

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-145679

(P2014-145679A)

(43) 公開日 平成26年8月14日(2014.8.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 2 1 C 19/18 (2006.01)	G 2 1 C 19/18 A	2 G 0 7 5
G 2 1 D 3/04 (2006.01)	G 2 1 D 3/04 B	
G 2 1 C 17/003 (2006.01)	G 2 1 C 17/00 E	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2013-14713 (P2013-14713)
 (22) 出願日 平成25年1月29日 (2013.1.29)

(71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 110001092
 特許業務法人サクラ国際特許事務所
 (72) 発明者 杉尾 崇行
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
 (72) 発明者 本村 亮
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
 Fターム(参考) 2G075 BA17 BA18 CA50 EA05 FB13
 FC03 FC05 FC06 FD03 FD09
 GA15

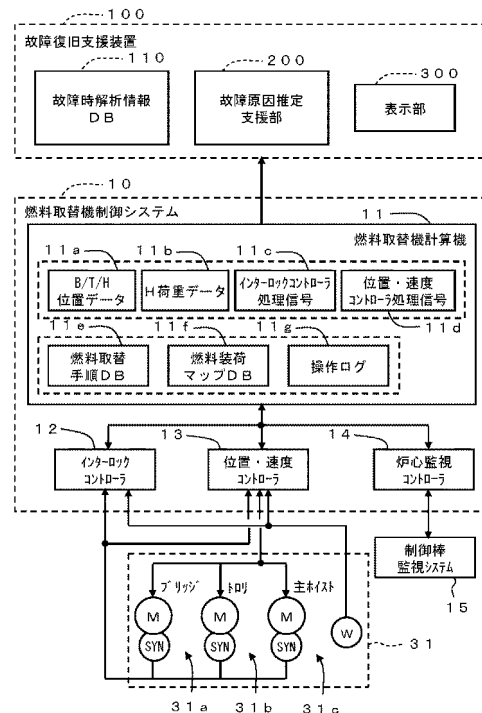
(54) 【発明の名称】 燃料取替機故障復旧支援装置および燃料取替システム

(57) 【要約】

【課題】燃料取替機の故障発生時に、早期の復旧を実現するために、故障の原因調査や復旧方法の決定を支援する故障復旧支援装置を提供する。

【解決手段】実施形態によれば、燃料取替機故障復旧支援装置100は、燃料取替機制御システム10によって制御される燃料取替機31に発生した故障に対しその復旧を支援するためのシステムであって、燃料取替機制御システム10から燃料取替機31の少なくとも位置を含む状態情報と燃料取替機31による少なくとも燃料取替に関する装荷情報とを取得しヒストリカルトレンドとして記録する故障時解析情報データベース110と、故障時解析情報データベース110に記録された情報に基づき故障要因の推定支援情報を生成して故障原因推定の支援を行う故障原因推定支援部200と、故障原因推定支援部200で生成された情報を表示する表示部300とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

燃料取替機制御システムによって制御される燃料取替機に発生した故障に対しその燃料取替機の復旧を支援するための燃料取替機故障復旧支援装置であって、

前記燃料取替機制御システムから前記燃料取替機の少なくとも位置を含む状態情報と前記燃料取替機による少なくとも燃料取替に関する装荷情報とを取得しヒストリカルトレンドとして記録する故障時解析情報データベースと、

故障要因の推定支援情報を生成する故障原因推定支援部と、

前記故障原因推定支援部で生成された情報を表示する表示部と、

を備え、

前記故障原因推定支援部は、前記故障時解析情報データベースに記録された情報に基づき故障状況を解析する故障状況解析部を有する、

ことを特徴とする燃料取替機故障復旧支援装置。

【請求項 2】

前記故障原因推定支援部は、前記発生した故障の発生前後の運転員の操作と、前記燃料取替機の動作と、炉心内および燃料プール内の燃料装荷状況とを再現する再現アニメーションを生成する再現アニメーション作成部をさらに有することを特徴とする請求項 1 に記載の燃料取替機故障復旧支援装置。

【請求項 3】

前記故障原因推定支援部は、

前記燃料取替機に起こりうる故障と、その原因となるトリガ信号を対応付けた故障要因データベースと、

前記故障要因データベースに記憶されたデータを用いて、前記発生した故障に基づいてその原因となりうる要因を抽出する故障要因抽出部と、

をさらに有することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の燃料取替機故障復旧支援装置。

【請求項 4】

前記燃料取替機および前記燃料取替機制御システムに係る図面の情報データを格納する図面データベースと、

前記故障要因抽出部で抽出した故障要因をその故障要因が記載された前記図面を前記図面データベースから抽出し前記図面上にその故障要因が区別できるように前記表示部に出力する該当信号選択部と、

をさらに有することを特徴とする請求項 3 に記載の燃料取替機故障復旧支援装置。

【請求項 5】

過去に発生した燃料取替機の故障についての少なくとも故障原因を含む故障データを記録する故障事例データベースと、

前記発生した故障および前記故障原因を前記故障事例データベース内の各故障の前記故障原因と比較して故障原因が類似している前記故障データを抽出して前記発生した故障の原因候補として故障原因候補を出力する故障原因推定部と、

をさらに有することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか一項に記載の燃料取替機故障復旧支援装置。

【請求項 6】

前記故障時解析情報データベース内の情報に基づき発生した故障に関する説明内容を作成し、前記故障原因候補および前記故障時解析情報データベース内の情報に基づき故障原因に関する説明内容を作成する報告書作成部をさらに有することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか一項に記載の燃料取替機故障復旧支援装置。

【請求項 7】

前記故障事例データベースは、復旧情報をさらに含み、

前記故障原因推定支援部は、前記故障原因候補について前記故障データ内の復旧方法を出力する復旧情報提供部をさらに有する、

10

20

30

40

50

ことを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の燃料取替機故障復旧支援装置。

【請求項 8】

前記報告書作成部は、前記復旧情報提供部内の情報に基づいて前記発生した故障の復旧、処置に関する説明内容をさらに作成することを特徴とする請求項 6 に記載の燃料取替機故障復旧支援装置。

【請求項 9】

原子炉容器内の燃料の取替のための燃料取替機と、
前記燃料取替機を制御する燃料取替機制御システムと、
前記燃料取替機に発生した故障に対しその復旧を支援するための燃料取替機故障復旧支援装置と、

10

を備える燃料取替システムであって、

前記燃料取替機故障復旧支援装置は、

前記燃料取替機制御システムから前記燃料取替機の少なくとも位置を含む状態情報と前記燃料取替機による少なくとも燃料取替に関する装荷情報とを取得しヒストリカルトレンドとして記録する故障時解析情報データベースと、

故障要因の推定支援情報を生成する故障原因推定支援部と、

前記故障原因推定支援部で生成された情報を表示する表示部と、

を備え、

前記故障原因推定支援部は、前記故障時解析情報データベースに記録された情報に基づき故障状況を解析する故障状況解析部を有する、

20

ことを特徴とする燃料取替システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、原子力プラントにおける燃料取替機の故障時の復旧を支援するための燃料取替機故障復旧支援装置およびこれを用いた燃料取替システムに関する。

【背景技術】

【0002】

原子力プラントでは、起動前および定期検査時に原子炉压力容器内の燃料集合体の装荷や取り替え作業が行われる。これらの作業は、新しい燃料集合体を原子炉压力容器内に装荷する作業や、使用済みの燃料集合体を原子炉圧両用機から取り出して燃料プールに移動する作業である。燃料取替機はこれら燃料集合体の装荷や取替え作業を行う。

30

【0003】

燃料取替機は、燃料プール、原子炉ウェル、原子炉压力容器の上方をまたぎ、オペレーティングフロアに敷設される走行レール上を走行可能であり、燃料プールと原子炉压力容器との間で燃料集合体を運搬することができる。燃料取替機制御システムは、燃料取替機の運転を自動または手動で制御する。

【0004】

燃料取替作業は定期点検のクリティカル工程であり、作業遅れが全体工程へ直接影響する。近年、原子力発電所の高稼働率化のニーズが高まっており、燃料取替機には作業工程短縮化、故障からの即時復旧が求められている。

40

【0005】

また、故障を検出して早期に復旧させることは、燃料取替機に限らず原子力プラント全体の課題となっている。たとえば、警報データ間につながりを持たせた上で警報データを蓄積しておき、運転員が蓄積データを参照して発生警報の推定や対処方法を決定することを支援するシステムが知られている。

【0006】

また、プラントの保守データをもとに設備の故障を早期に検出して、故障の診断・処置方法を提示するシステムが知られている。あるいは、プラントで故障が発生したことを、プラント責任者や関連自治体へ電話またはファクシミリにて自動で連絡する技術が知られ

50

ている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2006-10344号公報

【特許文献2】特開2011-154456号公報

【特許文献3】特開2011-227706号公報

【特許文献4】特開2004-240905号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0008】

燃料取替機の故障発生から復旧までの従来の流れの例を図12に示す。原子力プラントで燃料取替機に故障が発生すると、原子力プラントにいる現地作業員は聞き取り調査により、故障の内容や発生時刻といった一次情報を収集する(ステップS1)。

【0009】

次に、現地作業員はこの一次情報を解析拠点作業員へ連絡する(ステップS2)。解析拠点は原子力プラントの外部にあり、たとえば工場や事業所、データセンターなどが解析拠点にあたる。次に、現地作業員は聞き取り調査やログデータの吸い上げ確認により、故障が発生するまでのデータなどの二次情報を詳細に収集する(ステップS3)。現地作業員は情報収集が完了したら解析拠点作業員へこの二次情報を送信する(ステップS4)。

20

【0010】

一方、解析拠点にいる解析拠点作業員は、ステップS2における現地作業員からの一次情報の連絡に基づいて設計図面やソフトウェアを準備して、対処方法を検討するための準備をする(ステップS5)。

【0011】

さらに解析拠点作業員は、ステップS4の現地作業員から二次情報の連絡を受けて、原因調査を行う(ステップS6)。解析拠点作業員は、ステップS6における原因調査の結果に基づいて対処方法を検討する(ステップS7)。対処方法は単純な部品交換で済む場合もあれば、ソフトウェアの修正を実施する場合もある。

【0012】

また、情報に不足があれば現地作業員との間で問い合わせ、回答等の連絡がなされる。解析拠点作業員が対処方法を立案したら情報を現地作業員へ送信して、現地作業員が対処方法を実施する(ステップS8)。対処方法により故障が復旧しない場合(ステップS9 NO)は、ステップS6以降を繰り返す。

30

【0013】

対処方法により故障が復旧すれば(ステップS9 YES)、現地作業員は報告書を作成して関係者に提出する(ステップS10)。関係者が報告書を承認すれば、燃料取替機は運転を再開する。

【0014】

ここで、現地作業員とは、たとえば、原子力プラントの運転員、保守要員、あるいは燃料取替機の供給者の技術員である。また、解析拠点は、たとえば、燃料取替機の供給者の工場、研究所などのエンジニアリング部門などである。

40

【0015】

前述したとおり、燃料取替作業は定期点検のクリティカル工程であり、早急に対処方法を検討する必要がある。そのためには、まず現地作業員が原因調査に必要なデータを解析拠点にすばやく送る必要がある。しかしながら、現状では現地作業員が現場までデータを収集しに行っているため、解析拠点へデータを送るまでに時間がかかっている。

【0016】

また、収集できる情報は操作ログやイベントログのみで、信号レベルで故障時にどのような挙動だったかを把握することができない。解析拠点の作業員は現場で物を見ていたわ

50

けではないので、現地作業員から送付されたデータだけでは燃料取替機がどのように動いたかが分かりにくく、故障が発生したときの状況を把握するのに時間がかかってしまっている。

【0017】

さらに、解析拠点に作業員は現地作業員が送ってきたデータと設計図面とを結び付けてどの信号が故障の原因になっているかを調べるが、同一の信号が設計図面の複数ページにまたがっており、設計図面を調査するのに時間がかかっている。

【0018】

過去に発生した故障が再び発生する可能性があり、原子力プラントの燃料取替機で過去に発生した故障ならば復旧方法は決まっているので、原因を調査せずとも復旧方法が明らかになる。特に復旧方法が部品の交換だけで済む場合は部品の準備ができれば現地作業員だけで故障を復旧させることができる。

10

【0019】

また、復旧後の報告書作成にも時間がかかっており、報告書が関係者に承認されて燃料取替機が再開できるため、報告書を速やかに作成することも必要となる。

【0020】

そこで、本発明の実施形態は、燃料取替機の故障時に早期の故障復旧を実現するために、故障の原因調査や復旧方法の決定を支援する故障復旧支援装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0021】

上述の目的を達成するため、本発明の実施形態は、燃料取替機制御システムによって制御される燃料取替機に発生した故障に対しその燃料取替機の復旧を支援するための燃料取替機故障復旧支援装置であって、前記燃料取替機制御システムから前記燃料取替機の少なくとも位置を含む状態情報と前記燃料取替機による少なくとも燃料取替に関する装荷情報とを取得しヒストリカルトレンドとして記録する故障時解析情報データベースと、故障要因の推定支援情報を生成する故障原因推定支援部と、前記故障原因推定支援部で生成された情報を表示する表示部と、を備え、前記故障原因推定支援部は、前記故障時解析情報データベースに記録された情報に基づき故障状況を解析する故障状況解析部を有する、ことを特徴とする。

30

【0022】

また、本発明の実施形態は、原子炉容器内の燃料の取替のための燃料取替機と、前記燃料交換機を制御する燃料取替機制御システムと、前記燃料取替機に発生した故障に対しその復旧を支援するための燃料取替機故障復旧支援装置と、を備える燃料取替システムであって、前記燃料取替機故障復旧支援装置は、前記燃料取替機制御システムから前記燃料取替機の少なくとも位置を含む状態情報と前記燃料取替機による少なくとも燃料取替に関する装荷情報とを取得しヒストリカルトレンドとして記録する故障時解析情報データベースと、故障要因の推定支援情報を生成する故障原因推定支援部と、前記故障原因推定支援部で生成された情報を表示する表示部と、を備え、前記故障原因推定支援部は、前記故障時解析情報データベースに記録された情報に基づき故障状況を解析する故障状況解析部を有する、ことを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0023】

本発明の実施形態によれば、燃料取替機の故障時に早期の故障復旧を実現するために、故障の原因調査や復旧方法の決定を支援する故障復旧支援装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成および燃料取替機制御システムとの関係を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の対象となる燃料取

50

替機まわりの構成を示す鳥瞰図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。

【図 5】本発明の第 2 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置による再現アニメーションの平面の画像の例である。

【図 6】本発明の第 2 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置による再現アニメーションの断面の画像の例である。

【図 7】本発明の第 3 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。

【図 8】本発明の第 4 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。

【図 9】本発明の第 5 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。

【図 10】本発明の第 6 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。

【図 11】本発明の第 7 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。

【図 12】燃料取替機の故障発生から復旧までの従来の流れを示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置および燃料取替システムについて説明する。ここで、互いに同一または類似の部分には、共通の符号を付して、重複説明は省略する。

【0026】

[第 1 の実施形態]

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の対象となる燃料取替機まわりの構成を示す鳥瞰図である。燃料取替機 31 は、原子炉压力容器 32 の上方位置と燃料プール 34 の上方位置の間を往復する。

【0027】

燃料取替機 31 は、原子炉压力容器 32 から使用済燃料集合体を燃料プール 34 に移動する。また、燃料取替機 31 は、燃料プール 34 から新燃料集合体を原子炉压力容器 32 に移動する。このために、運転床 40 の原子炉压力容器 32 上方開口部と燃料プール 34 上部開口部の両脇に、原子炉压力容器 32 上方開口部と燃料プール 34 上部開口部とを結ぶ方向に走行レール 36 が設けられている。また、運転床 40 の原子炉压力容器 32 上方開口部と燃料プール 34 上部開口部との間には、運転床 40 を切り欠くようにカナル 33 が設けられている。

【0028】

燃料取替機 31 は、ブリッジ 31a、トロリ 31b および主ホイスト 31c を有する。ブリッジ 31a は、走行レール 36 上を走行する。トロリ 31b は、ブリッジ 31a 上に搭載されており、ブリッジ 31a の走行方向と直角方向にブリッジ 31a 上を移動する。主ホイスト 31c は、トロリ 31b に取り付けられており、原子炉压力容器 32 および燃料プール 34 の上方と内部の間を上下に移動して燃料集合体のつかみ/放しを行なう。

【0029】

ブリッジ 31a のレール方向への移動と、トロリ 31b のレール方向に対する直角方向への移動の組合せによって原子炉压力容器 32 上の任意の位置に主ホイスト 31c の位置決めをすることができる。位置決めされた位置で主ホイスト 31c は、その直下にある燃料集合体、すなわち、原子炉压力容器 32 内のその直下位置に相当する燃料装荷位置において燃料集合体を取り扱う。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置（以下、「故障復旧支援装置」と略称）の構成および燃料取替機制御システムとの関係を示すブロック図である。

【 0 0 3 1 】

燃料取替機制御システム 1 0 は、燃料取替機計算機 1 1、インターロックコントローラ 1 2、位置・速度コントローラ 1 3 および炉心監視コントローラ 1 4 を有する。

【 0 0 3 2 】

位置・速度コントローラ 1 3 は、燃料取替機 3 1 のブリッジ 3 1 a、トロリ 3 1 b および主ホイスト 3 1 c の位置・速度を制御する。また、インターロックコントローラ 1 2 は、燃料取替機 3 1 のブリッジ 3 1 a、トロリ 3 1 b および主ホイスト 3 1 c の位置や速度等の状態信号を受け取り、状態信号がたとえば正常状態から逸脱した場合にこれらの動きを停止するなどの信号を位置・速度コントローラ 1 3 に発信する。

10

【 0 0 3 3 】

燃料取替機計算機 1 1 は、ブリッジ/トロリ/主ホイスト位置（B/T/H 位置）データ 1 1 a、主ホイスト荷重（H 荷重）データ 1 1 b、インターロックコントローラ処理信号 1 1 c、位置・速度コントローラ処理信号 1 1 d、燃料取替手順データベース（燃料取替手順 DB）1 1 e、燃料装荷マップデータベース（燃料装荷マップ DB）1 1 f、操作ログ 1 1 g の各情報を保有する。

【 0 0 3 4 】

燃料取替機 3 1 のブリッジ 3 1 a、トロリ 3 1 b および主ホイスト 3 1 c の各々の位置は、位置検出器からインターロックコントローラ 1 2 と位置・速度コントローラ 1 3 を経由して、燃料取替機計算機 1 1 に B/T/H 位置データ 1 1 a として記録される。さらに主ホイスト 3 1 c の燃料集合体つかみ時の荷重は、荷重検出器からインターロックコントローラ 1 2 と位置・速度コントローラ 1 3 を経由して、燃料取替機計算機 1 1 に H 荷重データ 1 1 b として記録される。また、位置・速度コントローラ 1 3 は、ブリッジ 3 1 a、トロリ 3 1 b および主ホイスト 3 1 c に速度指令を出力する。

20

【 0 0 3 5 】

燃料取替機計算機 1 1 は、インターロックコントローラ 1 2 および位置・速度コントローラ 1 3 から、B/T/H 位置データ 1 1 a、H 荷重データ 1 1 b、インターロックコントローラ 1 2 の処理信号であるインターロックコントローラ処理信号 1 1 c、位置・速度コントローラ 1 3 の処理信号である位置・速度コントローラ処理信号 1 1 d を収集し、燃料取替機 3 1 の状態を監視している。

30

【 0 0 3 6 】

また、燃料取替機計算機 1 1 は、燃料集合体の取替手順を記した燃料取替手順 DB 1 1 e、原子力圧力容器 3 2 における燃料集合体の装荷情報を記した燃料装荷マップ DB 1 1 f および運転員が行なった操作を記した操作ログ 1 1 g を記録している。炉心監視コントローラ 1 4 は制御棒監視システム 1 5 と制御棒の挿入情報を交信している。

【 0 0 3 7 】

故障復旧支援装置 1 0 0 は、故障時解析情報データベース（故障時解析情報 DB）1 1 0、故障原因推定支援部 2 0 0 および表示部 3 0 0 を有する。故障復旧支援装置 1 0 0 と燃料取替機計算機 1 1 とは、通信ネットワークで接続されている。

40

【 0 0 3 8 】

図 3 は、本発明の第 1 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。故障原因推定支援部 2 0 0 は、故障時解析情報 DB 1 1 0 および故障状況解析部 2 1 1 を有する。

【 0 0 3 9 】

故障復旧支援装置 1 0 0 は燃料取替機計算機 1 1 から、B/T/H 位置データ 1 1 a、H 荷重データ 1 1 b、インターロックコントローラ処理信号 1 1 c および位置・速度コントローラ処理信号 1 1 d を一定周期ごとに収集して、故障時解析情報 DB 1 1 0 にヒスト

50

リカルトレンドとして記録する。

【0040】

故障時解析情報DB110に記録されたヒストリカルトレンドは、それぞれB/T/H位置ヒストリカルトレンド110a、H荷重ヒストリカルトレンド110b、インターロックコントローラ処理信号ヒストリカルトレンド110cおよび位置・速度コントローラ処理信号ヒストリカルトレンド110dとして保存される。

【0041】

また、故障が発生した後に、燃料取替手順DB11e、燃料装荷マップDB11fおよび操作ログ11gを収集して故障時解析情報DB110に、それぞれ燃料取替手順データベース(燃料取替手順DB)110e、燃料装荷マップデータベース(燃料装荷マップDB)110fおよび操作ログ110gとして記録される。

10

【0042】

故障状況解析部211は、故障時解析情報DB110に格納されている燃料取替機31の状態等に関する情報に基づいて、燃料取替機31の状態および故障の状況の解析を行う。この解析結果は、表示部300に送られ表示される。

【0043】

以上のように構成された本実施形態に係る故障復旧支援装置100の作用を説明する。

【0044】

たとえば、原子炉圧力容器32内の燃料集合体を燃料プール34へ移動させるために、燃料取替機31が主ホイスト31cを原子炉圧力容器32の上方から原子炉圧力容器32の内部に下降させて、主ホイスト31cが燃料集合体をつかもうとしたところで、故障が発生して緊急停止したと仮定する。

20

【0045】

この故障に対して、故障状況解析部211では、まず燃料取替手順DB110eおよび燃料装荷マップDB110fによって、原子炉圧力容器32内のどの位置に燃料集合体が装荷され、燃料プール34内のどの位置に燃料集合体が保管されており、それをどこへ移動させようとしていたのかが確認される。

【0046】

次に、故障状況解析部211では、操作ログ110gを確認して誤った操作をしていないかが確認される。次に、B/T/H位置データヒストリカルトレンド110aの時間微分が算出され、故障発生前後の主ホイスト31cの速度が算出される。

30

【0047】

故障状況解析部211において、位置・速度コントローラ処理信号ヒストリカルトレンド110dから故障発生前後の主ホイスト31cへの速度指令が確認され、前述した速度の計算結果と大きな違いがないかが確認される。大きな違いがあれば、主ホイスト31cのモータまたは位置・速度コントローラ13のいずれかに故障が発生していると推定される。

【0048】

インターロックコントローラ12は、位置・速度コントローラ13から故障を識別する信号を受取っており、インターロックコントローラ12の処理信号であるインターロックコントローラ処理信号11cのヒストリカルトレンドが確認され、これによって主ホイスト31cのモータまたは位置・速度コントローラ13のどちらに故障が発生したかが特定される。

40

【0049】

また、故障状況解析部211において、H荷重ヒストリカルトレンド110bが確認され、これによって、燃料取替機31が燃料集合体を正確につかめていたかが確認される。H荷重ヒストリカルトレンド110bに異常があれば、主ホイスト31cのつかみ装置が故障したと推定される。

【0050】

以上の特定結果および推定結果は、表示部300に表示される。

50

【 0 0 5 1 】

このように、本実施形態によれば、燃料取替機 3 1 の故障発生時の燃料取替機制御システム 1 0 の挙動を信号レベルで確認することで、原因調査を支援することができる。

【 0 0 5 2 】

[第 2 の実施形態]

図 4 は、本発明の第 2 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。本実施形態は第 1 の実施形態の変形であり、故障原因推定支援部 2 0 0 は、再現アニメーション作成部 2 2 1 をさらに有する。

【 0 0 5 3 】

再現アニメーション作成部 2 2 1 は、故障に至る事象の経緯をアニメーション化して、アニメーションデータを表示部 3 0 0 に出力する。

【 0 0 5 4 】

以上のように構成された本実施形態においては、燃料取替機制御システム 1 0 から収集して故障時解析情報 DB 1 1 0 に格納されているデータに基づいて、故障状況解析部 2 1 1 において事象の解析が行われる。

【 0 0 5 5 】

この解析結果に基づいて、再現アニメーション作成部 2 2 1 において事象の経緯を説明するアニメーション用のデータが作成され、表示部 3 0 0 に出力される。表示部 3 0 0 は、このアニメーションデータに基づいてアニメーションを表示する。

【 0 0 5 6 】

図 5 は、本発明の第 2 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置による再現アニメーションの平面の画像の例である。すなわち、燃料取替機 3 1 の動きを平面方向から再現したアニメーションの例である。

【 0 0 5 7 】

また、図 6 は、本発明の第 2 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置による再現アニメーションの断面の画像の例である。すなわち、燃料取替機の動きを断面方向から再現したアニメーションの例である。

【 0 0 5 8 】

いずれのアニメーション画像においても、イベントの時系列を示すイベント表示 2 0 が併せて表示される。

【 0 0 5 9 】

図 5、図 6 は、燃料取替機 3 1 が燃料プール 3 4 から原子炉压力容器 3 2 へ燃料集合体を移動させようとしたところ、ブリッジ 3 1 a とトロリ 3 1 b が目標位置に到達して停止した、主ホイスト 3 1 c が下降し始めたときに、ブリッジ 3 1 a のブレーキが故障したことによりブリッジ 3 1 a の位置がずれた（ドリフトした）ため異常を検出して緊急停止した、という故障の例を再現したものである。

【 0 0 6 0 】

この例では、再現アニメーション作成部 2 2 1 は、B / T / H 位置ヒストリカルトレンド 1 1 0 a からブリッジ 3 1 a と、トロリ 3 1 b と、主ホイスト 3 1 c の各時刻における位置を読み込むことで、燃料取替機 3 1 の動きを再現している。

【 0 0 6 1 】

主ホイスト 3 1 c が燃料をつかんでいたか否かについては、H 荷重ヒストリカルトレンド 1 1 0 b と、インターロックコントローラ処理信号ヒストリカルトレンド 1 1 0 c の中のつかみセンサの情報に基づいて判定した上で再現している。

【 0 0 6 2 】

燃料プール 3 4 内の燃料集合体を、原子炉压力容器 3 2 のどの位置に移動させたかについては、燃料取替手順 DB 1 1 0 e と、燃料装荷マップ DB 1 1 0 f とから再現している。また、ブリッジ 3 1 a が目標位置にいつ到達したかといったイベントがイベント表示 2 0 として出力されている。

以上のような本実施形態によれば、原因調査や復旧方法を立案するときに、燃料取替機

10

20

30

40

50

の故障発生時の現場の状況を視覚的に把握することを支援することができる。

【0063】

[第3の実施形態]

図7は、本発明の第3の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。

【0064】

本実施形態は第2の実施形態の変形であって、故障原因推定支援部200は、故障要因抽出部231、故障要因データベース(故障要因DB)232をさらに有する。

【0065】

故障要因DB232は、各故障について、その故障に至る要因がすべて収納されているデータベースである。信号系としての要因はインターロックすなわちそれぞれの故障を検出するトリガとなる信号に対応している。なお、信号系によらない機械的な故障も、その結果が信号系としての要因となるので、カバーされることになる。

【0066】

なお、信号系によらない要因まで遡ってデータベース化しておいてもよい。そのためには、その結果の信号系による要因のさらなる要因として、たとえばFMEA(Failure Mode and Effects Analysis)あるいはイベントツリー等により抽出した結果をデータベースとして準備しておけばよい。

【0067】

故障要因抽出部231は、故障状況解析部211において解析された故障時の状況を、故障要因DB232に格納されている故障データと照合して、故障データの中から対応する故障を抽出する。さらに、抽出された故障についての故障データ中の要因を、発生した故障に関する故障要因データ233として出力する。

【0068】

以上のように構成された本実施形態においては、燃料取替機制御システム10に故障が発生した場合、故障時解析情報DB110に基づいて解析する故障状況解析部211で解析された結果と、故障要因DB232に格納された故障要因情報が、故障要因抽出部231に入力される。故障要因抽出部231においては、解析された結果と故障要因DB232内の情報とが照合されて、故障要因データが抽出される。

【0069】

たとえば、図7の故障要因DB232の例において、仮に故障Bが発生したとする。故障要因抽出部231は、故障Bについて故障要因DB232に収納されている要因1、要因2等についてその実態情報を故障要因データ233として記録するとともに表示部300に出力する。

【0070】

すなわち、故障要因抽出部231は、H荷重信号についてはH荷重ヒストリカルトレンド110bを、内部001信号についてはインターロックコントローラ処理信号ヒストリカルトレンド110bの中の内部001の情報を、操作001信号については操作ログ11gの中の操作001を抽出して故障要因データ233として記録するとともに、表示部300に出力する。

【0071】

以上のように、本実施形態によれば、燃料取替機の故障発生時の故障要因を抽出することで、原因調査を支援することができる。

【0072】

[第4の実施形態]

図8は、本発明の第4の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。

【0073】

本実施形態は、第3の実施形態の変形であって、故障原因推定支援部200は、該当信号選択部241、図面データベース(図面DB)242をさらに有する。

【 0 0 7 4 】

図面 D B 2 4 2 は、燃料取替機 3 1 および燃料取替機制御システム 1 0 に関する設計図面に記載された情報のデータベースであり、たとえば、インターロックブロック線図のように、故障とその要因の相互関係を記述した設計図面に関する情報である。

【 0 0 7 5 】

該当信号選択部 2 4 1 は、故障要因抽出部 2 3 1 で抽出された故障要因データ 2 3 3 に基づいて、図面 D B 2 4 2 の中から故障要因データ 2 3 3 と、この結果である故障までの因果関係の流れの部分を設計図面において強調するように図面 D B 2 4 2 情報を加工して、表示部 3 0 0 に出力する。

【 0 0 7 6 】

以上のように構成された本実施形態においては、燃料取替機制御システム 1 0 に故障が発生した場合、該当信号選択部 2 4 1 が、故障要因データ 2 3 3 と、図面 D B 2 4 2 とを結び付けて、設計図面の故障要因に関わる部分を強調して、該当信号強調図面として表示部 3 0 0 に出力する。

【 0 0 7 7 】

なお、通常の設計図面では、信号の流れを表示するページが複数のシートに及ぶ場合があるが、該当信号強調図面は 1 枚にまとめて見やすくすることでもよい。

【 0 0 7 8 】

強調の方法としては、たとえば、該当部分に任意の色を付する方法でもよい。また、枠線で囲う方法でもよい。また、故障要因データ 2 3 3 が複数ある場合には、故障要因データ 2 3 3 ごとに表示する色を分けるように設定することで見やすくする。

以上のように、本実施形態によれば、燃料取替機に発生した故障について抽出された故障要因を、設計図面上に強調して表示することにより原因調査を支援することができる。

【 0 0 7 9 】

[第 5 の実施形態]

図 9 は、本発明の第 5 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。本実施形態は、第 3 の実施形態の変形であり、故障原因推定支援部 2 0 0 は、原因推定部 2 5 1、事例探索部 2 5 2、故障事例データベース(故障事例 D B) 2 5 3、復旧情報提供部 2 6 1 をさらに有する。

【 0 0 8 0 】

故障事例 D B 2 5 3 は、過去に発生した故障について、その故障の状況、検討された故障要因、故障原因であると結論付けられた故障原因、復旧方法を整備した故障事例データを整備したデータベースである。なお、故障は、当該燃料取替機 3 1 および燃料取替機制御システム 1 0 に発生した故障に限定されない。たとえば、他の施設において発生した故障についても保有していることが望ましい。

【 0 0 8 1 】

原因推定部 2 5 1 は、故障要因抽出部 2 3 1 において抽出された故障要因データ 2 3 3 と故障事例 D B 2 5 3 内の故障情報データとから推定原因を絞り込むとともに、故障情報データに該当するものが見当たらない場合には、故障事例 D B 2 5 3 に当該故障に関する情報を故障事例情報として追加する。

【 0 0 8 2 】

事例探索部 2 5 2 は、故障状況解析部 2 1 1 において解析された今回発生した故障の状況と、故障要因抽出部 2 3 1 で抽出された故障要因データ 2 3 3 と、故障事例 D B 2 5 3 に格納されている故障事例とを照合して、今回発生した故障とその故障事例とが一定割合以上に一致しているならば、推定結果 2 5 4 としての推定原因を絞り込み原因推定部 2 5 1 に出力する。原因推定部 2 5 1 は、推定結果 2 5 4 を表示部 3 0 0 に出力する。

【 0 0 8 3 】

復旧情報提供部 2 6 1 は、推定結果 2 5 4 である故障原因に関する復旧方法として、故障事例 D B 2 5 3 に格納されている故障事例データ内の復旧方法に関する復旧情報 2 6 2 を抽出して、その復旧情報 2 6 2 を表示部 3 0 0 に出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 4 】

以上のように構成された本実施形態によれば、燃料取替機 3 1 の故障発生時に、詳細な原因調査を実施しない段階でも推定原因が絞り込まれるとともに復旧方法が明らかになる。特に、推定結果 2 5 4 が出力した復旧方法が部品交換のみならば、解析拠点側を介さずに現地作業員だけで復旧させることが可能となり、故障から復旧までの時間が短縮される。

【 0 0 8 5 】

部品交換のみではない場合でも、解析拠点側が対策を立案するまでの時間が短縮されるので、全体として故障発生から復旧までの時間を短縮することができる。

【 0 0 8 6 】

[第 6 の実施形態]

図 1 0 は、本発明の第 6 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。本実施形態は、第 5 の実施形態の変形であり、故障原因推定支援部 2 0 0 は、報告書作成部 2 7 1 をさらに有する。

【 0 0 8 7 】

報告書作成部 2 7 1 は、故障状況解析部 2 1 1 での故障状況解析結果、原因推定部 2 5 1 で絞り込まれた故障原因の推定結果 2 5 4、故障事例 D B 2 5 3 内に格納されている故障事例データに基づいて、今回の発生故障に関する報告書用の情報を作成し、表示部 3 0 0 に出力する。

【 0 0 8 8 】

なお、表示部 3 0 0 は、単にたとえば C R T に表示するだけに限らない。たとえば、報告書様式に従って、報告書として印刷する出力方法も含まれてもよい。

【 0 0 8 9 】

報告書 2 7 2 の内容としては、通常、少なくとも、たとえば、故障の状況、故障要因の推定、故障に対する復旧方法に関する説明が記載される。ここで、故障の状況については、故障状況解析部 2 1 1 での故障状況解析結果が使用できる。

【 0 0 9 0 】

故障要因の推定については、原因推定部 2 5 1 で絞り込まれた故障原因の推定結果 2 5 4 および故障事例 D B 2 5 3 内に格納されている故障事例データの中の故障原因に関する部分が使用できる。復旧方法に関する説明については、故障事例 D B 2 5 3 内に格納されている故障事例データの中の復旧方法に関する部分の情報が使用できる。また、復旧後の報告書の場合は、たとえば、復旧時刻や、交換品の型式、復旧工事など復旧の詳細等に関する情報を追加する。

【 0 0 9 1 】

また、故障要因の説明用の図面としては、該当信号選択部 2 4 1 で作成した該当信号強調図面データを使用することができる。

【 0 0 9 2 】

報告書 2 7 2 の様式は、予め設定しておき、原因推定部 2 5 1 で絞り込まれた故障原因の推定結果 2 5 4、故障事例 D B 2 5 3 内に格納されている故障事例データ内の情報の格納方法は、報告書 2 7 2 の様式内に記載される情報の形式と対応できるような様式による格納方法とする。

【 0 0 9 3 】

本実施形態によれば、報告書を関係者へすばやく提出することで、燃料取替機の運転再開までの時間が短縮される。

【 0 0 9 4 】

[第 7 の実施形態]

図 1 1 は、本発明の第 7 の実施形態に係る燃料取替機故障復旧支援装置の構成を示すブロック図である。本実施形態は、第 1 の実施形態ないし第 6 の実施形態それぞれの変形である。

【 0 0 9 5 】

10

20

30

40

50

故障復旧支援装置 100 は、データ自動転送部 401、送信部 402、受信部 403 および送信用計算機 404 を有する。また、解析拠点側の解析拠点用計算機 500 が設けられている。解析拠点用計算機 500 は、故障原因推定支援部 501 を有する。

【0096】

送信部 402 と受信部 403 との間は、送信部 402 から受信部 403 への一方向通信であり、受信部 403 側から送信部 402 側へのアクセスは不可能である。また、送信用計算機 404 と解析拠点用計算機 500 は常に通信ネットワークで接続されている。

【0097】

データ自動転送部 401 は、故障時解析情報 DB 110 内の情報を、自動的に送信部 402 に転送する。送信部 402 は、データ自動転送部 401 から転送された情報を受けて受信部 403 に送信する。受信部 403 は、この情報を送信用計算機 404 に出力する。送信用計算機 404 は、受信部 403 から受けた故障時解析情報 DB 110 内の情報を解析拠点用計算機 500 内の故障原因推定支援部 501 に出力する。

【0098】

解析拠点用計算機 500 は、プラント外部の工場や事業所、データセンターなどの解析拠頭に設けられる。

【0099】

以上のように構成された本実施形態においては、燃料取替機制御システム 10 に故障が発生した場合、データ自動転送部 401 が故障時解析情報 DB 110 内の情報データを、送信部 402、受信部 403 を介して送信用計算機 404 へ送信する。

【0100】

送信用計算機 404 は、故障時解析情報 DB 110 内の情報データを解析拠点用計算機 500 へ自動送信する。このとき、送信部 402 と受信部 403 とは一方向のみの通信が可能なので、外部から故障原因推定支援部 501 を通して燃料取替機制御システム 10 へアクセスすることはできない。すなわち、外部からハッキングされることがなく物理的に安全が確保された状態で、解析拠点用計算機 500 へデータを自動送信することが可能となる。

【0101】

解析拠点用計算機 500 は故障原因推定支援部 501 を有しており、第 1 の実施形態ないし第 6 の実施形態と同様の作用を得ることができる。

【0102】

なお、本実施形態においては、故障復旧支援装置 100 に故障原因推定支援部 200 が、また解析拠点用計算機 500 にも故障原因推定支援部 501 が設けられている例を示したが、故障復旧支援装置 100 に設けられている故障原因推定支援部 200 に代えて解析拠点用計算機 500 に故障原因推定支援部 501 が設けられている、すなわち、解析拠点用計算機 500 のみに故障原因推定支援部 501 が設けられていることでもよい。

【0103】

この場合には、燃料取替機 31 の故障発生後の、現地作業員の情報収集および検討に要する時間が削減され、解析拠点へ必要な情報がタイムリーにインプットされる。さらに、解析拠点用計算機 500 が、第 1 の実施形態ないし第 6 の実施形態における故障原因推定支援部 200 の機能を備えているので、拠点作業員の原因調査や対策立案を支援することができる。

【0104】

[その他の実施形態]

以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。

【0105】

また、各実施形態の特徴を組み合わせてもよい。第 2 の実施形態では、故障状況解析部 211 を有する第 1 の実施形態における故障原因推定支援部 200 に再現アニメーション作成部 221 が追加されている。第 3 の実施形態では、さらに故障要因抽出部 231 が、

10

20

30

40

50

第4の実施形態ではさらに該当信号選択部241が、第5の実施形態ではさらに原因推定部251が、第6の実施形態ではさらに報告書作成部271が追加されている。

【0106】

これらの特徴は、実施形態では、順次追加されているが、これに限らない。追加されているそれぞれ特徴を組み合わせてもよい。たとえば、故障原因推定支援部200は、故障状況解析部211、該当信号選択部241および原因推定部251を有する形態であってもよい。

【0107】

さらに、これらの実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。

10

【0108】

これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【符号の説明】

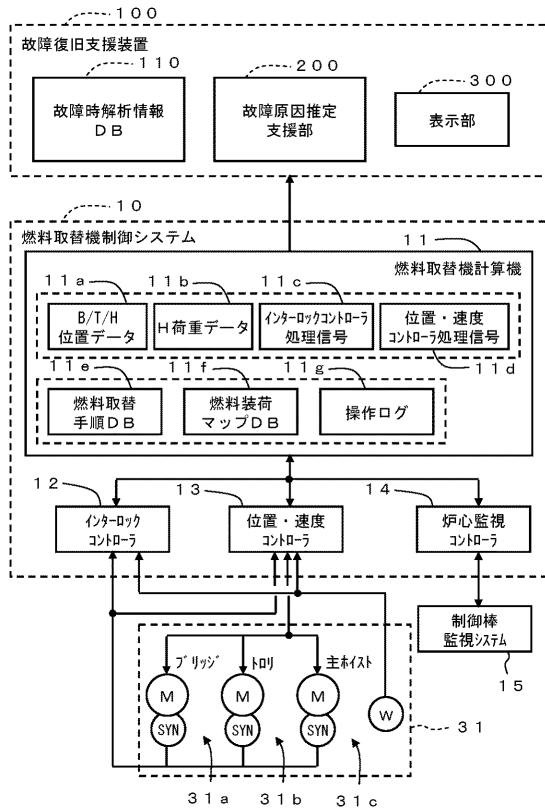
【0109】

10...燃料取替機制御システム、11...燃料取替機計算機、11a...B/T/H位置データ、11b...H荷重データ、11c...インターロックコントローラ処理信号、11d...位置・速度コントローラ処理信号、11e...燃料取替手順データベース(燃料取替手順DB)、11f...燃料装荷マップデータベース(燃料装荷マップDB)、11g...操作ログ、12...インターロックコントローラ、13...位置・速度コントローラ、14...炉心監視コントローラ、15...制御棒監視システム、20...イベント表示、31...燃料取替機、31a...ブリッジ、31b...トロリ、31c...主ホイスト、32...原子炉圧力容器、33...チャンネル、34...燃料プール、36...走行レール、40...運転床、100...故障復旧支援装置(燃料取替機故障復旧支援装置)、110...故障時解析情報データベース(故障時解析情報DB)、110a...B/T/H位置ヒストリカルトレンド、110b...H荷重ヒストリカルトレンド、110c...インターロックコントローラ処理信号ヒストリカルトレンド、110d...位置・速度コントローラ処理信号ヒストリカルトレンド、110e...燃料取替手順データベース(燃料取替手順DB)、110f...燃料装荷マップデータベース(燃料装荷マップDB)、110g...操作ログ、200...故障原因推定支援部、211...故障状況解析部、221...再現アニメーション作成部、231...故障要因抽出部、232...故障要因データベース(故障要因DB)、233...故障要因データ、241...該当信号選択部、242...図面データベース(図面DB)、243...図面データ、251...原因推定部、252...事例探索部、253...故障事例データベース(故障事例DB)、254...推定結果、261...復旧情報提供部、262...復旧情報、271...報告書作成部、272...報告書、300...表示部、401...データ自動転送部、402...送信部、403...受信部、404...送信用計算機、500...解析拠点用計算機、501...故障原因推定支援部

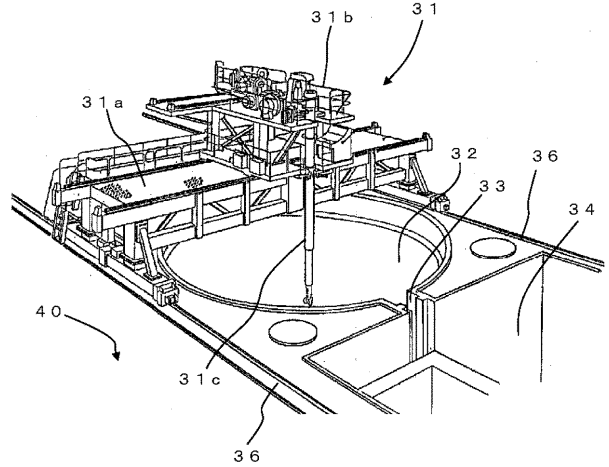
20

30

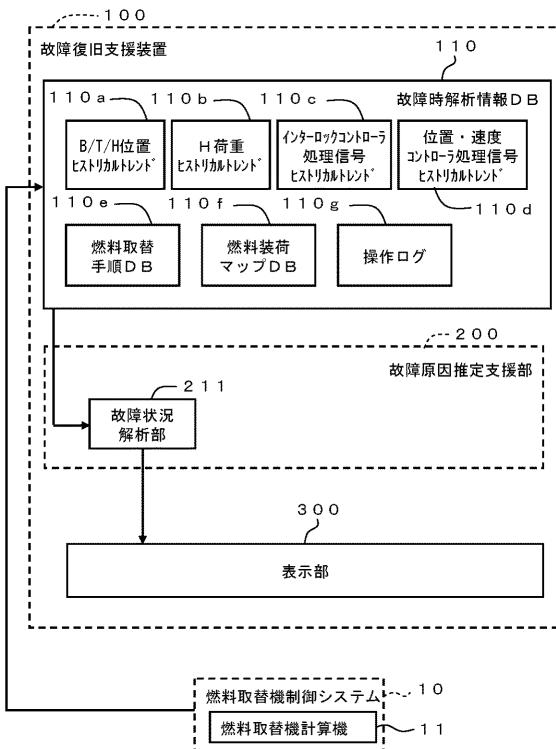
【図 1】



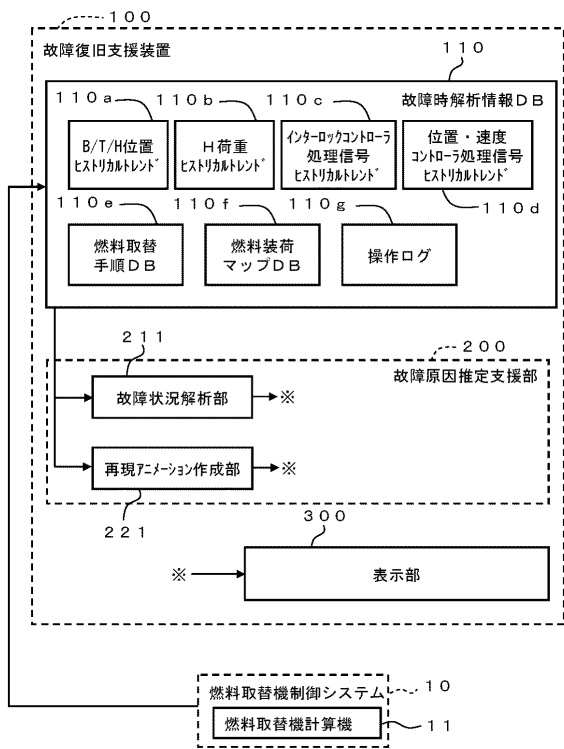
【図 2】



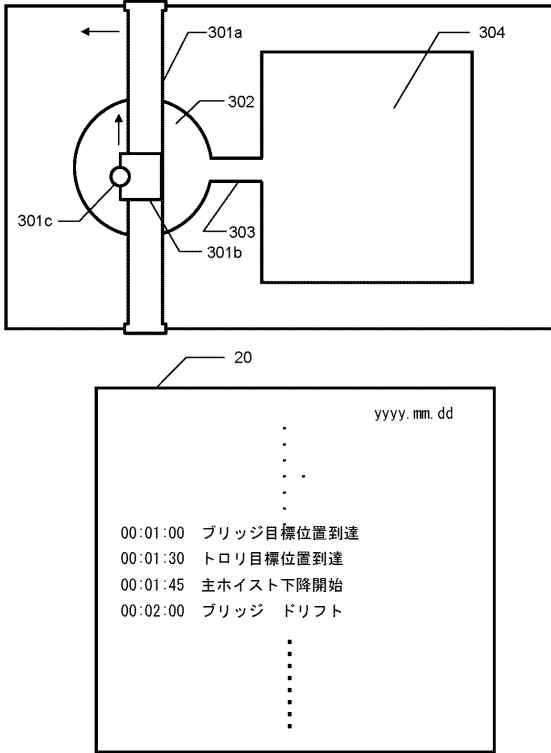
【図 3】



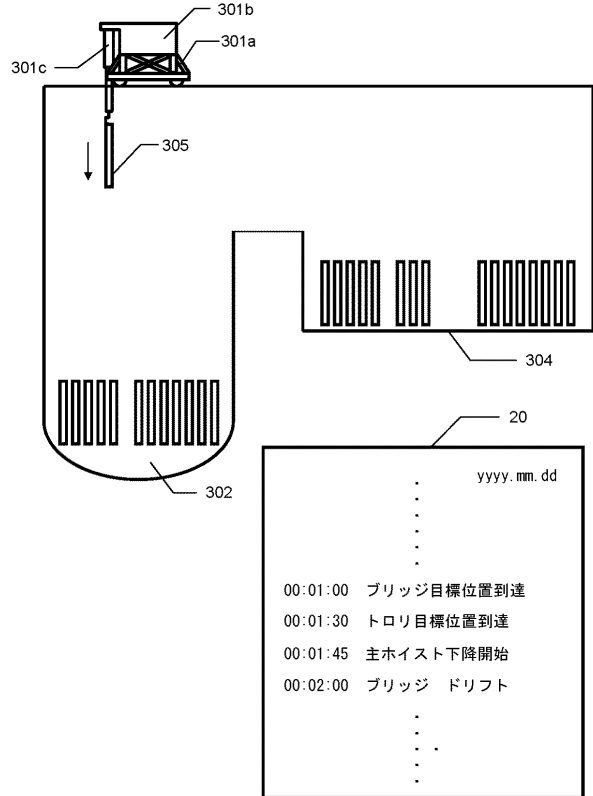
【図 4】



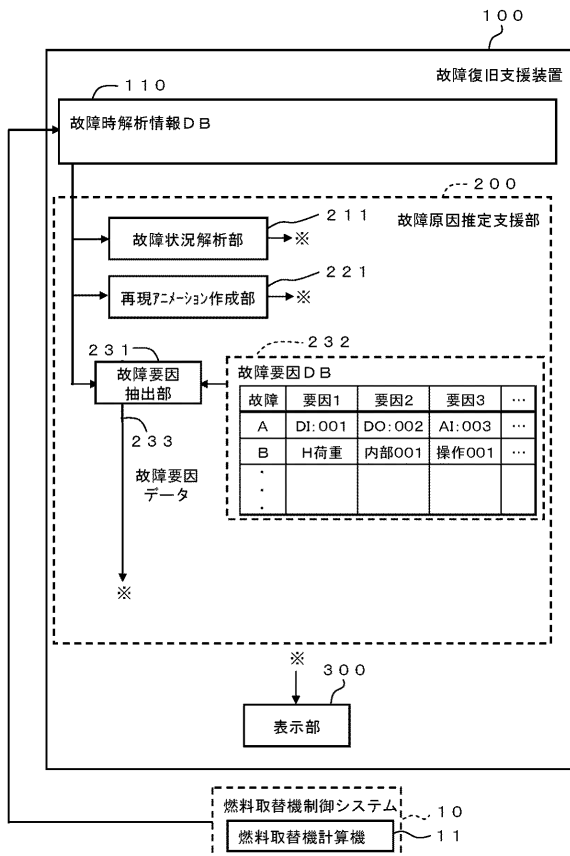
【 図 5 】



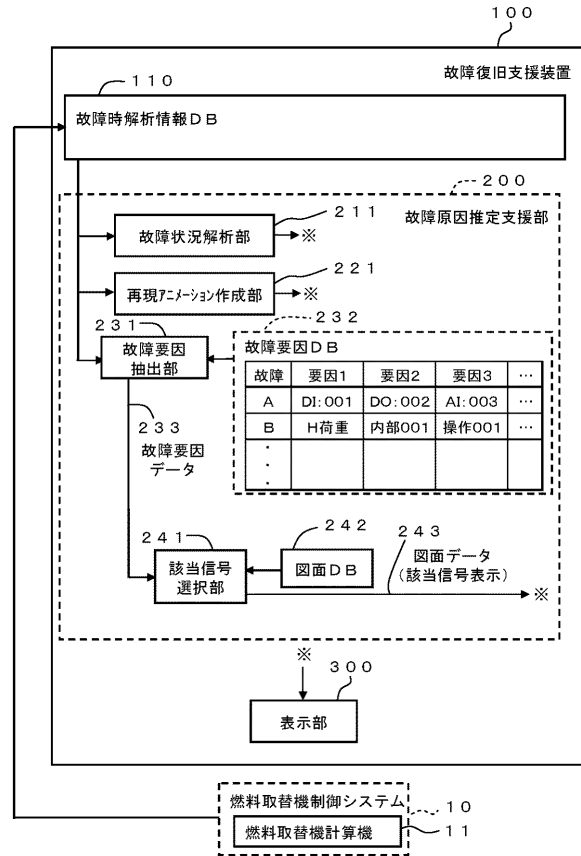
【 図 6 】



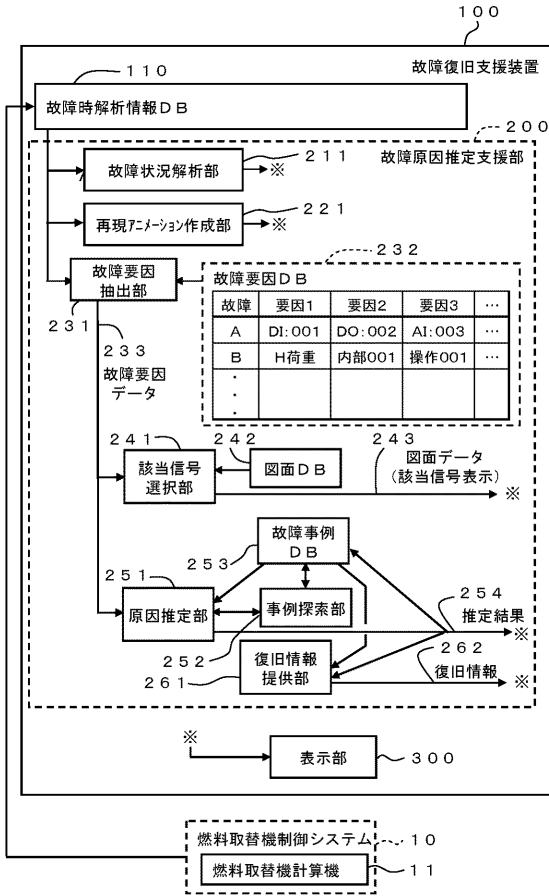
【 図 7 】



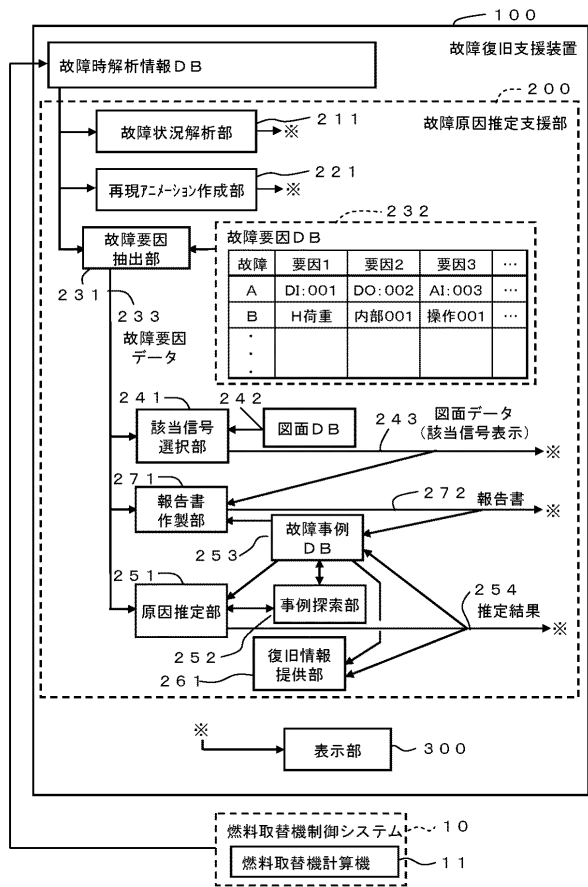
【 図 8 】



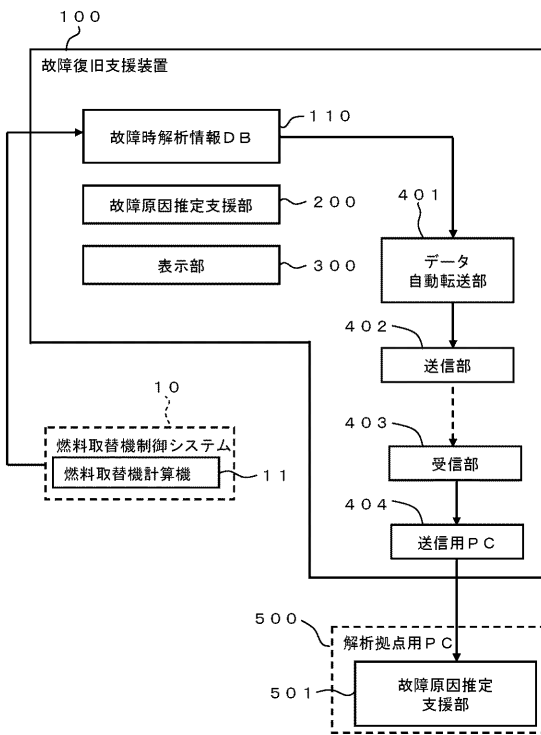
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

