御属性要因	実施した対策	再発防止策	関連文書
分割基板へのチップ配置 基板分割 [本例] ××通信基板の部品配置	基板分割時に分割位置近 くのチップ部品に過大な応 力がかかる [本例] ××通信基板分割時に 積層セラミックコンデン サに過大な応力がかかる	基板分割時に部品に引張荷重 がかかる >基板分割時にたわみやひねり を与える	基板分割時にチ ップ部品の応力 を抑制しにくい	基板分割位置とチップ部品の距離 が小さい 応力がかかりやすい向きにチップ 部品を配置する 基板分割治具の使用無し	基板分割治具を使用し、分 割時の荷重をかける向き を指示した。	設計基準-101参照.	【再発防止事例501】. 基板分割時のセラミック コンデンサ破損 (❸) 【設計基準-101】. 分割 基板への部品配置の注 意 (❸)



各種不具合情報の知識構造化と活用のイメージ

不具合事例から知識抽出

FT図から知識抽出



過去重大故障抽出
(再発防止徹底)

総力戦で重大
事象リスク抽出
(FTA支援)

性能不具合1

機器発煙発火

機器・ユニット
レベル

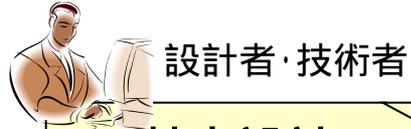
構成アイテム
レベル

部位・材料
レベル

知識合成による
新たな因果連鎖

技術要素の視点から広く
不具合知識を抽出
(FMEA支援・再発防止徹底)

再発防止・未然防止へのSSM知識活用イメージ



基本設計

DR 1

詳細設計

DR 2

試作・試験

量産試作

量産・保守

設計チェックリスト, FMEA, FTA等を用いた再発防止・未然防止活動

経験・情報の
フィードバック

解析対象の理解

- ・機器構成
- ・アイテム変更点/変化点
- ・重要品質問題

不具合の予測解析

- ・不具合発生メカニズム予測
- ・アイテムの問題点の気付き

予防処置案の把握

- ・設計基準の参照
- ・過去対策の調査

予防処置実施・評価

- ・技術管理帳票への記録
- ・開発, 製造現場での実施
- ・効果確認, フォロー

不具合に関する特徴抽出

知識検索

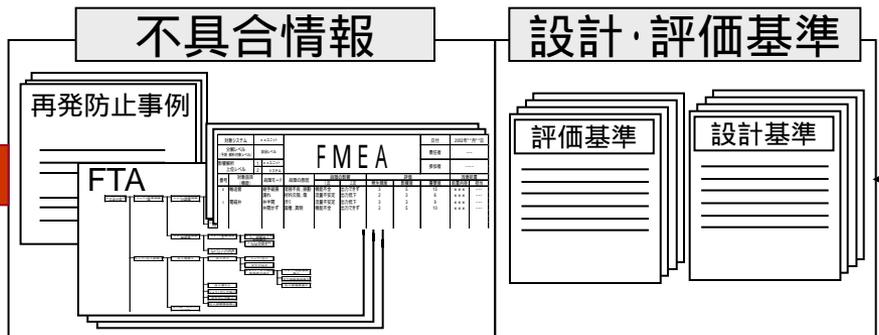
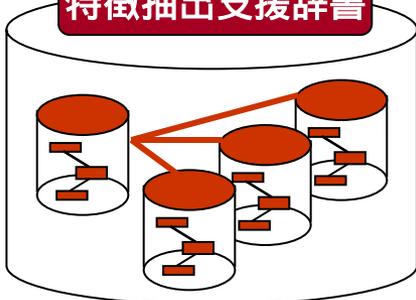
関連文書参照

特徴抽出支援辞書

SSM知識ベース

不具合情報

設計・評価基準



不具合に関する構造化知識基盤

Copyright © 2014 株式会社構造化知識研究所

本資料の著作権は株式会社構造化知識研究所にあります。
本資料の内容を無断で複写または複製することは、著作権の侵害となります。
本資料の内容は、予告なしに変更または中止されることがあります。あらかじめご了承ください。
理由の如何に関わらず、本資料の内容変更、本資料の配布中断または中止によって生じるいかなる損害についても、弊所は責任を負うものではありません。