

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-256421

(P2001-256421A)

(43)公開日 平成13年9月21日 (2001.9.21)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト*(参考)
G 0 6 F 19/00	1 2 0	G 0 6 F 19/00	1 2 0 5 B 0 4 9
G 0 5 B 15/02		G 0 5 B 15/02	Z 5 H 0 0 4
G 0 6 F 17/60	1 3 8	G 0 6 F 17/60	1 3 8 5 H 2 1 5
	1 6 2		1 6 2 A 9 A 0 0 1
// G 0 5 B 13/02		G 0 5 B 13/02	K

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2000-66887(P2000-66887)

(22)出願日 平成12年3月10日(2000.3.10)

(71)出願人 000005968

三菱化学株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番2号

(72)発明者 朝倉 立行

岡山県倉敷市潮通3丁目10番地 三菱化学

株式会社水島事業所内

(72)発明者 メティン トゥルカイ

岡山県倉敷市潮通3丁目10番地 三菱化学

株式会社水島事業所内

(74)代理人 100096231

弁理士 稲垣 清

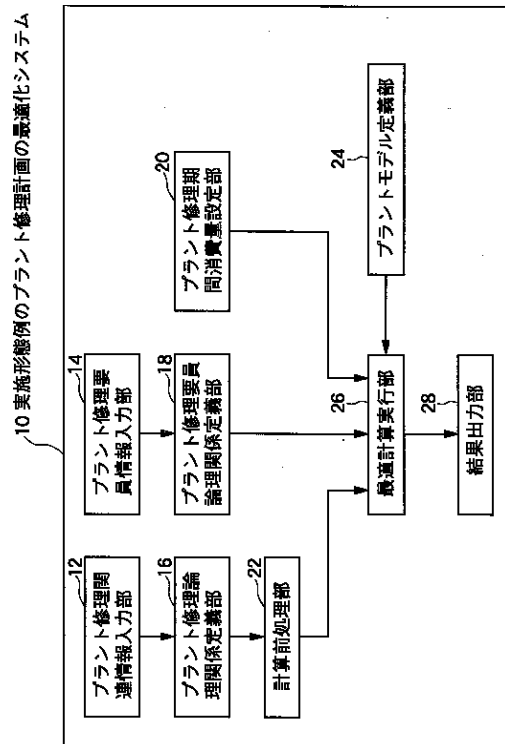
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラント修理計画の最適化システム

(57)【要約】

【課題】 人の経験と勘に従った試行錯誤的なプラント修理計画の策定に代わって、合理的に策定するプラント修理計画の最適化システムを提供する。

【解決手段】 本システム10は、相互に関連するプラントからなるプラント・コンプレックスのプラント修理計画の最適化システムである。本システムは、プラント修理情報及び要員情報がそれぞれ入力される修理情報入力部12及び要員情報入力部14と、プラント修理の論理関係を数理計画問題として定式化する修理論理関係定義部16と、要員の論理関係を数理計画問題として定式化する要員論理関係定義部18と、ユーティリティ情報が入力されるユーティリティ入力部20と、マテリアルバランス式を定義するプラントモデル定義部22と、混合整数型線形数理計画モデルを作成し、プラント・コンプレックスのプラント修理の総所要コストを最小化するようにプラント修理計画を計算する最適化計算部24と、結果を出力する出力部28とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 相互に関連する複数個のプラントからなるプラント・コンプレックスのプラント修理の総所要コストを最小化したプラント修理計画を策定する、プラント修理計画の最適化システムであって、

(1) 各プラント毎のプラント修理所要期間等の個別プラント修理情報、及び、プラント間の原料/製品の接続条件によって各プラントのプラント修理を制約するプラント修理制約条件等のプラント間修理情報が入力され、かつ記憶される修理情報入力部と、

(2) 各プラントのプラント修理に要する職種毎の所要要員数等の要員情報が入力され、記憶される要員情報入力部と、

(3) 修理情報入力部から出力された個別プラント及びプラント間修理情報に基づいて、プラント修理の論理関係を数理計画問題として定式化する修理論理関係定義部と、

(4) 要員情報入力部から出力された要員情報に基づいて、プラント修理に要する修理要員の論理関係を数理計画問題として定式化する要員論理関係定義部と、

(5) プラント修理期間中の各プラント毎のユーティリティ消費量、及びプラント修理期間中のプラント・コンプレックスのユーティリティ生産量を含むユーティリティ情報が入力され、記憶されるユーティリティ入力部と、

(6) 原料及びユーティリティの単価、製品の単価等のコストデータを定義し、各プラントのマテリアルバランス式及び相互に関連する複数個のプラントのマテリアルバランス式を定義するプラントモデル定義部と、

(7) 修理論理関係定義部及び要員論理関係定義部で定式化された関係式、ユーティリティ定義部から出力されたユーティリティ情報、及びプラントモデル定義部から出力されたマテリアルバランス式に基づいて、プラント修理計画の数理計画モデルを作成し、次いで作成した数理計画モデルに基づいて、プラント・コンプレックスのプラント修理の総所要コストを最小化するように計算する最適化計算部と、

(8) 最適化計算部の計算結果を出力する出力部とを備えることを特徴とするプラント修理計画最適化システム。

【請求項2】 最適化計算部による計算の前に、前処理計算として、修理論理関係定義部又は要員論理関係定義部で定式化された関係式を個別に演算して少なくとも一部の整数変数を定数化し、整数変数の数を減少させて関係式を簡略化する前処理計算部を備えていることを特徴とする請求項1に記載のプラント修理計画の最適化システム。

【請求項3】 各プラントのマテリアルバランス式が、製品を単位量生産するのに必要な原料、ユーティリティ等の量的関係を表す原単位式を含むことを特徴とする

請求項1又は2に記載のプラント修理計画の最適化システム。

【請求項4】 プラント修理計画の数理計画モデルが、混合整数型線形数理計画モデルであることを特徴とする請求項1から3のうちのいずれか1項に記載のプラント修理計画の最適化システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラント修理計画の最適化システムに関し、更に詳細には、相互に関連する複数個のプラントからなる複雑な構成のプラント・コンプレックスのプラント修理計画、即ち総所要コストを最小化するようにプラント修理計画を策定するプラント修理計画の最適化システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】石油化学プラント、石油精製プラント、或いはこれらの混合プラント等は、相互に関連する複数個のプラントからなる複雑なプラント・コンプレックスとして構成されている。プラント・コンプレックスは、図6に示すように、外部から供給される原料から第1の中間製品を製造する最も上流のプラントAと、プラントAで製造された第1の中間製品を原料として第2の中間製品を製造するプラントBと、プラントBで製造された第2の中間製品を原料として製品を製造するプラントCと、プラントA、プラントB、及びプラントCからそれぞれ副生する燃料油又は燃料ガスを燃焼させ、蒸気を発生させて供給するボイラ、更にはタービンを駆動して発電し、電力を供給する自家発電装置等のユーティリティ設備を備えている。現実には、プラントAからプラントCの間には、プラントBのみが介在するとは限らず、更に多数のプラントが介在していたり、更にはプラントAからプラントBとは別の系列のプラント列に第1の中間製品が供給されていたり、また、ユーティリティ設備には、プラントAからCに、それぞれ、燃料を供給する燃料設備、冷却水を供給する冷却水装置、不活性ガスを供給するガス設備等がある。

【0003】ところで、プラントを長期間にわたり運転していると、プラントを構成する機器、配管等に疲労、摩耗、破損等が発生して、機器の交換とか、或いは配管の補修を必要とするようになる。そこで、プラント・コンプレックスでは、定期的にプラントの運転を停止して、プラントを構成する機器、配管等を分解、交換、清掃、補修するプラント修理が施される。プラント・コンプレックス内の各プラントは、それぞれ、相互に関連しているため、一部のプラントの運転のみを停止して修理することは難しいので、一般には、プラント・コンプレックスのプラント修理は、プラント・コンプレックス内の全てのプラント、又は大部分のプラントを対象として、通常、プラント・コンプレックスの所定操業期間の終了時に、法令又は内規に従って略定期的に、又はプラ

ントの運転状態によって不定期的に行われる。

【0004】プラント・コンプレックスのプラント修理の際には、プラント・コンプレックス内のプラントの全てを一斉に運転停止して、プラント修理を行うことが、簡単で判り易いものの、プラント修理は、修理工事のために、例えば蒸気、電力等のユーティリティを必要とするので、少なくともボイラーや自家発電設備を停止することはできない。従って、ボイラーに供給する燃料を確保することが必要である。また、経済的な理由から、或いは製品ユーザーの要求に応じて製品を供給するために、プラント・コンプレックスのプラント修理に際しても、各プラントの運転停止期間を最短の期間に抑えたいとする要請がある。そこで、プラント相互間の原料/製品関係に従って、プラント群の運転停止を順次に行い、個別のプラントの運転停止期間を出来るだけ短縮するように計画することが多い。

【0005】プラント・コンプレックスのプラント修理中であっても、出来るだけ多くのプラントを運転して製品又は中間製品を製造するためには、その要求に応じるように、綿密なプラント修理計画を策定することが必要になる。つまり、プラント修理計画は、プラント修理期間中の生産計画をも考慮することが重要になる。プラント修理計画に含まれる生産計画は、全体としてはプラント修理中にあるプラント・コンプレックス中の運転プラントに所要量の原料、ユーティリティ等を供給して所要量の所望製品（以下、原料と製品の流れ的關係及び量的需給関係を留分バランスと言う）を製造する計画であるから、プラント・コンプレックスの生産計画の中でも特に複雑で面倒な作業を必要とする。しかも、運転プラント以外のプラントにはプラント修理を施すので、生産計画に併せて、プラント修理を行うプラントについて、プラント修理に必要な工事を行う作業員（以下、要員と言う。）の人数、建機の数等の制約条件に基づいて各プラントの修理計画を決定することが必要である。

【0006】そこで、従来、次のような手順に従って、プラント・コンプレックスのプラント修理計画を策定している。

(1) 先ず、予め与えられたルールに従って、適当と考えられるプラント修理計画の一次案（初期値に相当する）を人手（マニュアル）によって作成する。

(2) 次に、作成したプラント修理計画の一次案に基づいて、修理要員の制約条件及び留分バランスの条件を満足するかどうかを、シミュレーションなどによって判定する。

(3) 修理要員の制約条件、及び留分バランスの条件の双方が満足されれば、一次案のプラント修理計画を決定案として採用する。

(4) 修理要員の制約条件、及び留分バランスの条件のいずれかが満足されない場合は、再度、別のプラント修理計画を二次案として人手によって作成して、修理要員

の制約条件、及び留分バランスの条件の双方が満足されるまで、(2)から(4)の手順を繰り返す。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した従来の人手によるプラント修理計画では、A案、B案等の複数のプラント修理計画が、仮に修理要員の制約条件及び留分バランスの条件の双方を満足したとしても、数値に基づいて論理的に優劣を決定することができないので、人の経験と勘に従った試行錯誤的な判断によってプラント修理計画を決定せざるを得ないという問題点があった。また、プラント修理の所要コストを最小化するプラント修理計画を策定することができないという問題である。

【0008】本発明は、上記問題点に鑑みて、人の経験と勘に従った試行錯誤的なプラント修理計画の策定に代わって、最適化されたプラント修理計画を合理的に策定するプラント修理計画の最適化システムを提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者は、最適なプラント修理計画を数値に基づいて合理的に策定するには、数理計画法を適用することが必要であると考えた。しかし、数理計画法を適用してプラント修理計画の計算モデルを作成し、計算しようとしても、プラント修理計画の計算モデルは多数の独立変数の関数として構成されているので、実際には、定式化することが困難であり、また、仮に定式化できたとしても、大規模で複雑なプラント・コンプレックスのプラント修理では、プラント修理計画に係わる問題に導入する独立変数の数が膨大になり、現実的な計算時間では最適なプラント修理計画を策定することが難しい。

【0010】そこで、本発明者は、プラント・コンプレックスのプラント修理計画を規定する主要な因子は、プラント修理に要する修理要員の確保と、プラント間のユーティリティを含む原料/製品の留分バランスとであることを見出し、修理要員の制約及び留分バランスを同時に満足させる数理計画問題としてプラント修理計画モデルを定式化し、大規模なプラント・コンプレックスでも、最適なプラント修理計画を短時間で策定できるようにすることを着想し、本発明を發明するに至った。

【0011】上記目的を達成するために、上述の知見に基づいて、本発明に係るプラント修理計画最適化システムは、相互に関連する複数個のプラントからなるプラント・コンプレックスのプラント修理の総所要コストを最小化したプラント修理計画を策定する、プラント修理計画の最適化システムであって、(1)各プラント毎のプラント修理所要期間等の個別プラント修理情報、及び、プラント間の原料/製品の接続条件によって各プラントのプラント修理を制約するプラント修理制約条件等のプラント間修理情報が入力され、かつ記憶される修理情報

入力部と、(2)各プラントのプラント修理に要する職種毎の所要要員数等の要員情報が入力され、記憶される要員情報入力部と、(3)修理情報入力部から出力された個別プラント及びプラント間修理情報に基づいて、プラント修理の論理関係を数理計画問題として定式化する修理論理関係定義部と、(4)要員情報入力部から出力された要員情報に基づいて、プラント修理に要する修理要員の論理関係を数理計画問題として定式化する要員論理関係定義部と、(5)プラント修理期間中の各プラント毎のユーティリティ消費量、及びプラント修理期間中のプラント・コンプレックスのユーティリティ生産量を含むユーティリティ情報が入力され、記憶されるユーティリティ入力部と、(6)原料及びユーティリティの単価、製品の単価等のコストデータを定義し、各プラントのマテリアルバランス式及び相互に関連する複数個のプラントのマテリアルバランス式を定義するプラントモデル定義部と、(7)修理論理関係定義部及び要員論理関係定義部で定式化された関係式、ユーティリティ定義部から出力されたユーティリティ情報、及びプラントモデル定義部から出力されたマテリアルバランス式に基づいて、プラント修理計画の数理計画モデルを作成し、次いで作成した数理計画モデルに基づいて、プラント・コンプレックスのプラント修理の総所要コストを最小化するように計算する最適化計算部と、(8)最適化計算部の計算結果を出力する出力部とを備えることを特徴としている。

【0012】本発明に係るプラント修理計画の最適化システムでは、個別プラント及びプラント間修理情報、要員情報、並びに、留分バランスの情報としてマテリアルバランス式及びユーティリティ情報が最適化の条件として入力され、記憶される。尚、個別プラント及びプラント間修理情報、要員情報、ユーティリティ情報、マテリアルバランス式には、それらに係わるコスト情報も含まれる。また、好適には、マテリアルバランス式は、原単位式を含む。プラント修理計画の最適化システムは、入力装置、記憶装置、演算装置、出力装置等を備える既知の構成のコンピュータを使用して構成することができる。入力部は、キーボード等の入力装置と記憶装置とで構成され、定義部及び最適化計算部は演算装置で構成され、出力部は、画面表示装置、プリンター等の出力装置で構成される。数理計画問題の定式化が完了すれば、実際の最適化計算は、市販の最適化ソルバーなどを利用して最適なプラント修理計画を求めることができる。

【0013】本発明の好適な実施態様では、最適化計算部による計算の前に、前処理計算として、修理論理関係定義部又は要員論理関係定義部で定式化された関係式を個別に演算して少なくとも一部の整数変数を定数化し、整数変数の数を減少させて関係式を簡略化する前処理計算部を備えるようにしても良い。これにより、整数変数の数を減らして、最適化計算部で行う計算の所要計算時

間を短縮することができる。また、本発明に係るプラント修理計画の最適化システムでは、一旦入力された情報を所定の入力部に記憶させ、次回のプラント修理計画の策定の際に読み出して使用するようにすることもできるし、その場合、適時、情報を更新できるようにすることもできる。また、本発明に係るプラント修理計画の最適化システムでは、プラント修理計画の数理計画モデルの種類、構成には制約はないが、実用的には、混合整数型線形数理計画モデルである。ここで、混合整数型線形数理計画モデルとは、線形計画法で定式化される式中の変数に整数変数を含むモデルであって、整数変数とは、本発明方法では、例えばプラントが定期修理期間かどうかを表すために0か1の値をとる変数を言う。

【0014】

【発明の実施の形態】以下に、実施形態例を挙げ、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。

実施形態例

本実施形態例は、本発明に係るプラント修理計画の最適化システムの実施形態の一例であって、図1は本実施形態例のプラント修理計画の最適化システムの構成を示すブロック構成図である。本実施形態例のプラント修理計画の最適化システム10(以下、簡単に最適化システム10と言う)は、図1に示すように、プラント修理関連情報入力部12(以下、簡単に、関連情報入力部12と言う)と、プラント修理要員情報入力部14(以下、簡単に、要員情報入力部14と言う)と、プラント修理論理関係定義部16(以下、簡単に論理関係定義部16と言う)と、プラント修理要員論理関係定義部18(以下、簡単に要員論理関係設定部18と言う)と、プラント修理期間消費量設定部20(以下、簡単に期間消費量設定部20と言う)と、計算前処理部22と、プラントモデル定義部24と、最適化計算実行部26と、結果出力部28とを備えている。

【0015】関連情報入力部12では、プラント修理の対象となる各プラント(プラント修理対象プラント、以下対象プラントと言う)について、個別プラント修理情報及びプラント間修理情報が入力され、記憶される。個別プラント修理情報は、例えば、修理所要期間(修理に要する期間の長さ)、プラント修理を実施できる可能な期間(つまり、プラント・コンプレックスのプラント修理計画から許容できる、期間、以下、プラント修理可能期間と言う)及びプラント・コンプレックスのプラント修理計画の対象期間等を言う。プラント間修理情報は、原料/製品の流れ及び需給関係から相互に関連するプラント間の制約条件、例えばプラントAのプラント修理は、プラントBのプラント修理開始日から3日後に開始しなければならないなどという情報である。

【0016】図2を参照して、対象プラントのプラント修理期間の設定を説明する。図2は、対象プラントをプ

ラントAとした場合の、プラント修理可能期間、プラント修理所要期間、及び計算対象期間の各長さの関係を説明する図である。生産計画計算対象期間（プラント・コンプレックスのプラント修理計画の対象期間）、プラントAのプラント修理可能期間、及びプラントAのプラント修理所要期間の各長さの関係は、図2に示すように、当然のことながら、生産計画計算対象期間はプラントAのプラント修理可能期間より長く、またプラントAのプラント修理可能期間は修理所要期間より長いことが条件である。プラント修理計画は、プラント修理可能期間の中で最適なプラント修理計画を確定することが目的であるから、例えば、プラント修理可能期間が生産計画計算対象期間と等しければ生産計画計算対象期間の中で対象プラントの個別プラント修理計画を策定することになる。

【0017】要員情報入力部14には、対象プラントのプラント修理期間中の必要な職種別の要員数の情報、要員の制約条件などが、例えば、表1に示すように、入力され、記憶される。表1は、Aプラントのプラント修理期間に必要な要員データの例を示す。最適計画計算前はプラント修理計画が確定していないので、プラント修理開始日からの相対日が入力される、つまり、必要とされる要員データはプラント修理開始日から何日目に何人という形でプラント修理開始日からの相対日が入力される。表2は、本実施形態例の最適化システム10で最適なプラント修理計画を策定した結果、5月1日がプラント修理初日となった場合の各日の要員データを示している。

【表1】

計算前のAプラント要員数

相対日	職種	要員数
初日	A	10
2日目	A	5
3日目	B	7
4日目	C	3
5日目	D	10
6日目	E	6
7日目	F	4
:	:	:

$$y_f(p, day) = y_t(p, day) - y_t(p, day - 1) \quad (1)$$

$$y_f(p, day) = 1 \quad (2)$$

$$y_t(p, day) = L_m(p) \quad (3)$$

ここで、インデックスのp、dayは次のものを表す。

p : 各対象プラントの識別番号

day : 各日

y_f(p, day)及びy_t(p, day)は、それぞれ、y_f(p, day)及びy_t(p, day)をday = 対象プラントの修理可能期間の初日から修理可能期間の最終日まで加算することを意味する。すなわち、(1)式、(2)式、及び(3)式は、それぞれ、

【表2】

5月1日が初日の場合の要員数

	職種	要員数
5月1日	A	10
5月2日	A	5
5月3日	B	7
5月4日	C	3
5月5日	D	10
5月6日	E	6
5月7日	F	4
:	:	:

【0018】論理関係定義部16は、以下のようにして、関連情報入力部12から入力された情報をプラント修理論理関係の数理計画問題として定式化する。本実施形態例では、各対象プラントとも、例えば図2に示すような生産計画計算対象期間で1回のみプラント修理を実施する場合のプラント修理論理関係を定式化している。尚、生産計画計算対象期間内で複数回にわたりプラント修理を実施する場合も同様な定式化が可能である。

【0019】1)第1ステップ先ず、次の(1)から(3)式を確立する。

各対象プラント毎に一つの式、従ってそれぞれ、p個の式から構成されている。以下の も同様である。

【0020】y_f(p, day)は、対象プラントpの各日dayがプラント修理開始日かどうかを表すための0又は1の整数変数であって、dayが開始日であれば1、開始日でなければ0となる。y_t(p, day)は、対象プラントpの各日dayがプラント修理期間中かどうかを表すための0又は1の整数変数であって、d

10

20

50

ay がプラント修理期間中であれば1、そうでなければ0となる。Lm(p)は、対象プラントpのプラント修理所要期間の長さを表す。(1)、(2)及び(3)式を確立することにより、プラント修理所要期間は、初日からプラント修理所要期間の連続した日の期間であることを表現している。

【0021】2)第2ステップ

$$y f ('A', d a y) - y f ('B', d a y + x) = 0 \quad (4)$$

ここで、yf('A', day)は、プラントAの各日dayがプラント修理初日かどうかを表すための0又は1の整数変数であって、yf('A', day)はプラント

$$y f ('A', d a y) - \{ y f ('B', d a y) + y f ('B', d a y + 1) + \dots + y f ('B', d a y + x) \} = 0 \quad (5)$$

【0022】要員論理関係定義部18は、以下のようにして、要員情報入力部14から入力された情報をプラント修理要員論理関係の数理計画問題に定式化する。本実施形態例では、各対象プラントについて、例えば表1に示すように、プラント修理期間中の各日(プラント修理初日からの相対日)に必要な職種別の要員数が与えられ

$$L a b l (p, c o m p, c l a s s, d a y f, d a y) = M \times N \quad (6)$$

ここで、M: Labor(p, comp, class, sr)、要員情報入力部14から入力された各プラントのプラント修理初日からの相対日で与えられた必要要員数を表す。

N: yf(p, dayf)、プラントpのdayfがプラント修理初日であれば1、そうでなければ0となる0又は1の整数変数である。

【0024】p: 対象プラントの識別番号
comp: 要員を採用する会社名を示す識別番号
class: 要員の職種を示す識別番号
sr: 各プラント修理開始日からの相対日で何日目かを表す。

dayf: プラント修理期間の初日(初日になることができる日)

day: プラント修理期間の日を表す。

【0025】(6)式により、Labl(p, comp, class, dayf, day)は、プラント修理初日をdayfとした時の各日の必要要員数を設定する。従って、yf(p, dayf)が1の場合(dayfは計算結果としてプラント修理初日となる日)についてのみ、(6)式により、Lablに値が設定されることとなる。また、(6)式の他に、要員上限制約式等の制約式が、数理計画問題として定式化される。

【0026】期間消費量設定部20は、プラント修理期間中に消費する電力、蒸気等のユーティリティ消費量のデータ、プラントの停止操作、起動操作中のユーティリティ生産量などが入力される。尚、ユーティリティ情報

* 次いで、対象プラント間のプラント修理開始日の関係を確立する。次の各式は、対象プラント間のプラント修理開始日の関係を表す式の一例である。

① プラントAのプラント修理開始後x日経過した後に、プラントBのプラント修理を開始しなければならない場合

*

修理初日であれば1、そうでなければ0である。② プラントAのプラント修理開始後x日以内に、プラントBのプラント修理を開始しなければならない場合

ていて、それに基づいて、要員を採用する会社、採用する地域などによる要員単価差を考慮してプラント修理計画を最適化する場合について説明する。

【0023】各対象プラントの各日に必要な要員数は、次のように定式化される。

は、プラント修理計画が確定していないので、プラント修理開始日からの相対日で入力される。表3から表5は、一例としてプラントAのプラント修理中の消費量データ、例えば電力の消費量の例を示す。表3は入力データであるから、プラント修理初日からの相対日で表された電力消費量を示す。表4は本実施形態例の最適化システム10で最適なプラント修理計画を策定した結果、5月4日がプラント修理初日となった場合の各日の電力消費量を示し、表5は同じく5月1日がプラント修理初日となった場合の各日の電力消費量を示している。

【表3】

計算前の消費量

相対日	消費量
初日	0
2日目	0
3日目	3
4日目	4
5日目	5
6日目	0
7日目	2

【表4】

5月4日が初日の場合

	消費量
5月4日	0
5月5日	0
5月6日	3
5月7日	4
5月8日	5
5月9日	0
5月10日	2

【表5】

5月1日が初日の場合

	消費量
5月1日	0
5月2日	0
5月3日	3
5月4日	4
5月5日	5
5月6日	0
5月7日	2

【0027】計算前処理部22は、関連情報入力部12から入力されたプラント修理期間の情報に基づいて論理関係定義部16で作成された数理計画問題において以下に説明する手順で整数変数の数を大幅に削減している。

i) 第1の削減手法

図3を参照して、第1の削減手法を説明する。図3はプラントAのプラント修理の日となり得る日の例を示す線図である。第1の削減手法では、プラント修理となり得る日については、 $y_t(p, day)$ の値を固定することにより、0, 1の整数変数の数を削減する。プラントAの最先修理開始日はプラントAの修理可能期間の初日であり、プラントAの最後修理開始日はプラントAの修理可能期間の最終日が、プラントAの修理所要期間の最終日と一致するような開始日である。図3に示すように、プラントAの修理可能期間の内、最も早くプラント修理開始した場合、最も遅くプラント修理開始した場合のどちらの場合でも、プラント修理中となる期間Sの各日は $y_t(p, day)$ を1に固定する。

【0028】ii) 第2の削減手法

図4を参照して、第2の削減手法を説明する。図4は同 *

$$(r, p, m, day) \times x(p, m, day) = b(r, day) \tag{7}$$

$$x_{min} \leq x(p, m, day) \leq x_{max} \tag{8}$$

$x_{min} : x_L(p, m, day)$

$x_{max} : x_U(p, m, day)$

ここで、インデックスのp, m, dayは次のものを示す。

p : 対象プラントの識別番号

m : 生産、又は消費される製品及びユーティリティ等の識別番号

day : 生産計画計算対象の各日を表す。

* j日にプラント修理を開始する必要のある対象プラントに関しての前処理計算の一例を示す線図である。第2の削減手法では、プラント間のプラント修理開始日の関係を利用して整数変数を削減する。この場合、プラントAのプラント修理可能期間の開始日は、プラントBのプラント修理可能期間の開始日より早いので、同じ日にプラント修理を開始するために、図4に示すように、プラントAのプラント修理可能期間の開始日をプラントBのプラント修理可能期間の初日と同じ日にする。

【0029】また、図5を参照して、別の第2の削減手法を説明する。図5は、同じ日にプラント修理を開始する必要のあるプラントに関しての前処理の別の例を示す線図である。ここでは、プラントAのプラント修理可能期間とプラントAの最も遅く定期修理を開始した場合のプラント修理所要期間との関係、及び、プラントBのプラント修理可能期間とプラントBの最も遅くプラント修理を開始した場合のプラント修理所要期間との関係は、図5に示されている。

【0030】先ず、図5から、プラントA及びプラントBの最も遅くプラント修理を開始した計画のプラント修理初日を比較する。プラントBの方の初日が早ければ、プラントAの最も遅く開始したプラント修理の初日は、プラントBの最も遅くプラント修理を開始した場合の初日と同じでなければならない。即ち、プラントAとプラントBのプラント修理開始日は同じ日でなければならない。従って、プラントAのプラント修理可能期間の最終日は、プラントBの最も遅くプラント修理を開始した場合のプラント修理初日にプラントAのプラント修理長さを加えた日数に短縮できる。

30 【0031】プラントモデル定義部24は、プラントで所定量の製品を生産するのに必要な原料の量、ユーティリティの量等の関係(プラントの生産特性)、プラント各製品の量、ユーティリティの消費量等の間の関係を以下のような数理計画モデルとして定式化する。この手法は、一般に広く知られている方法であり、数理計画の問題として定式化されていれば、どのようなものでも良い。

【0032】以下の式は、プラントモデルの数理計画モデルとしての定式化例である。

(p, m, day) × x(p, m, day) は、各r(マテリアルバランス式)毎に、かつ各day毎に、各式の係数が0でない(p, m, day) × x(p, m, day)を加算したものである。すなわち、(7)式は、各プラントの原単位式、各製品、ユーティリティ間の流れの結合関係式等から構成される、プラント・コンプレックス全体の各製品、ユーティリティ等のマテリアルバランスを表している。xは、最適なプ

ラント修理計画によって求められる、各製品の生産量、原料消費量、ユーティリティ消費量等の変数である。 $b(r, day)$ は、各対象プラントの原単位式、各製品、ユーティリティ間の流れの結合関係式等における定数項を表す。

【0033】従って、(7)式は、各対象プラントの原単位式、各製品、ユーティリティ間の流れの結合関係式等から構成されるプラント・コンプレックス全体の各製品、ユーティリティ等のマテリアルバランスを表している。また、(8)式の x_L は各変数 x の下限値、及び x_U は各変数 x の上限値を表す。

【0034】最適化計算実行部26は、要員論理関係定義部18、期間消費量定義部20、計算前処理部22、及びプラントモデル定義部24の作業結果に基づいて全体を1つの数理計画問題として定義して、プラント修理計画の混合整数型線形数理計画モデルを作成し、最適化計算を実施する。上述した数理計画問題の定式化が完了すれば、最適化計算を行う。最適化計算では、プラント修理期間中の要員コスト、原料、燃料等の購入コスト等を含む合計コストが最小となるように計算して、プラント修理計画を決定する。実際の最適化計算は、市販の最適化ソルバーなどを利用して最適なプラント修理計画を求めることが可能である。さらに、結果出力部28は、最適化計算実行部26で得られた最適なプラント修理計画をユーザが見やすいように液晶表示装置等の画像表示装置、プリンターに出力する。計算結果の最適化されたプラント修理計画は、例えばガントチャート表示、各プラントの生産計画表などが表示される。

【0035】最後に、結果出力部28に表示されたプラント修理計画に基づき、実際のプラント修理の工事要員の手配やプラントの停止計画などのプラントの修理計画を実施する。

【0036】計算例

本計算例は、上述の実施形態例のプラント修理計画の最適化システム10を使って具体的なデータに基づいたプラント修理計画の最適化計算を行った例である。

(1) プラントモデル定義部への入力データ

本計算例で、プラント修理計画の最適化システム10のプラントモデル定義部24には以下に挙げるデータが入力された。

1) 各プラントの原単位式の係数および定数項

2) 各プラントの原料消費量、製品生産量の上下限值、ユーティリティ消費量、発生量上下限值などの各種上下限制約値

3) 原料単価、燃料単価、製品単価等の購入単価、販売単価

【0037】(2) 関連情報入力部及び要員情報入力部への入力データ

プラント修理計画関係入力データとして、関連情報入力部12及び要員情報入力部14に、各修理対象プラントに関して以下のデータが入力される。

1) 修理計画基本情報

各プラント毎の修理可能期間、修理期間長さとして表6に示すデータが入力される。

【表6】

プラント修理計画基本情報の例
(修理可能期間、修理期間)

プラント	修理可能期間	修理期間長さ
プラントA	5/1 ~7/31	20
プラントB	5/10~7/31	25
プラントC	5/1 ~7/15	30
プラントD	5/20~6/30	30
:	:	:

2) プラント間の修理開始日間の関係

プラント間の修理開始日間の関係として、プラントAはプラントBの修理開始2日後に修理開始する等の関係が表7に示すデータで入力される。

【表7】

プラント間の定修開始日の関係の入力例

フラグの意味：1→日数で指定された日後に修理開始する

2→日数で指定された日数後までに修理開始する

プラント1	プラント2	フラグ	日数
プラントA	プラントC	1	4
プラントC	プラントB	1	2
プラントA	プラントD	2	5
:	:	:	:

- ・1行目はプラントCの修理開始日はプラントAの修理開始日の4日後とすることを意味する。
- ・3行目はプラントDの修理開始日はプラントAの修理開始日から5日以内にすることを意味する。

3) 修理期間中のユーティリティ消費量、生産量
修理期間中のユーティリティ消費量、生産量として表8
に示すデータが修理開始日からの相対日で入力される。

【表8】

修理期間中の消費量の例

プラントAの電力消費量

相対日	消費量
初日	0
2日目	0
3日目	3
4日目	4
5日目	5
6日目	0
7日目	2
:	:

【0038】4) 各プラント毎の修理要員必要数
各プラント毎の修理要員必要数として表9に示すデータ
が、プラント毎、各日毎にどのような職種でどの工事会
社の要員が何人必要という形で、修理開始日からの相対
日で与えられる。

【表9】

各プラント毎修理開始日からの相対日で表された必要な要員数の例

プラント	会社名	職種	相対日	必要要員数
プラントA	CompA	A	1	5
プラントA	CompA	A	4	4
プラントA	CompA	A	5	3
プラントA	CompA	A	6	3
プラントA	CompA	P	1	2
プラントA	CompA	P	6	2
プラントA	CompA	P	17	3
プラントA	CompB	C	1	10
プラントA	CompB	C	2	8
プラントA	CompB	C	3	12
プラントA	CompB	C	4	12
:	:	:	:	:

上表入力データの意味：例えば1行目はプラントAの修理開始から1日目（初日）にCompA会社の、職種がAの要員、が5名必要、2行目以降も同様

5) 修理要員の採用上の制約条件

修理要員の採用上の制約条件として、各工事会社毎、職種、採用地域毎の要員単価、採用可能な要員数上限とし

て表10に示すデータが入力される。要員単価は各会

社、職種、採用地域毎の要員単価、最大採用可能要員数の例

* 社、職種毎に採用する地域（例えば同じ市内、県内、県外等）により異なる。

【表10】

採用地域の数字の意味

- 1：市内から採用可能な要員
- 2：県内市外から採用可能な要員
- 3：県外から採用可能な要員

会社名	仕事種	採用地域	最大要員数	要員単価/人
CompA	A	1	35	100
CompA	A	2	0	150
CompA	A	3	100	300
CompA	B	1	0	150
CompA	B	2	43	200
CompA	B	3	150	250
CompB	C	1	50	120
CompB	C	2	100	200
:	:	:	:	:

【0039】尚、各日毎の入力データは、最適化計算の結果として修理期間が確定されるのであって、修理期間は入力時点で確定していないため、修理開始日からの相対日で設定される。

【0040】(3) 目的関数

最適化計算実行部26で計算する目的関数は、プラントの生産計画と修理計画要員を同時に考慮して最適化を

施するために、次のように構成されている。

最小化： $\{ - (製品生産量 \times 製品単価) + (原料消費量 \times 原料単価) + (燃料消費量 \times 燃料単価) + (要員数 \times 要員単価) \}$

【0041】ここで、一番外側の " $\{ \}$ " は各日毎の値を計算対象期間全てにわたって加算することを意味する。 $(製品生産量 \times 製品単価)$ は、各製品毎の(製品

生産量×製品単価)を全ての製品について加算することを意味する。(原料消費量×原料単価)は、各原料毎の(原料消費量×原料単価)を全ての原料について加算することを意味する。(燃料消費量×燃料単価)は、各燃料毎の(燃料消費量×燃料単価)を全ての燃料について加算することを意味する。(要員数×要員単価)は、各プラント、各下請け会社、各職種、採用地域毎に(要員数×要員単価)を加算することを意味する。ここで、要員のコストに関しては、修理期間中に必要な*

- 1) 各プラントの最適修理計画(グラフで表示される) 図7
- 2) 各プラント毎の各日の会社、職種毎の要員数グラフ 図8

図7は、実施形態例のプラント修理計画の最適化システムによって得たプラントAからSの定期修理期間をそれぞれ示すガントチャートである。また、図8は、実施形態例のプラント修理計画の最適化システムによって得たプラントAの職種Fの最適要員数を示すグラフである。

【0043】

【発明の効果】本発明によれば、プラント修理計画に関する独立変数を、個別プラント修理情報、プラント間修理情報、要員情報、ユーティリティ情報、マテリアルバランス式の特変数に限定して、修理要員、留分バランス等の制約条件を同時に満足させる数理計画問題としてプラント修理計画モデルを定式化し、大規模なプラント・コンプレックスでも、最適なプラント修理計画を比較的短時間で策定できる、プラント修理計画の最適化システムを実現している。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例のプラント修理計画の最適化システムの構成を示すブロック構成図である。

【図2】プラント修理可能期間、プラント修理期間長さ、及び計算対象期間との間の関係を説明する図である。

【図3】プラントAのプラント修理の日となり得る日の例を示す線図である。

* 要員の数は、入力データとして与えられるので、各プラントの修理計画を最適化することにより要員単価が安い地域から要員を採用することにより、トータル的要員コストを最小化することになる。

【0042】(4)最適計算結果出力データ

各プラント毎の各日の原料消費量、製品生産量、ユーティリティ消費量等のデータ(一覧表として出力)が、図7及び図8に示すように出力される。

【図4】同じ日にプラント修理を開始する必要がある対象プラントに関しての前処理計算の一例を示す線図である。

【図5】同じ日にプラント修理を開始する必要があるプラントに関しての前処理の別の例を示す線図である。

【図6】プラント・コンプレックスの構成を示す模式図である。

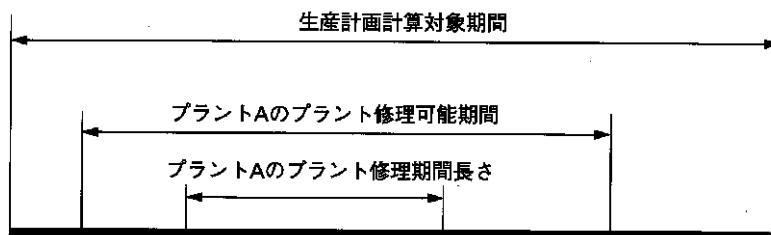
【図7】プラントAからSの定期修理期間をそれぞれ示すガントチャートである。

【図8】プラントAの職種Fの最適要員数を示すグラフである。

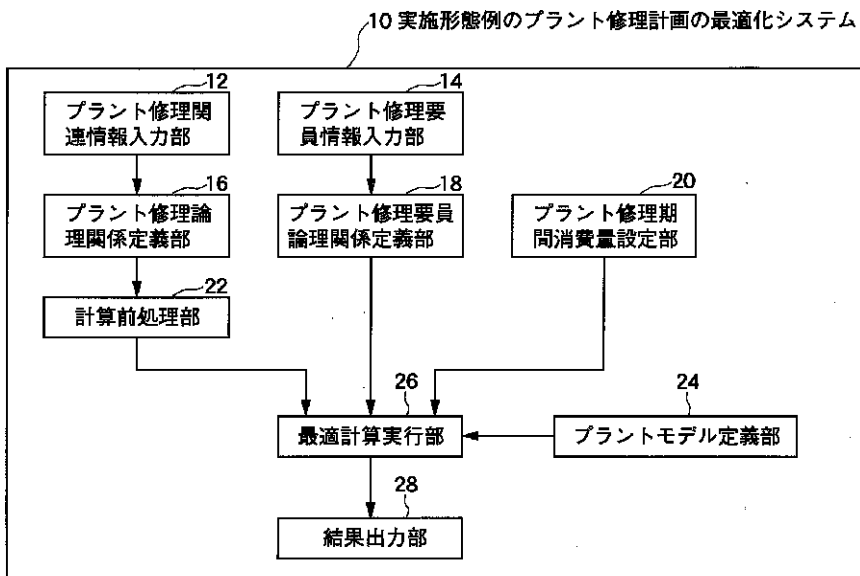
【符号の説明】

- 10 実施形態例のプラント修理計画の最適化システム
- 12 プラント修理関連情報入力部
- 14 プラント修理要員情報入力部
- 16 プラント修理論理関係定義部
- 18 プラント修理要員論理関係定義部
- 20 プラント修理期間消費量設定部
- 22 計算前処理部
- 24 プラントモデル定義部
- 26 最適化計算実行部
- 28 結果出力部

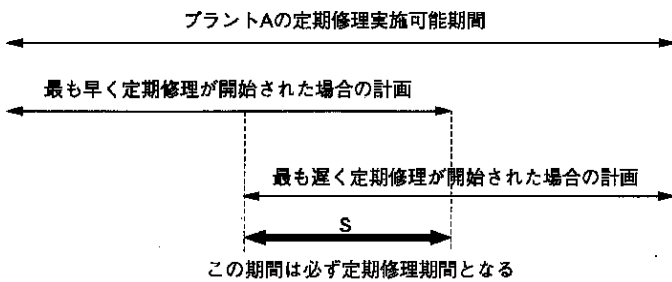
【図2】



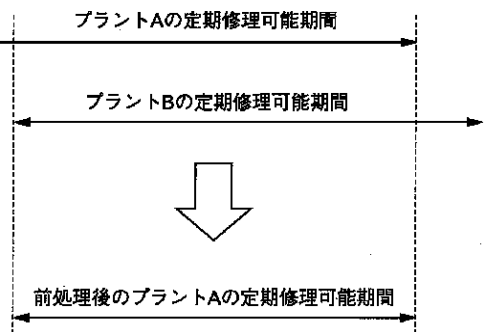
【図1】



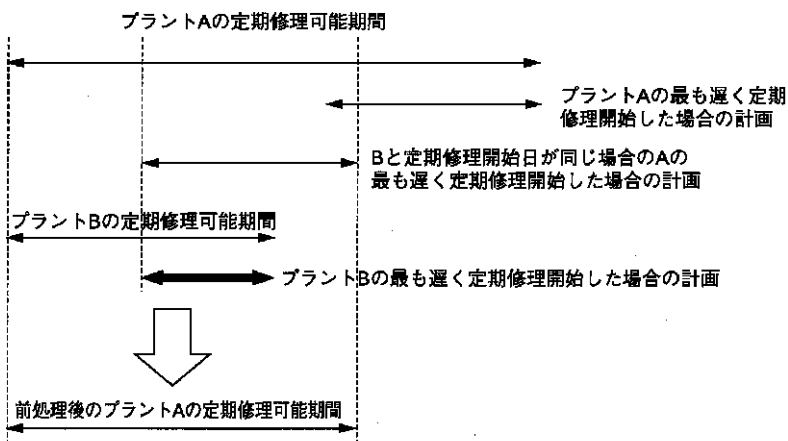
【図3】



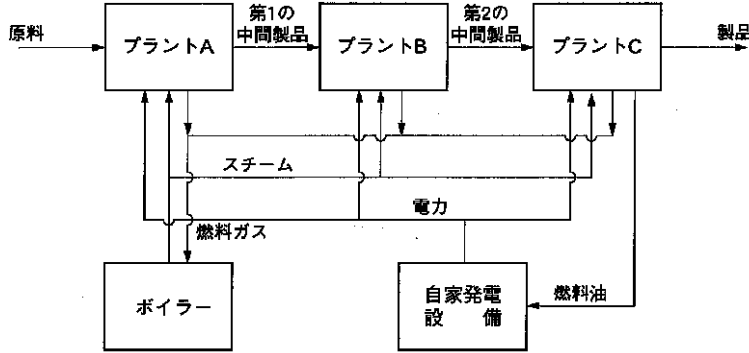
【図4】



【図5】



【図6】



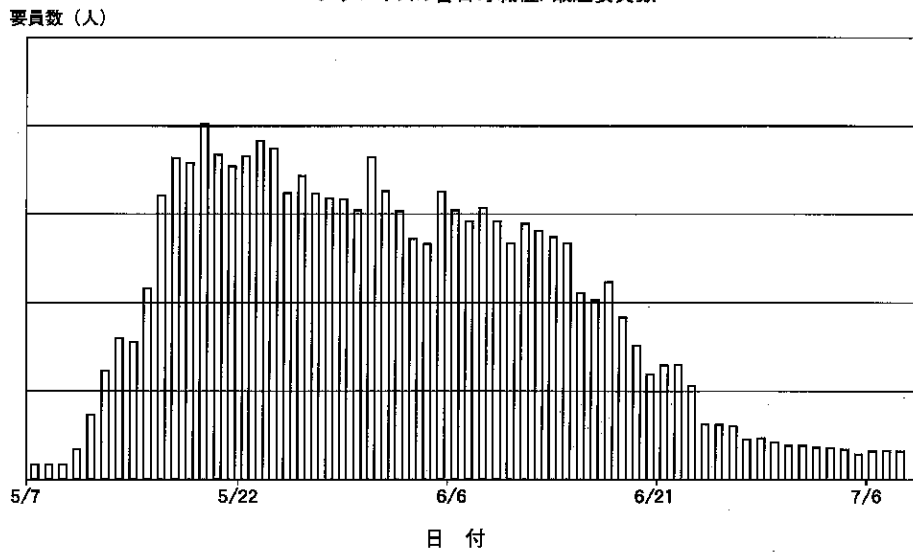
【図7】

最適定期修理スケジュール結果例 (各プラント毎のスケジュール)



【図8】

プラントAの各日毎職種F最適要員数



フロントページの続き

(72)発明者 政岩 義久
岡山県倉敷市潮通3丁目10番地 三菱化学
株式会社水島事業所内

(72)発明者 大西 治佳
岡山県倉敷市潮通3丁目10番地 三菱化学
株式会社水島事業所内

(72)発明者 竹下 聡彦
岡山県倉敷市潮通3丁目10番地 三菱化学
株式会社水島事業所内

Fターム(参考) 5B049 AA06 BB07 CC11 CC32 DD01
EE03 EE32 FF03 GG04 GG07
5H004 GA27 GA30 GB01 GB10 KC06
KC10 KC12 KC13 LA15 MA40
MA50
5H215 AA01 BB01 BB14
9A001 HH34 JJ61 KK54 LL09