

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6851247号
(P6851247)

(45) 発行日 令和3年3月31日(2021.3.31)

(24) 登録日 令和3年3月11日(2021.3.11)

(51) Int.Cl. F I
G 0 5 B 23/02 (2006.01) G O 5 B 23/02 Z

請求項の数 10 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2017-87475 (P2017-87475)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成29年4月26日(2017.4.26)	(74) 代理人	110000176 一色国際特許業務法人
(65) 公開番号	特開2018-185678 (P2018-185678A)	(72) 発明者	足立 進吾 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株 株式会社日立製作所内
(43) 公開日	平成30年11月22日(2018.11.22)	(72) 発明者	高橋 信補 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株 株式会社日立製作所内
審査請求日	令和2年1月6日(2020.1.6)	(72) 発明者	中村 信幸 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株 株式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 運用計画立案装置、運用制御システム、および、運用計画立案方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラントの運用計画を立案する装置であって、
 前記プラントに関する運転実績データから所定事象に関する運転範囲の分布を抽出し、
 前記運転範囲からの逸脱度を示す基本指標を前記所定事象ごとに定める運転範囲抽出部と

、
 前記所定事象の基本指標を組合せることで、運用計画における評価指標を生成し、前記
 プラントの構成に関する制約条件および前記評価指標を目的関数とする最適化問題を解く
 ことで、過去の所定期間に関して運用計画案を立案し、前記運用計画案と当該期間に関す
 る運転実績データとの一致度を計算し、前記一致度が最大となる前記評価指標の構成を探索
 する問題構成学習部と、

10

前記プラントに関する所定の需要予測値および前記プラントに関する直近の運転実績デ
 ータから、運用計画の満たすべき制約条件を計算し、当該制約条件と前記探索した評価指
 標を目的関数とした最適化問題を解くことで運用計画を立案する運用計画立案部と、

を備えることを特徴とする運用計画立案装置。

【請求項2】

前記問題構成学習部は、
 前記基本指標を線形演算および最大値演算により組合せることで前記評価指標を生成す
 るものであることを特徴とする請求項1に記載の運用計画立案装置。

【請求項3】

20

前記問題構成学習部は、
 需要予測の誤差に対する運用計画の頑健性の指標を基本指標として用いるものであることを特徴とする請求項 1 に記載の運用計画立案装置。

【請求項 4】

前記運転実績データが示す、前記プラントにおける所定機器の状態に基づいて、当該プラントの運用条件を抽出する運用条件抽出部を更に備え、

前記問題構成学習部は、前記運用条件ごとに前記評価指標の構成に加える変更を探索するものであり、

前記運用計画立案部は、前記運用条件に対応する評価指標の構成を目的関数として選択するものである、

10

ことを特徴とする請求項 1 に記載の運用計画立案装置。

【請求項 5】

前記運用計画と、前記運用計画の前記運転範囲からの逸脱度とを、所定装置にて表示する構成・計画表示部を更に備える、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の運用計画立案装置。

【請求項 6】

前記探索した評価指標の構成を所定装置にて表示し、前記構成に対する修正指示を受け付ける構成・計画表示部を更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の運用計画立案装置。

【請求項 7】

20

水道プラントの取送配水プロセスを運用計画立案の対象とし、

前記運転範囲抽出部は、取水量、送水量、配水量、配水池水位、ポンプおよびバルブの運転切替操作の回数、間隔、時間帯、の少なくともいずれかについて、前記分布を抽出するものである、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の運用計画立案装置。

【請求項 8】

水道プラントの取送配水プロセスを運用計画立案の対象とし、

前記問題構成学習部は、前記運用計画案と当該期間に関する運転実績データとの一致度を、取水量、送水量、配水量、配水池水位、ポンプおよびバルブの運転切替時刻の差、の少なくともいずれかに基づいて計算するものである、

30

ことを特徴とする請求項 1 に記載の運用計画立案装置。

【請求項 9】

運用計画に基づきプラントを制御する運用制御システムであって、

前記プラントのセンサによる計測値を収集し、前記プラントを制御するサブコントローラに制御指示を行う監視制御装置と、

前記監視制御装置の制御目標となる運用計画を立案する運用計画立案装置であって、

前記監視制御装置を介して得た前記プラントに関する計測値たる運転実績データから、所定事象に関する運転範囲の分布を抽出し、前記運転範囲からの逸脱度を示す基本指標を前記所定事象ごとに定める運転範囲抽出部と、

前記所定事象の基本指標を組合せることで、運用計画における評価指標を生成し、前記プラントの構成に関する制約条件および前記評価指標を目的関数とする最適化問題を解くことで、過去の所定期間に関して運用計画案を立案し、前記運用計画案と当該期間に関する運転実績データとの一致度を計算し、前記一致度が最大となる前記評価指標の構成を探索する問題構成学習部と、

40

前記プラントに関する所定の需要予測値および前記プラントに関する直近の運転実績データから、運用計画の満たすべき制約条件を計算し、当該制約条件と前記探索した評価指標を目的関数とした最適化問題を解くことで運用計画を立案する運用計画立案部と、

を備える運用計画立案装置と、

を含むことを特徴とする運用制御システム。

【請求項 10】

50

プラントの運用計画を立案する情報処理装置が、

前記プラントに関する運転実績データから所定事象に関する運転範囲の分布を抽出し、前記運転範囲からの逸脱度を示す基本指標を前記所定事象ごとに定める運転範囲抽出処理と、

前記所定事象の基本指標を組合せることで、運用計画における評価指標を生成し、前記プラントの構成に関する制約条件および前記評価指標を目的関数とする最適化問題を解くことで、過去の所定期間に関して運用計画案を立案し、前記運用計画案と当該期間に関する運転実績データとの一致度を計算し、前記一致度が最大となる前記評価指標の構成を探索する問題構成学習処理と、

前記プラントに関する所定の需要予測値および前記プラントに関する直近の運転実績データから、運用計画の満たすべき制約条件を計算し、当該制約条件と前記探索した評価指標を目的関数とした最適化問題を解くことで運用計画を立案する運用計画立案処理と、

を実行することを特徴とする運用計画立案方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、運用計画立案装置、運用制御システム、および、運用計画立案方法に関するものであり、具体的には、プラント個別の状況や運転ノウハウを適宜に反映させた運用計画を立案可能とする技術に関する。

【背景技術】

【0002】

上下水道施設など各種プラントの運用に際しては、該当施設の仕様や生成物の需給関係、運転用リソース、など様々な条件を勘案しつつ、運用の品質や効率が最適となるよう運用計画を立案する必要がある。

【0003】

このような運用計画に関する従来技術としては、例えば、プラント内のプラント機器に対する制御を予め作成してある運用計画に基づき行うプラント運用制御装置において、前記プラントからプロセスコントローラを介して入力したプロセスデータを記憶するプロセスデータ記憶手段と、前記プロセスデータ記憶手段に記憶された過去の実績値、及びヒューマンインターフェースから入力される所定の情報に基づき、需要を予測演算する需要予測部と、前記需要予測部で予測演算された需要予測値に基づき、免疫的アルゴリズムを用いて最適な運用計画についての演算を行うIA最適計画演算手段と、前記IA最適計画演算手段が前記免疫的アルゴリズムを用いる演算を行う際に、記憶細胞及びサプレッサー細胞を記憶させておくための細胞記憶手段と、を備えたことを特徴とするプラント運用制御装置（特許文献1参照）などが提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2003-228402号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来技術においては、最適化の初期解として実績値を使用することで準最適な運用計画を高速に求めることは可能である。しかしながら、その対象として、配水池やポンプ等の施設数が多岐に亘るプラントを想定しておらず、また、運用実績に潜在しているはずの熟練運転員らの運転傾向を運用計画に適宜に反映させることもない。つまり、運用計画最適化の観点からすれば、当該運用計画に反映させるべき事象が十分に反映されていないとの課題が残されている。こうした課題は、将来の人口減に伴う事業維持の困難性や、熟練者の高齢化や定年退職による運転ノウハウの未承継、といった問題を抱える水道事業において特に明らかと言える。

10

20

30

40

50

【0006】

そこで本発明の目的は、プラント個別の状況や運転ノウハウを適宜に反映させた運用計画を立案可能とする技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決する本発明の運用計画立案装置は、プラントの運用計画を立案する装置であって、前記プラントに関する運転実績データから所定事象に関する運転範囲の分布を抽出し、前記運転範囲からの逸脱度を示す基本指標を前記所定事象ごとに定める運転範囲抽出部と、前記所定事象の基本指標を組合せることで、運用計画における評価指標を生成し、前記プラントの構成に関する制約条件および前記評価指標を目的関数とする最適化問題を解くことで、過去の所定期間に関して運用計画案を立案し、前記運用計画案と当該期間に関する運転実績データとの一致度を計算し、前記一致度が最大となる前記評価指標の構成を探索する問題構成学習部と、前記プラントに関する所定の需要予測値および前記プラントに関する直近の運転実績データから、運用計画の満たすべき制約条件を計算し、当該制約条件と前記探索した評価指標を目的関数とした最適化問題を解くことで運用計画を立案する運用計画立案部と、を備えることを特徴とする。

10

【0008】

また、本発明の運用制御システムは、運用計画に基づきプラントを制御する運用制御システムであって、前記プラントのセンサによる計測値を収集し、前記プラントを制御するサブコントローラに制御指示を行う監視制御装置と、前記監視制御装置の制御目標となる運用計画を立案する運用計画立案装置であって、前記監視制御装置を介して得た前記プラントに関する計測値たる運転実績データから、所定事象に関する運転範囲の分布を抽出し、前記運転範囲からの逸脱度を示す基本指標を前記所定事象ごとに定める運転範囲抽出部と、前記所定事象の基本指標を組合せることで、運用計画における評価指標を生成し、前記プラントの構成に関する制約条件および前記評価指標を目的関数とする最適化問題を解くことで、過去の所定期間に関して運用計画案を立案し、前記運用計画案と当該期間に関する運転実績データとの一致度を計算し、前記一致度が最大となる前記評価指標の構成を探索する問題構成学習部と、前記プラントに関する所定の需要予測値および前記プラントに関する直近の運転実績データから、運用計画の満たすべき制約条件を計算し、当該制約条件と前記探索した評価指標を目的関数とした最適化問題を解くことで運用計画を立案する運用計画立案部と、を備える運用計画立案装置と、を含むことを特徴とする。

20

30

【0009】

また、本発明の運用計画立案方法は、プラントの運用計画を立案する情報処理装置が、前記プラントに関する運転実績データから所定事象に関する運転範囲の分布を抽出し、前記運転範囲からの逸脱度を示す基本指標を前記所定事象ごとに定める運転範囲抽出処理と、前記所定事象の基本指標を組合せることで、運用計画における評価指標を生成し、前記プラントの構成に関する制約条件および前記評価指標を目的関数とする最適化問題を解くことで、過去の所定期間に関して運用計画案を立案し、前記運用計画案と当該期間に関する運転実績データとの一致度を計算し、前記一致度が最大となる前記評価指標の構成を探索する問題構成学習処理と、前記プラントに関する所定の需要予測値および前記プラントに関する直近の運転実績データから、運用計画の満たすべき制約条件を計算し、当該制約条件と前記探索した評価指標を目的関数とした最適化問題を解くことで運用計画を立案する運用計画立案処理と、を実行することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、プラント個別の状況や運転ノウハウを適宜に反映させた運用計画を立案可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施例1における運用制御システムの論理構成例を示す図である。

50

【図2】実施例1における運用計画立案装置のハードウェア構成例を示す図である。

【図3】実施例1における運用制御対象となる水道施設群の構成例を示す図である。

【図4A】実施例1における運用計画の例を示す図である。

【図4B】実施例1における運用計画の例を示す図である。

【図5】実施例1における運転実績の分布および基本指標値の例を示す図である。

【図6】実施例1における運用計画立案方法のフロー例を示す図である。

【図7】実施例1における問題構成表示ウィンドウの例を示す図である。

【図8】実施例1における運用計画表示ウィンドウの例を示す図である。

【図9】実施例2における運用制御システムの論理構成例を示す図である。

【図10】実施例2における運用計画立案方法のフロー例を示す図である。

10

【図11】実施例2における運用条件別問題構成表示ウィンドウの例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

- - - 実施例1 - - -

以下に本発明の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。図1は、実施例1における運用計画立案装置101を含む運用制御システム100の論理構成例を示す図である。本実施例における運用制御システム100は、運用計画立案装置101により予め立案した運用計画に基づいて、水道プラントにおける各機器を制御し、当該水道プラントの取送配水プロセスを管理するシステムである。なお本実施例では、運用計画立案と運用制御の対象を水道プラントとしたが、勿論これに限定するものではない。

20

【0013】

図1で例示するように、本実施例における運用制御システム100は、運用計画立案装置101、監視制御装置102、センサ103、および、サブコントローラ104を含んで構成される。

【0014】

このうち運用計画立案装置101は、運転範囲抽出部111、問題構成学習部112、需要予測部113、運用計画立案部114、運転実績データ記憶部121、データ収集部151、計画出力部152、および、構成・計画表示部153、を備える。

【0015】

上述の運転範囲抽出部111は、運転実績データ記憶部121より、該当水道プラントに関する過去の運転実績データを取得して、当該運転実績データから所定事象に関する運転範囲の分布を抽出し、当該運転範囲からの逸脱度を示す基本指標を上述の所定事象ごとに定めるものである。また、運転範囲抽出部111は、上述のごとく定めた基本指標に関する情報を、問題構成学習部112および構成・計画表示部153に送信する。こうした運転範囲抽出部111の処理の詳細は、図5の説明とともに後述する。

30

【0016】

また、問題構成学習部112は、運転実績データ記憶部121より、該当水道プラントに関する過去の運転実績データを取得して、上述の運転範囲抽出部111より得た基本指標を組合せることで、運用計画の評価指標を生成し、水道プラントの構成に関する制約条件および上述の評価指標を目的関数とする最適化問題を解くことで、過去の所定期間に関して運用計画案を立案し、この運用計画案と当該期間に関する運転実績データとの一致度を計算し、この一致度が最大となる評価指標の構成を探索するものである。また、問題構成学習部112は、こうして得た一致度最大の評価指標の構成を問題構成として、運用計画立案部114および構成・計画表示部153に送信する。こうした問題構成学習部112の処理の詳細は、図6の説明とともに後述する。

40

【0017】

また、需要予測部113は、運転実績データ記憶部121より、該当水道プラントに関する過去の運転実績データを取得して、当該運転実績データに基づいて需要の予測値を計算し、この需要の予測値を運用計画立案部114に送信する。ここで、需要の予測値とは、予測時点から所定の将来期間（例えば24時間分）における、所定の時間ステップ（例

50

えば30分ごろ)ごと、水道プラントにおける配水区域ごとの配水量の予測値の時系列を指す。こうした需要予測の計算方法には、公知の時系列予測方法を採用する。

【0018】

また、運用計画立案部114は、運転実績データ記憶部121より、該当水道プラントに関する直近の運転実績データを取得し、問題構成学習部112より得た上述の問題構成を取得し、また、需要予測部113より需要の予測値を取得し、当該需要予測値および当該直近の運転実績データから、運用計画の満たすべき制約条件を計算し、この制約条件と、上述の問題構成学習部112の計算した評価指標を目的関数とした最適化問題を解くことで運用計画を立案するものである。また、運用計画立案部114は、立案した運用計画を計画出力部152および構成・計画表示部153に送信する。こうした運用計画立案部114の処理の詳細は、図6の説明とともに後述する。また、運用計画の詳細は図4の説明にて後述する。

10

【0019】

また、運転実績データ記憶部121は、データ収集部151より、水道プラントにおける運用計画対象の取送配水プロセスの運転実績データを取得し、当該運転実績データを蓄積し、要求に応じて当該運転実績データを運転範囲抽出部111、問題構成学習部112、需要予測部113、運用計画立案部114に送信するものである。

【0020】

なお、運転実績データとは、水道プラントにおける取送配水プロセスのセンサ計測値、および、機器やセンサの故障状態のデータ等を指す。また、運転実績データには、監視制御装置102で管理している関連データ、すなわち、機器やセンサの故障状態の変化に関するアラーム情報等を含めてもよい。

20

【0021】

また、データ収集部151は、監視制御装置102から、水道プラントにおける運用計画対象の取送配水プロセスの運転実績データを受信し、運転実績データ記憶部121に送信するものである。データ収集部151と監視制御装置102との間は、適宜なネットワークを介して通信可能に結ばれているものとする。

【0022】

また、計画出力部152は、運用計画立案部114より運用計画を取得し、これを監視制御装置102に対し、運用制御の目標値として送信するものである。

30

【0023】

また、構成・計画表示部153は、運転範囲抽出部111より運転範囲の分布および基本指標の情報を取得し、また、問題構成学習部112より問題構成を取得し、また、運用計画立案部114より運用計画を取得し、これら取得した情報らを、後述する表示部206など適宜な操作者向けのディスプレイ上のウィンドウに表示するものである。こうした構成・計画表示部153の表示例は、図7および図8の説明として後述する。

【0024】

また、監視制御装置102は、運用制御対象の水道プラントにおける取送配水プロセスの状態を計測するセンサ103から計測値を収集し、この計測値と、当該センサ103や水道プラントにおける機器の故障状態の情報と、センサ103や機器の故障状態の変化に関するアラーム情報とを、運用計画立案装置101に送信する装置となる。またこの監視制御装置102は、運用制御の目標値として運用計画を運用計画立案装置101から受信し、当該運用計画に基づいて、運用制御対象の水道プラントにおける取送配水プロセスの状態を制御するサブコントローラ104に対し、制御目標値を送信する。

40

【0025】

なお、運用計画立案装置101は、監視制御装置102からは遠隔地に設置されたデータセンター上のプログラムとして実現してもよい。また、運用計画立案装置101を、遠隔地のデータセンター上のプログラムと、監視制御装置102の側に置かれた端末に分割して実現してもよい。例えば、データセンター上のプログラムで運転範囲抽出部111と問題構成学習部112を実装し、上述の端末には運転範囲抽出部111と問題構成学習部

50

112をのぞく部分を実装することができる。

【0026】

続いて、本実施例における運用計画立案装置101のハードウェア構成について説明する。図2は、実施例1における運用計画立案装置のハードウェア構成例を示す図である。

【0027】

図2に例示するように、本実施例における運用計画立案装置101は、CPU201、メモリ202、メディア入出力部203、入力部205、通信制御部204、表示部206、周辺機器IF部207、および、バス210、を含んで構成されている。

【0028】

このうちCPU201は、メモリ202上のプログラム2021を実行する演算装置である。また、メモリ202は、上述のプログラム2021やテーブル等を一時記憶する記憶手段である。また、メディア入出力部203は、所定の記憶媒体から読み取った上述のプログラム2021やテーブル等を保持し、適宜にメモリ202に格納する。

10

【0029】

また、入力部205は、キーボード、マウス等の入力インターフェイスをユーザに提供する装置である。また、通信制御部204は、ネットワーク220と接続して、監視制御装置102等の外部装置と通信を実行するネットワークインターフェイス等である。

【0030】

また、表示部206は、図1の構成・計画表示部153による情報の表示先となる装置であり、具体的にはディスプレイである。また、周辺機器IF部207は、プリンタ等の

20

【0031】

また、バス210は、CPU201、メモリ202、メディア入出力部203、入力部205、通信制御部204、表示部206、および、周辺機器IF部207を相互接続するものである。

【0032】

図1と図2との対比から明らかなように、図1の運用計画立案装置101は、CPU201がプログラム2021を実行することで実現している。なお、運用計画立案装置101と監視制御装置102を、同一のハードウェア上に異なるプログラムとして実現することとしてもよい。

30

【0033】

図3は、実施例1において運用制御対象の水道プラントにおける取送配水系の設備構成を示す図である。図3を参照して、運用計画立案装置101が監視対象とする水道プラントである水道の取送配水プロセスの構成を説明する。

【0034】

図3で例示する設備構成においては、配水池301、302から配水区域341に対して、配水ポンプ施設321、322により多点注入でポンプ配水している。図中には、配水管354のように、代表的な配水管のみを記載している。

【0035】

また、上述の配水区域341中には、末端局361、361があり、ここで水圧や水質を計測する。また、配水池303から配水区域342に対して減圧バルブ334を通じて自然流下配水している。一方、配水池301への流入は、送水管351を通じた用水供給事業者からの受水と、取水ポンプ施設324からの原水を浄水場311で処理した浄水とからなる。こうした配水池301の水の一部は、送水ポンプ施設323、送水管353を経由して配水池303に送水している。また、配水池322への流入は、送水管352を通じた用水供給事業者からの受水である。なお、各配水池の送水管からの流入部には、流量調整バルブ331、332、333が配置されている。

40

【0036】

この例にて、監視制御装置102が計測値を収集するセンサ103は、各配水池の水位計、各ポンプ施設、バルブにおける流量計、各ポンプ施設と末端局における水圧計、各ボ

50

ンプ施設のポンプ運転号機、回転数、消費電力の計測器、各バルブの開度の計測器、などが該当する。

【 0 0 3 7 】

また、この例にて、監視制御装置 1 0 2 が制御を指示するサブコントローラ 1 0 4 は、各ポンプの始動・停止、回転数調整機器、各バルブの開度調整などを制御するコントローラが該当する。

【 0 0 3 8 】

続いて、図 4 A、図 4 B を参照して、本実施例 1 における運用計画例を説明する。運用計画とは、ここでは、運用計画立案時点から所定の将来期間（例えば 2 4 時間分）における、制御目標ないしはプロセス状態の推移の計画をさす。こうした制御目標ないしはプロセス状態の具体例としては、配水池の水位、各流量計での取送配水量、各ポンプ施設におけるポンプ運転台数、回転数、各バルブの開度などがある。

10

【 0 0 3 9 】

図 4 A では、運用計画の例として配水池 A の水位の推移 4 0 0 を、また図 4 B では、運用計画の例として送水ポンプ施設 S のポンプ運転台数の推移 4 1 0 を示している。

【 0 0 4 0 】

こうした運用計画における推移は、時間ステップ（以下、例として 3 0 分間とする）ごとの値の時系列で表現する。この際、時々刻々と変化するプロセスを 3 0 分間ごとの値で表現するために、適切な集約方法で時間ステップを代表する値を定める。例えば、水位は毎時 0 分および 3 0 分における値、取水・送水・配水量は各 3 0 分の平均値を取る。対象で配水池施設能力等に余裕のない場合、ポンプ運転台数は、毎時 0 分および 3 0 分だけでなく、任意の時刻に切替できるようにする必要がある。

20

【 0 0 4 1 】

次に、図 5 を参照して、本実施例の運転範囲抽出部 1 1 1 により抽出される運転範囲の分布および基本指標の例について説明する。

【 0 0 4 2 】

本実施例における運転範囲抽出部 1 1 1 は、運転実績データ記憶部 1 2 1 から運転実績データを取得し、これに基づき運転範囲の抽出、基本指標定義、および、結果送信の各ステップにて処理を行う。

【 0 0 4 3 】

このうち運転実績データの取得ステップにおいて、運転範囲抽出部 1 1 1 は、運転実績データ記憶部 1 2 1 より運転実績データを取得する。

30

【 0 0 4 4 】

また、運転範囲の抽出ステップにおいて、運転範囲抽出部 1 1 1 は、各対象項目について、運転実績データの典型的な運転範囲を計算する。運転範囲抽出部 1 1 1 が処理対象とする項目、すなわち対象項目は、予め設定したプロセス状態の計測値である。例えば、運転範囲抽出部 1 1 1 は、取水量、送水量、配水量、配水池水位、各種ポンプ・バルブの運転切替操作の回数、間隔、時間帯、運転時間などの事象を対象項目とする。

【 0 0 4 5 】

また、運転範囲抽出部 1 1 1 は、同じ計測値に関して、複数の時間区分や集約方法を用いることで複数の運転範囲の分布を抽出し、基本指標を定めることができる。運転範囲抽出部 1 1 1 は、例えば取水量について、3 0 分平均値の運転範囲と、1 日あたりの積算値の運転範囲とを抽出し、それぞれに別の基本指標を定めることができる。

40

【 0 0 4 6 】

また、運転範囲抽出部 1 1 1 は、計測値を加工した値について運転範囲の分布を抽出し、基本指標を定めてもよい。例えば、運転範囲抽出部 1 1 1 は、送水量の前時刻からの変化量や、取送配水ポンプの運転に要する消費電力、前記消費電力にもとづく各施設における電力の 3 0 分平均値（電力デマンド値）、需要予測の誤差に対する運用計画の頑健性の指標などを処理の対象とできる。

【 0 0 4 7 】

50

なお、需要予測の誤差に対する運用計画の頑健性としては、例えば、需要量が予測よりも継続的に多いか少ない状況で、運用計画どおりの運転操作を継続した場合の配水池水位の推移をシミュレーションし、所定時間内において配水池水位が運用範囲を逸脱する最大の大きさなどを用いることができる。

【 0 0 4 8 】

例えば、運転範囲抽出部 1 1 1 は、ある配水ポンプ施設における 1 日あたりのポンプ台数の切替回数を対象項目とし、当該項目のヒストグラムを計算し、大部分の実績データが含まれる範囲を計算する。

【 0 0 4 9 】

図 5 に示す、(a) 運転実績の分布グラフ 5 0 0 は、運転範囲抽出部 1 1 1 が計算した、ある配水ポンプ施設における 1 日あたりのポンプ台数の切替回数のヒストグラムである。運転範囲抽出部 1 1 1 は、相対頻度が所定の値以上である切替回数の上限值を計算することで、当該項目の範囲を計算する。運転範囲抽出部 1 1 1 の計算した範囲の上限值を図中に破線で示す。

10

【 0 0 5 0 】

運転範囲抽出部 1 1 1 による範囲の計算方法は、対象項目等に応じて、所定のパーセンタイル値を計算する方法や、平均値から標準偏差の所定倍値はなれた値を計算する方法などを用いる。また、対象項目等に応じて、上限値だけでなく、下限値も計算する。必要に応じて、一つの対象項目に対して、複数の上限値、下限値を計算してもよい。

【 0 0 5 1 】

20

また、運転範囲抽出部 1 1 1 は、基本指標定義ステップにて、上述の運転範囲からの逸脱度を定量化する基本指標の計算方法を定める。運転範囲抽出部 1 1 1 は、例えば、上述のポンプの切替回数に関して、運転範囲(切替回数上限値)を用いて以下の計算方法を基本指標として定める。

【 0 0 5 2 】

(基本指標値) = $\max [(\text{切替回数}) - (\text{切替回数上限値}) , 0]$

ここで \max は最大値演算である。

【 0 0 5 3 】

図 5 における、(b) 基本指標値グラフ 5 1 0 は、運転範囲抽出部 1 1 1 が上述のごとき手法にて定めた、ある配水ポンプ施設における 1 日あたりのポンプ台数の切替回数の基本指標値である。

30

【 0 0 5 4 】

また、運転範囲抽出部 1 1 1 は、上述の基本指標の一覧とそれらの計算方法を問題構成学習部 1 1 2 に送信して処理を終了する。

【 0 0 5 5 】

運用計画立案装置 1 0 1 は、上述の運転範囲抽出部 1 1 1 の処理により、過去の運転実績データにもとづいて個々の運転範囲抽出項目に対する、(経験ある)運転員の操作傾向を抽出できる。なお、運用計画立案装置 1 0 1 は、需要予測の誤差に対する運用計画の頑健性を基本指標とすることで、需要予測に誤差が生じても安定した運用を継続できる運用計画を立案できる。

40

【 0 0 5 6 】

以下、本実施形態における運用計画立案方法の実際手順について図に基づき説明する。以下で説明する運用計画立案方法に対応する各種動作は、運用計画立案装置 1 0 1 がメモリ等を読み出して実行するプログラムによって実現される。そして、このプログラムは、以下に説明される各種の動作を行うためのコードから構成されている。

【 0 0 5 7 】

図 6 は、実施例 1 における運用計画立案方法のフロー例を示す図であり、具体的には問題構成学習部 1 1 2 の処理フローを示すフローチャートである。以下、図 6 のフローを参照して、問題構成学習部 1 1 2 の処理を説明する。

【 0 0 5 8 】

50

この場合まず、問題構成学習部 1 1 2 は処理を開始する（ステップ 6 0 1）。この開始は、入力部 2 0 5 ないし通信制御部 2 0 4 を介して所定装置から所定の指示を受け付けるか、或いは、予め定めた時期の到来を検知して実行されるものとする。

【 0 0 5 9 】

続いて、問題構成学習部 1 1 2 は、運転実績データ記憶部 1 2 1 より運転実績データを取得し、また、運転範囲抽出部 1 1 1 より基本指標の一覧とそれらの計算方法を取得する（ステップ 6 0 2）。

【 0 0 6 0 】

また、問題構成学習部 1 1 2 は、上述のステップ 6 0 2 で得た基本指標を組合せることで、運用計画の評価指標を生成する（ステップ 6 0 3）。このステップにおける問題構成学習部 1 1 2 は、例えば線形演算と最大値演算により基本指標をランダムに組合せることで、少なくとも一つの評価指標を生成する。

10

【 0 0 6 1 】

運用計画を表現するベクトルを X 、運用計画立案時点までのプラント状態を s 、基本指標ないしは基本指標を組合せた指標を $h_{_i}$ とすると（ここで、 $_$ は下付き文字の略記法である）、線形演算と最大値演算による組合せで構成できる指標の例としては

【 0 0 6 2 】

【数 1】

$$f_1(X; s) = \max_i w_i \cdot (h_i(X; s) - k_i) \dots \quad (1)$$

$$f_2(X; s) = \sum_i w_i \cdot h_i(X; s) \dots \quad (2)$$

20

がある。ここで、 $w_{_i}$ 、 $k_{_i}$ は任意の定数である。

【 0 0 6 3 】

次に、問題構成学習部 1 1 2 は、上述の水道プラントにおける構成に関する制約条件およびステップ 6 0 3 で得た評価指標を目的関数とする最適化問題を解くことで、過去の所定期間に関して運用計画案を立案する（ステップ 6 0 4）。

【 0 0 6 4 】

この場合の問題構成学習部 1 1 2 は、ステップ 6 0 3 で得ている評価指標を f とし、水道プラントの構成に関する複数の制約条件を $g_{_j}$ ($j = 1, 2, \dots, N$) として、運転実績データのある過去の期間 p にたいして、当該期間に影響をおよぼすプラントの状態を表現するベクトルを $s_{_p}$ とすると、最適化問題

30

【 0 0 6 5 】

【数 2】

$$\begin{aligned} & \text{minimize } f(X_p; s_p) \\ & \text{subject to } g_j(X_p; s_p) \leq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, N) \end{aligned}$$

を解いて最適な運用計画案 $X^*_{_p}$ を立案する。

【 0 0 6 6 】

40

上述の状態 $s_{_p}$ には、具体的には、当該期間 p における需要量（実績値ないしは予測値）、当該期間に入る直前の配水池水位やポンプ運転台数、当該期間に入る前までの取水量積算値などが含まれる。

【 0 0 6 7 】

また、水道プラントの構成に関する制約条件の例としては、水需要を満足する配水量を確保すること、取送配水量が各施設の設計範囲内であること、配水池水位が施設の設計範囲内であること、取送配水量と配水池水位の間で水量収支の関係式を満たすことなどがある。これらの制約条件の定式化方法は、取送配水運用計画の立案に関する公知技術を用いることができる。

【 0 0 6 8 】

50

また、最適化問題の最適解として運用計画案を求める方法は、例えば、遺伝的アルゴリズムや、数理計画法などの公知の技術を用いることができる。

【0069】

なお、問題構成学習部112は、次ステップでの評価のために、期間pを複数用意し、各期間に対して運用計画案を立案するものとする。

【0070】

続いて、問題構成学習部112は、上述のステップ604で立案した運用計画案と、当該期間における運転実績データとの一致度を計算し、この一致度が最大となる評価指標の構成を探索する(ステップ605)。

【0071】

このステップにおける問題構成学習部112は、例えば下記の式で与える一致度により、評価指標fを目的関数に用いて立案した運用計画案を評価する。

【0072】

【数3】

$$E[f] = \sum_p \sum_m l_m \cdot \left| [X_p^*]_m - [a_p]_m \right|^\alpha$$

ここで、E[f]は評価値、 a_p は期間pにおける運用計画案 X_p^* に対応した実績値、 $[\cdot]_m$ はベクトルの第m成分、 l_m は定数である。

【0073】

上述の一致度の式は、定数 l_m の設定方法により、取水量、送水量、配水量、配水池水位、ポンプおよびバルブの運転切替時刻にもとづいて計算される。

【0074】

続いて、問題構成学習部112は、これまで構成した評価指標fに対して計算した、一致度E[f]に基づいて、十分大きい一致度の評価指標fを得たとして問題構成の処理を終了するかどうかを判定する(ステップ606)。

【0075】

上述の判定の結果、終了する場合(ステップ606:終了)、問題構成学習部112は、処理をステップ607に遷移させる。他方、上述の判定の結果、継続する場合(ステップ606:継続)、問題構成学習部112は、処理をステップ603に戻す。

【0076】

上述のステップ606における処理終了の具体的な判定方法と、ステップ603における評価指標の構成方法については、例えば遺伝的プログラミングなどの公知の技術を用いることができる。

【0077】

次に、問題構成学習部112はこれまで構成した評価指標のうち、一致度が最大となる評価指標を選択し、目的関数として選択した評価指標と、上述の水道プラントの構成に関する制約条件との組を問題構成として定め、当該問題構成を運用計画立案部114および構成・計画表示部153に送信し(ステップ607)、フローを終了する(ステップ608)。

【0078】

運用計画立案装置101は、上述の問題構成学習部112の処理により、互いにトレードオフの関係を有することのある各運転範囲抽出項目に関する運転員の総合的な要求や判断を、各項目の優先順位づけとして過去の運転実績データにもとづいて抽出できる。

【0079】

また、運用計画立案部114は、計画立案時点から所定の将来期間を計画の立案対象期間を対象として、問題構成学習部112から受信した問題構成に基づいて運用計画の立案処理を行う。最適化問題の定式化や最適化問題を解くアルゴリズムは、問題構成学習部112のステップ604での処理と同様である。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 0 】

また、運用計画立案装置 1 0 1 は、上述の運用計画立案部 1 1 4 の処理により、配水池の計画初期水位、ポンプ施設の計画初期運転台数等がどのような組合せであっても、運転範囲抽出部 1 1 1 および問題構成学習部 1 1 2 が抽出した、(経験ある) 運転員の過去の要求や判断を反映した運用計画を立案できる。

【 0 0 8 1 】

なお、運転範囲抽出部 1 1 1 および問題構成学習部 1 1 2 は、例えば数ヶ月ごとの所定の周期にて当該処理を行う。また、運用計画立案部 1 1 4 は、24 時間や 12 時間周期を原則とし、プラント運転状態との解離度に応じて操作者から指示を受けて当該処理を行う。また、運転範囲抽出部 1 1 1 および問題構成学習部 1 1 2 の処理周期の間の期間では、
10

【 0 0 8 2 】

なお、図 7 は、問題構成表示ウィンドウ 7 0 1 の例を示す図である。図 7 を参照して、構成・計画表示部 1 5 3 が表示部 2 0 6 等で表示する問題構成の形態について説明する。

【 0 0 8 3 】

構成・計画表示部 1 5 3 がディスプレイ等の表示部 2 0 6 で表示する問題構成表示ウィンドウ 7 0 1 は、目的関数表示パネル 7 1 1 を有する。構成・計画表示部 1 5 3 は、この目的関数表示パネル 7 1 1 に、問題構成学習部 1 1 2 から得た問題構成のうち、目的関数 (評価指標) の構成を表示する。
20

【 0 0 8 4 】

この目的関数表示パネル 7 1 1 は、目的関数として基本指標の線形演算で定まる評価指標、すなわち式 (2) が選択された場合の例を示す。列 7 2 1 から列 7 2 3 は、基本指標の項目を示し、列 7 2 4 が当該項目のしきい値 (運転範囲抽出部 1 1 1 の計算した範囲の境界値) を示す。列 7 2 5 の逆数と、列 7 2 6 の積が、式 (2) で該当する基本指標 h_{-i} に対する係数 w_{-i} となる。

【 0 0 8 5 】

また、構成・計画表示部 1 5 3 は、この目的関数表示パネル 7 1 1 において、しきい値や重みなどのパラメータの修正を入力として受け付けてもよい。当該修正を受け付けた場合、構成・計画表示部 1 5 3 は、修正後のパラメータを運用計画立案部 1 1 4 に送信する。
30

一方、運用計画立案装置 1 0 1 は、上述の構成・計画表示部 1 5 3 での処理により、操作者に対して、抽出した (経験ある) 運転員の過去の要求や判断を提示し、必要に応じて修正を受け付けることができる。

【 0 0 8 6 】

また、図 8 は、運用計画表示ウィンドウ 8 0 1 の例を示す図である。図 8 を参照して、構成・計画表示部 1 5 3 が運用計画およびその基本指標に関する評価結果を、表示部 2 0 6 等にて操作者に提示する形態について説明する。

【 0 0 8 7 】

この場合の構成・計画表示部 1 5 3 が、ディスプレイ等の表示部 2 0 6 で表示する運用計画表示ウィンドウ 8 0 1 は、項目選択パネル 8 1 1、指標値表示パネル 8 1 2、および
40

、計画詳細表示パネル 8 1 3 を有する。

【 0 0 8 8 】

構成・計画表示部 1 5 3 は、上述の各パネルのうち項目選択パネル 8 1 1 に対して、表示対象とする運用計画および基本指標の項目の選択肢を表示する。また、構成・計画表示部 1 5 3 は、項目選択パネル 8 1 1 にて、操作者からの選択操作を受け付けて、表示する運用計画および基本指標の項目の入力を受け取る。

【 0 0 8 9 】

また、構成・計画表示部 1 5 3 は、指標値表示パネル 8 1 2 に対して、項目選択パネル 8 1 1 で選択された項目を対象に、運転範囲抽出部 1 1 1 が抽出した運転範囲の分布における運用計画の位置づけを表示し、また、対応する基本指標を計算して表示する。
50

【 0 0 9 0 】

また、構成・計画表示部 1 5 3 は、指標値表示パネル 8 1 2 に、運転範囲抽出部 1 1 1 から受信した指標関数 8 2 1 およびしきい値 8 2 2 をグラフ表示し、その上に計画値 8 2 5 を重ねて指標値 8 2 6 を可視化し、運転範囲からの逸脱度 8 2 7 を数値で表示している。

【 0 0 9 1 】

構成・計画表示部 1 5 3 は、計画詳細表示パネル 8 1 3 に対して、構成・計画表示部 1 5 3 から受信した運用計画のうち項目選択パネル 8 1 1 で選択された項目の計画期間における時系列での推移を、計画値時系列 8 3 5 としてグラフ表示している。また構成・計画表示部 1 5 3 は、しきい値 8 3 1 を重ねて表示している。

10

【 0 0 9 2 】

運用計画立案装置 1 0 1 は、立案した運用計画を、上述の構成・計画表示部 1 5 3 の処理により、抽出した運転員の過去の要求や判断の満足度（逸脱度）の観点で評価し、操作者に対して提示できる。

【 0 0 9 3 】

- - - 実施例 2 - - -

本実施例では、運用計画立案装置 1 0 1 が、実施例 1 の構成に加えて監視制御システム 1 0 2 の機器状態に基づいてプラントの運用条件を抽出する運用条件抽出部 9 1 5 を備える例について示す。

【 0 0 9 4 】

この場合の運用計画立案装置 1 0 1 は、問題構成学習部 1 1 2 が運用条件ごとに評価指標の構成に加える変更を探索して計算し、また運用計画立案部 1 1 4 は、運用条件に対応する評価指標の構成を目的関数として選択することとなる。なお、運用計画立案装置 1 0 1 における構成と処理の大部分は上述の実施例 1 と同様のため、重複する説明は繰り返さず、相違点のみ説明する。

20

【 0 0 9 5 】

図 9 は、実施例 2 における運用計画立案装置 1 0 1 の論理構成を示す図であり、具体的には、運用条件抽出部 9 1 5 を備えた運用計画立案装置 1 0 1 を含む運用制御システム 1 0 0 の構成例を示す図である。

【 0 0 9 6 】

本実施例における運用条件抽出部 9 1 5 は、運転実績データ記憶部 1 2 1 より運転実績データを取得し、この運転実績データから水道プラントにおける機器状態の平常時からの相違点を運用条件として抽出し、この運用条件を問題構成学習部 1 1 2 および運用計画立案部 1 1 4 に送信する。

30

【 0 0 9 7 】

例えば、ある期間において、特定の配水池および配水ポンプ施設の設備が電気点検等により一時的に停電したとの情報が運転実績データに含まれている場合、運用条件抽出部 9 1 5 は、この配水池および配水ポンプ施設における停電を、一つの運用条件として抽出する。こうした、運用条件抽出部 9 1 5 が抽出する運用条件は、停電にかぎらず、ポンプ等の機械設備の故障や使用休止、流量計等の計装設備の故障、監視制御システムの一部機能制限等を含む。

40

【 0 0 9 8 】

本実施例における問題構成学習部 1 1 2 は、追加で上述の運用条件抽出部 9 1 5 より運用条件を受信し、平常条件と各運用条件について問題構成を学習し、問題構成を運用計画立案部 1 1 4 および構成・計画表示部 1 5 3 に送信する。本実施例の問題構成学習部 1 1 2 の詳細は、図 1 0 の説明にて後述する。

【 0 0 9 9 】

本実施例の運用計画立案部 1 1 4 は、追加で運用条件抽出部 9 1 5 より、計画対象期間における運用条件を受信し、また、問題構成学習部 1 1 2 より、運用条件に対応した問題構成、特に目的関数とする評価指標の構成を受信し、当該運用条件に対応した問題構成を

50

用いて運用計画を立案し、この運用計画を計画出力部 1 5 2 および構成・計画表示部 1 5 3 に送信するものとなる。

【 0 1 0 0 】

図 1 0 は、本実施例における運用計画立案方法のフロー例を示す図であり、具体的には問題構成学習部 1 1 2 の処理を示すフローチャートである。以後、図 1 0 を参照して本実施例における問題構成学習部 1 1 2 の処理を説明する。

【 0 1 0 1 】

まず、問題構成学習部 1 1 2 は処理を開始する（ステップ 1 0 0 1）。この開始は、入力部 2 0 5 ないし通信制御部 2 0 4 を介して所定装置から所定の指示を受け付けるか、或いは、予め定めた時期の到来を検知して実行されるものとする。

【 0 1 0 2 】

次に、問題構成学習部 1 1 2 は、運転実績データ記憶部 1 2 1 より運転実績データを、運転範囲抽出部 1 1 1 より基本指標の一覧とそれらの計算方法を、また、運用条件抽出部 9 1 5 より過去の運用条件をそれぞれ受信する（ステップ 1 0 0 2）。

【 0 1 0 3 】

次に、問題構成学習部 1 1 2 は、平常条件、すなわち、もっとも典型的で同条件での運転期間の長い運用条件に対して、問題構成を学習する（ステップ 1 0 0 3）。本ステップでは、学習の対象期間 p を、平常条件であった期間内に限定して、図 6 におけるステップ 6 0 3 からステップ 6 0 6 までの処理を行う。

【 0 1 0 4 】

次に、問題構成学習部 1 1 2 は、平常条件以外の各運用条件に対して、問題構成を学習する（ステップ 1 0 0 4）。本ステップでは、学習の対象期間 p を、各運用条件であった期間内に限定し、また、評価指標の構成を、平常条件の指標に近い構成に限定して、図 6 におけるステップ 6 0 3 からステップ 6 0 6 までの処理を行う。

【 0 1 0 5 】

なお、上述の評価指標の構成が、平常条件の指標に近い構成である、とは、例えば、当該運用条件の評価指標を定める定数（式（1）や（2）における w_i や k_i ）のベクトルと、平常条件の評価指標を定める定数のベクトルとの距離が、所定の値よりも小さいことを言う。ベクトル間の距離は、両ベクトルの差の L_1 ノルム、 L_2 ノルムや、異なる要素の数等を用いることができる。

【 0 1 0 6 】

次に、問題構成学習部 1 1 2 は、上述のステップ 1 0 0 3、1 0 0 4 でそれぞれ得た、平常条件と各運用条件に対する問題構成を、運用計画立案部 1 1 4 および構成・計画表示部 1 5 3 に送信し（ステップ 1 0 0 5）、フローを終了する（ステップ 1 0 0 6）。

【 0 1 0 7 】

本実施例の運用計画立案装置 1 0 1 は、上述の運用条件抽出部 9 1 5、問題構成学習部 1 1 2、および、運用計画立案部 1 1 4 での追加処理により、水道プラントにおける機器状態が特殊な運用条件のもとにおける、運用に対する運転員の過去の要求や判断の変化を抽出し、当該機器状態に応じた運用計画を立案できる。

【 0 1 0 8 】

図 1 1 は、運用条件別問題構成表示ウィンドウ 1 1 0 1 の例を示す図である。図 1 1 を参照して、構成・計画表示部 1 5 3 が運用条件別の問題構成を操作者に提示する形態について説明する。

【 0 1 0 9 】

構成・計画表示部 1 5 3 が、ディスプレイ等の表示部 2 0 6 に表示する運用条件別問題構成表示ウィンドウ 1 1 0 1 は、運用条件選択ボックス 1 1 1 0、判定基準表示パネル 1 1 2 0、および、構成変更表示パネル 1 1 3 0 を有する。

【 0 1 1 0 】

構成・計画表示部 1 5 3 は、上述のうち運用条件選択ボックス 1 1 1 0 に、平常時以外の各運用条件をプルダウンメニュー等で選択可能に一覧表示して、操作者による、表示対

10

20

30

40

50

象の運用条件の選択を、入力として受け付ける。図 11 では、「配水池 C 設備停電」すなわち、配水池および配水池 C に設置された配水ポンプ施設の設備が停電した条件が、操作者により選択されている。

【0111】

また、構成・計画表示部 153 は、判定基準表示パネル 1120 にて、上述の運用条件選択ボックス 1110 で選択された運用条件に関する判定基準を表示する。この判定基準表示パネル 1120 のテーブルにおいて、列 1121 には判定に利用するデータ項目が、列 1122 には、当該データ項目に関して上述の運用条件に該当すると判定する条件が表示されている。

【0112】

また、構成・計画表示部 153 は、構成変更表示パネル 1130 にて、上述の運用条件選択ボックス 1110 で選択された運用条件において、平常時の問題構成に対して加える問題構成の変更点を表示する。図 11 の例の場合、テーブルの列 1131 から 1133 は基本指標の項目を示し、列 1134 から列 1136 が変更される数値を示す。

【0113】

本実施例の運用計画立案装置 101 は、上述の構成・計画表示部 153 の処理により、操作者に対して運用条件ごとに抽出した運転員の過去の要求や判断の変化を提示し、必要に応じて修正を受け付けることができる。

【0114】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【0115】

また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の記録装置、または、IC カード、SD カード、DVD 等の記録媒体に置くことができる。

【0116】

こうした本実施形態によれば、プラント個別の状況や運転ノウハウを適宜に反映させた運用計画を立案可能となる。

【0117】

本明細書の記載により、少なくとも次のことが明らかにされる。すなわち、本実施形態の運用計画立案装置において、前記問題構成学習部は、前記基本指標を線形演算および最大値演算により組合せることで前記評価指標を生成するものであるとしてもよい。

【0118】

これによれば、運用計画立案に向けて適宜な評価指標を効率良く生成することが可能となる。

【0119】

また、本実施形態の運用計画立案装置において、前記問題構成学習部は、需要予測の誤差に対する運用計画の頑健性の指標を基本指標として用いるものであるとしてもよい。

【0120】

これによれば、需要予測に対して実需が大きくずれる事態となった場合でも、これに対応して実際のプラント運用に問題が生じないことを運用計画の要点として考慮することが出来る。

10

20

30

40

50

【0121】

また、本実施形態の運用計画立案装置において、前記運転実績データが示す、前記プラントにおける所定機器の状態に基づいて、当該プラントの運用条件を抽出する運用条件抽出部を更に備え、前記問題構成学習部は、前記運用条件ごとに前記評価指標の構成に加える変更を探索するものであり、前記運用計画立案部は、前記運用条件に対応する評価指標の構成を目的関数として選択するものである、としてもよい。

【0122】

これによれば、評価指標の探索を効率良く行うことが可能となる。

【0123】

また、本実施形態の運用計画立案装置において、前記運用計画と、前記運用計画の前記運転範囲からの逸脱度とを、所定装置にて表示する構成・計画表示部を更に備える、としてもよい。

10

【0124】

これによれば、運用計画立案装置のユーザが、立案された運用計画とその内容について容易に認識し、その良否等について理解がしやすくなる。

【0125】

また、本実施形態の運用計画立案装置において、前記探索した評価指標の構成を所定装置にて表示し、前記構成に対する修正指示を受け付ける構成・計画表示部を更に備えるとしてもよい。

【0126】

これによれば、評価指標をユーザの思考や実際状況等に則したものに修正可能となる。

20

【0127】

また、本実施形態の運用計画立案装置において、水道プラントの取送配水プロセスを運用計画立案の対象とし、前記運転範囲抽出部は、取水量、送水量、配水量、配水池水位、ポンプおよびバルブの運転切替操作の回数、間隔、時間帯、の少なくともいずれかについて、前記分布を抽出するものである、としてもよい。

【0128】

これによれば、水道プラントに関する運用計画において、キーとなりうる事象に関して基本指標を特定し、ひいてはこれを用いる評価指標と運用計画における精度を良好なものと出来る。

30

【0129】

また、本実施形態の運用計画立案装置において、水道プラントの取送配水プロセスを運用計画立案の対象とし、前記問題構成学習部は、前記運用計画案と当該期間に関する運転実績データとの一致度を、取水量、送水量、配水量、配水池水位、ポンプおよびバルブの運転切替時刻の差、の少なくともいずれかに基づいて計算するものである、としてもよい。

【0130】

これによれば、水道プラントに関する運用計画において、キーとなりうる事象に関して精度良好な評価指標を特定出来る。

【符号の説明】

40

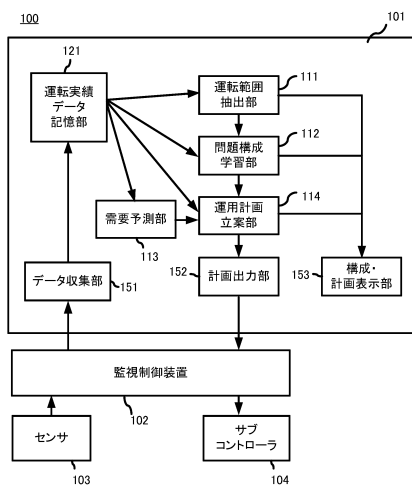
【0131】

- 100 運用制御システム
- 101 運用計画立案装置
- 102 監視制御装置
- 103 センサ
- 104 サブコントローラ
- 111 運転範囲抽出部
- 112 問題構成学習部
- 113 需要予測部
- 114 運用計画立案部

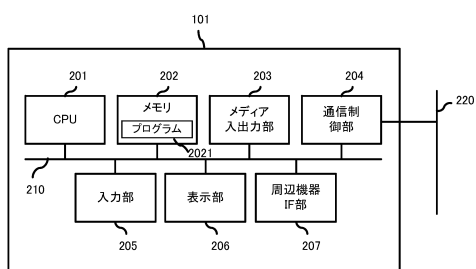
50

- 1 2 1 運転実績データ記憶部
- 1 5 1 データ収集部
- 1 5 2 計画出力部
- 1 5 3 構成・計画表示部
- 2 0 1 CPU
- 2 0 2 メモリ
- 2 0 3 メディア入出力部
- 2 0 4 通信制御部
- 2 0 5 入力部
- 2 0 6 表示部
- 2 0 7 周辺機器 I F 部
- 2 1 0 バス
- 2 2 0 ネットワーク

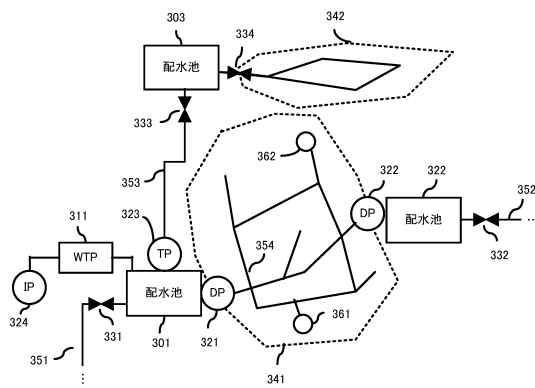
【図 1】



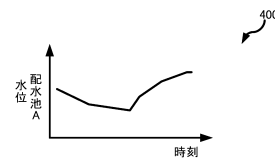
【図 2】



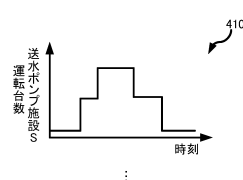
【図 3】



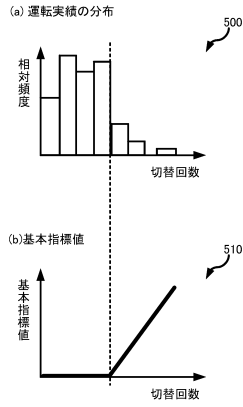
【図 4 A】



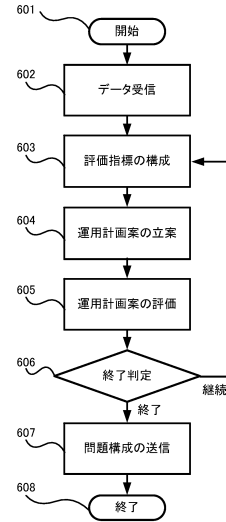
【図 4 B】



【図5】



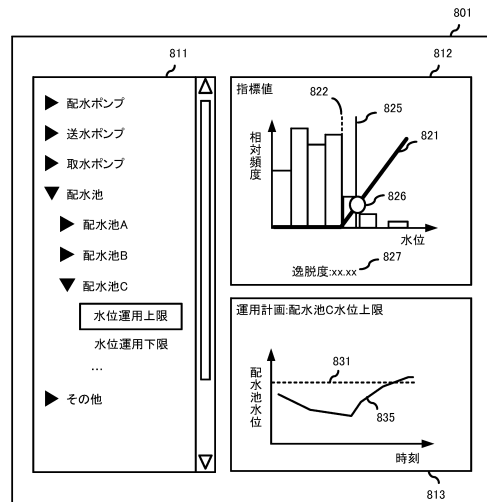
【図6】



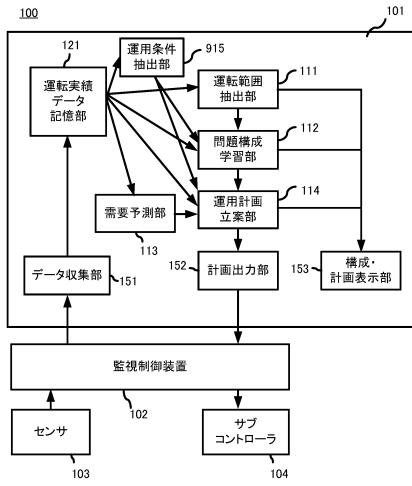
【図7】

区分	施設	項目	閾値	スケール	重み
配水池	配水池A	水位運用上限	5.5	1 m	0.5
配水池	配水池A	水位運用下限	3.0	1 m	1.0
配水池	配水池B	水位運用上限	9.5	1 m	0.5
配水池	配水池B	水位運用下限	6.0	1 m	1.2
配水池	配水池C	水位運用上限	4.5	1 m	0.8
配水池	配水池C	水位運用下限	2.0	1 m	1.5

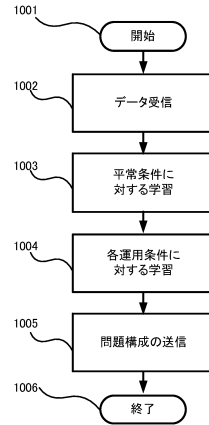
【図8】



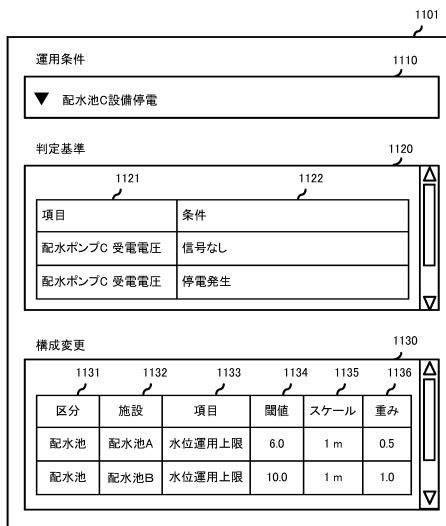
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 武本 剛

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

審査官 中田 善邦

(56)参考文献 特開2013-151833(JP,A)
特開2015-152933(JP,A)
特開平10-133735(JP,A)
特開2012-185658(JP,A)
特開2011-081697(JP,A)
特開2013-030021(JP,A)
特開2011-059968(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0043406(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B 1/00 - 7/04, 11/00 - 13/04,
17/00 - 17/02, 21/00 - 21/02,
23/00 - 23/02