(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2010 年 6 月 24 日(24.06.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/071158 A1

(51) 国際特許分類:
G06Q 50/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/070996

(22) 国際出願日: 2009 年 12 月 16 日(16.12.2009)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2008-324752 2008 年 12 月 19 日(19.12.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 中国電力株式会社 (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 Hiroshima (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大江 隆二 (OE, Ryuji) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 小野 宏昭 (ONO, Hiroaki) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 岩田 数典 (IWATA, Kazunori) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 川上 万由佳 (KAWAKAMI, Mayuka) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP).

(74) 代理人: 一色国際特許業務法人 (ISSHIKI & CO.); 〒1050004 東京都港区新橋２丁目１２番７号 労金新橋ビル Tokyo (JP).

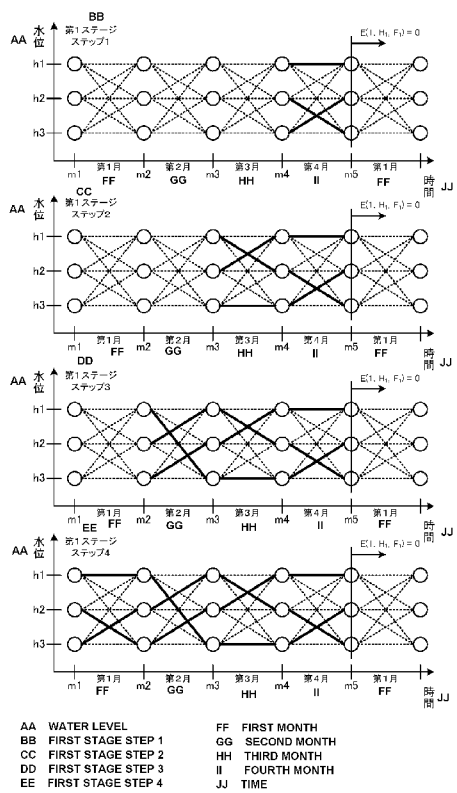
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,

[続葉有]

(54) **Title**: SYSTEM FOR AIDING OPERATION OF RESERVOIR FACILITY, METHOD FOR AIDING OPERATION OF RESERVOIR FACILITY, AND PROGRAM

(54) 発明の名称 : 貯水施設運用支援システム、貯水施設運用支援方法およびプログラム

[図27]



(57) **Abstract**: The electric energy generated by hydraulic power can be increased. An operation plan system (30) includes an optimum water level database (334) storing the optimum water level at the end of every month associated with the water level Hm at the start time point of every month and the inflow of one month. The operation plan system (30) reads the water level at the start time point of every month and the optimum water level corresponding to a predicted value of the inflow out of the optimum water level database (334) and sets the read-out optimum water level as the water level at the start time point of the next month. The operation plan system (30) acquires the water level at the current time point at the end of every month and predicted values of the inflow the next month and beyond, sets the current water level as that at the start time point of the next month, reads the optimum water levels of the next month and beyond out of the optimum water level database (334), and updates the water level plan according to the read-out optimum water levels.

(57) 要約: 【課題】水力発電による発電電力量を大きくすることができる。 【解決手段】運用計画システム３０は、各月の開始時点における水位Ｈｍと、１ヶ月の流入量とに対応づけて、前記月末における最適な水位である最適水位を記憶する最適水位データベース３３４を備える。運用計画システム３０は、各月の開始時点における水位および流入量の予測値に対応する最適水位を最適水位データベース３３４から読み出すとともに、読み出した最適水位を次月の開始時点における水位としていく。また、運用計画システム３０は、各月の終了時に、現在時点における水位と、次月以後における流入量の予測値を取得し、現在の水位を次月の開始時点における水位として、次月以後の各月について最適水位を最適水位データベース３３４から読み出していき、読み出した最適水位により水位計画を更新する。

WO 2010/071158 A1

SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ：

貯水施設運用支援システム、貯水施設運用支援方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、貯水施設運用支援システム、貯水施設運用支援方法およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 水力発電を効率的に行うために、コンピュータによる運用支援システムが用いられている。例えば、特許文献１（特開２００６－３９８３８号公報）では、１日の放水水量に基づいて自動計算した発電機運転計画及び水位計画や、過去の発電機運転計画及び水位計画の実績データなどを表示し、必要に応じて修正を受け付けて発電運用計画を作成している。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] しかしながら、特許文献１に記載の装置では、放水量や実績に応じて水位を計画しているものの、水位計画と発電電力との関係に着目しておらず、発電電力を増加させるような水位の計画を行うことはできない。

[0004] 本発明は、このような背景を鑑みてなされたものであり、水力発電による発電電力量を大きくすることができるように貯水施設の運用を支援するシステム、方法及びプログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] 上記課題を解決するための本発明のうち主たる発明は、水力発電のための貯水施設の運用を支援するシステムであって、所定の運用期間を構成する単位期間の開始時点における水位と、前記単位期間における前記貯水施設への流入量とに対応づけて、前記単位期間の終了時点における最適な水位である最適水位を記憶する最適水位テーブルと、前記運用期間の開始時点における前記貯水施設の水位を取得する水位取得部と、前記各単位期間における流入

量の予測値を取得する予測流入量取得部と、前記各単位期間について、前記開始時点における水位および当該単位期間における前記流入量の予測値に対応する前記最適水位を前記最適水位テーブルから読み出すとともに、読み出した前記最適水位を当該単位期間の次の単位期間の開始時点における水位としていく水位計画部と、前記各単位期間についての前記最適水位を記憶する水位計画記憶部と、を備え、前記各単位期間の終了時に、前記水位取得部は、現在時点における前記貯水施設の水位である現在水位を取得し、前記予測流入量取得部は、当該単位期間の次の単位期間以後における前記流入量の予測値を取得し、前記水位計画部は、前記現在水位を前記次の単位期間の開始時点における水位として、前記次の単位期間以後の前記各単位期間について前記最適水位を前記最適水位テーブルから読み出していき、前記読み出した最適水位により前記水位計画記憶部を更新することとする。

[0006] また、本発明の貯水施設運用支援システムでは、前記予測流入量取得部は、前記各単位期間における複数の前記流入量の予測値と、当該予測値の発生確率とを取得し、前記最適水位テーブルは、前記貯水施設がとりうる各水位と、前記各単位期間における前記流入量の予測値と、前記流入量の予測値の発生確率とに基づいて、確率的動的計画法により作成されるようにしてもよい。

[0007] また、本発明の貯水施設運用支援システムでは、前記単位期間ごとに、前記流入量の実績値を記憶するデータベースと、ある第１単位期間の直前の第２単位期間における前記流入量と所定の定数である均衡流入量との差を説明変数とし、前記第２単位期間から前記第１単位期間までの前記流入量の増加量を目的変数とする統計モデルを記憶するモデル記憶部と、前記データベースに記憶されている前記流入量の実績値、および前記統計モデルに基づいて回帰分析を行い、前記説明変数についての回帰係数および前記均衡流入量を推計する流入量モデル推計部と、前記各単位期間について、当該単位期間である第１単位期間の直前の第２単位期間に対応する前記流入量の第１の実績値、および前記第１期間に対応する前記流入量の第２の実績値を前記データ

ベースから読み出し、前記推計した均衡流入量から前記第２の実績値を引いたものに前記回帰係数を乗じた値を、前記第１および第２の実績値の差から引いた値である残差項を算出して、前記残差項の頻度分布を生成する残差項頻度分布生成部と、前記各単位期間について、前記第２単位期間に対応する前記流入量の第１の実績値、および前記第１単位期間に対応する前記流入量の第２の実績値を前記データベースから読み出し、前記推計した均衡流入量から前記第２の実績値を引いたものに前記回帰係数を乗じたドリフト項を算出して、前記ドリフト項の頻度分布を生成するドリフト項頻度分布生成部と、前記残差項の頻度分布および前記ドリフト項の頻度分布を加算して前記流入量の頻度分布を生成し、前記流入量の頻度分布から前記流入量の発生確率分布を生成する確率分布生成部と、を備え、前記予測流入量取得部は、前記流入量がとりうる所定の範囲の値のそれぞれを前記流入量の予測値として、前記発生確率分布に基づき前記流入量の予測値の発生確率を算出するようにしてもよい。

[0008] また、本発明の他の態様は、水力発電のための貯水施設の運用を支援する方法であって、所定の運用期間を構成する単位期間の開始時点における水位と、前記単位期間における前記貯水施設への流入量とに対応づけて、前記単位期間の終了時点における最適な水位である最適水位を記憶する最適水位テーブルを備えるコンピュータが、前記運用期間の開始時点における前記貯水施設の水位を取得し、前記運用期間の開始前に、前記各単位期間における流入量の予測値を取得し、前記各単位期間について、前記開始時点における水位および当該単位期間における前記流入量の予測値に対応する前記最適水位を前記最適水位テーブルから読み出すとともに、読み出した前記最適水位を当該単位期間の次の単位期間の開始時点における水位としていき、前記各単位期間についての前記最適水位をメモリに記憶し、前記各単位期間の終了時に、現在時点における前記貯水施設の水位である現在水位を取得し、当該単位期間の次の単位期間以後における前記流入量の予測値を取得し、前記現在水位を前記次の単位期間の開始時点における水位として、前記次の単位期間

以後の前記各単位期間について前記最適水位を前記最適水位テーブルから読み出していき、前記読み出した最適水位により前記メモリを更新することとする。

[0009] また、本発明の他の態様は、水力発電のための貯水施設の運用を支援するためのプログラムであって、所定の運用期間を構成する単位期間の開始時点における水位と、前記単位期間における前記貯水施設への流入量とに対応づけて、前記単位期間の終了時点における最適な水位である最適水位を記憶する最適水位テーブルと、を備えるコンピュータに、前記運用期間の開始時点における前記貯水施設の水位を取得するステップと、前記運用期間の開始前に、前記各単位期間における流入量の予測値を取得するステップと、前記各単位期間について、前記開始時点における水位および当該単位期間における前記流入量の予測値に対応する前記最適水位を前記最適水位テーブルから読み出すとともに、読み出した前記最適水位を当該単位期間の次の単位期間の開始時点における水位としていくステップと、前記各単位期間についての前記最適水位をメモリに記憶するステップと、を実行させ、前記各単位期間の終了時に、現在時点における前記貯水施設の水位である現在水位を取得するステップと、当該単位期間の次の単位期間以後における前記流入量の予測値を取得するステップと、前記現在水位を前記次の単位期間の開始時点における水位として、前記次の単位期間以後の前記各単位期間について前記最適水位を前記最適水位テーブルから読み出していくステップと、前記読み出した最適水位により前記メモリを更新するステップと、を実行させることとする。

[0010] その他本願が開示する課題やその解決方法については、発明の実施形態の欄および図面により明らかにされる。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、水力発電による発電電力量を大きくすることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本実施形態の運用支援システムの全体構成を示す図である。

[図2]降水量予測システム１０のハードウェア構成を示す図である。

[図3]降水量予測システム１０のソフトウェア構成を示す図である。

[図4]天気概況データベース１３１に記憶される天気概況情報の構成例を示す図である。

[図5]天気パターンデータベース１３２に記憶される天気パターン情報の構成例を示す図である。

[図6]天気パターン情報の登録処理の流れを示す図である。

[図7]天気パターン情報の登録処理に用いられるパターン表１６１の構成を示す図である。

[図8]天気概況情報に基づく天気パターン情報の登録処理の具体例を説明するための図である。

[図9]降水量の予測処理の流れを示す図である。

[図10]天気予報に基づく天気パターン情報の作成処理の流れを示す図である。

[図11]降水がない場合の流入量の変化を示すグラフである。

[図12]降水がある場合の流入量の変化を示すグラフである。

[図13]融雪がある場合の流入量の変化を示すグラフである。

[図14]本実施形態の流入量予測システム２０のハードウェア構成を示す図である。

[図15]本実施形態の流入量予測システム２０のソフトウェア構成を示す図である。

[図16]気象実績データベース２３３に記憶される気象実績情報の構成例を示す図である。

[図17]降雪気温推計部２１１による降雪気温δの推計処理の流れを示す図である。

[図18]降雪量が０より大きい気象実績情報を抽出することを説明する図である。

[図19]ある降雪気温δについて推計降雪量および誤差の２乗を計算した結果

を示す図である。

[図20]流入量予測処理の流れを示す図である。

[図21]流入量分布の作成処理の流れを説明するための図である。

[図22]運用計画システム３０のハードウェア構成を示す図である。

[図23]運用計画システム３０のソフトウェア構成を示す図である。

[図24]諸元記憶部３３１に記憶される諸元情報の構成例を示す図である。

[図25]電力価格データベース３３３の構成例を示す図である。

[図26]最適水位データベース３３４の構成例を示す図である。

[図27]確率論的動的計画法により最適な水位を求める方法を説明するための図である。

[図28]確率論的動的計画法により最適な水位を求める方法において用いられる表の構成を示す図である。

[図29]確率論的動的計画法により最適な水位を求める方法を説明するための図である。

[図30]最適な水位を計画する処理の流れを示す図である。

[図31]最適水位の計画処理に用いる作業表である水位流入量別電力量表３５２の構成例を示す図である。

[図32]最終月についての確率論的動的計画法による水位の計画処理の流れを示す図である。

[図33]最終月以外の月についての確率論的動的計画法による水位の計画処理の流れを示す図である。

[図34]期待合計発電電力量の計算処理の流れを示す図である。

[図35]運用水位のシミュレーションに用いられる画面６０の一例を示す図である。

[図36]ある貯水施設において、過去の実績水位についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。

[図37]放流量の実績値と、上限値ありのシミュレーションの結果における放流量の理論値と、上限値なしのシミュレーションの結果における放流量とを

比較したグラフである。

発明を実施するための形態

[0013] ＝＝システム構成＝＝

以下、本発明の一実施形態に係る貯水施設の運用支援システムについて説明する。本実施形態の運用支援システムは、ダムなどの貯水施設における水位を適切に運用するための支援を行う。本実施形態の運用支援システムでは、過去の気象のパターンを用いて降水量を予測し、統計モデルを用いて貯水施設に河川や降水などにより流入する水の量（以下、単に流入量という。）の確率分布を算出し、発電電力量を最大化するように、水位の計画を策定する。

[0014] 図１は、本実施形態の運用支援システムの全体構成を示す図である。本実施形態の運用支援システムは、降水量予測システム１０、流入量予測システム２０、および運用計画システム３０を含んで構成される。降水量予測システム１０、流入量予測システム２０および運用計画システム３０は、それぞれ通信ネットワーク４０に接続されており、互いに通信可能となっている。通信ネットワーク４０は、例えば、インターネットやＬＡＮ（Local Area Network）であり、イーサネット（登録商標）や公衆電話回線網、無線通信網などにより構築される。

[0015] 降水量予測システム１０は、降水量を予測するコンピュータである。流入量予測システム２０は、貯水施設への流入量を予測するコンピュータである。本実施形態では、流入量予測システム２０は、流入量および流入量の確率分布を算出する。運用計画システム３０は、貯水施設における最適な水位の計画を作成する。降水量予測システム１０、流入量予測システム２０および運用計画システム３０には、例えばパーソナルコンピュータやワークステーション、ＰＤＡ（Personal Digital Assistant）、携帯電話端末など各種のコンピュータを採用することができる。

[0016] ＝＝降水量予測システム１０＝＝

降水量予測システム１０は、降水量を予測する。本実施形態では、降水量

予測システム１０は、過去の天気の概況をパターン化しておき、将来の天気予報をパターン化して、同じパターンの過去の日付の降水量のパーセンタイル値を用いて降水量の予測を行う。

[0017] 図２は、降水量予測システム１０のハードウェア構成を示す図である。降水量予測システム１０は、ＣＰＵ１０１、メモリ１０２、記憶装置１０３、通信インタフェース１０４、入力装置１０５および出力装置１０６を備える。記憶装置１０３は、各種のプログラムやデータを記憶する、例えば、ハードディスクドライブやフラッシュメモリ、ＣＤ－ＲＯＭドライブなどである。ＣＰＵ１０１は、記憶装置１０３に記憶されているプログラムをメモリ１０２に読み出して実行することにより各種の機能を実現する。通信インタフェース１０４は、通信ネットワーク４０に接続するためのインタフェースである。通信インタフェース１０４は、例えば、イーサネット（登録商標）や公衆電話回線網、無線通信網により構築される。入力装置１０５は、ユーザからデータの入力を受け付ける、例えばキーボードやマウス、タッチパネル、マイクロフォンなどである。出力装置１０６は、データを出力する、例えばディスプレイやプリンタ、スピーカなどである。

[0018] 図３は、降水量予測システム１０のソフトウェア構成を示す図である。降水量予測システム１０は、天気概況取得部１１１、天気パターン登録部１１２、予測降水量取得要求受信部１１３、天気予報取得部１１４、降水量予測部１１５、予測降水量送信部１１６、天気概況データベース１３１および天気パターンデータベース１３２を備えている。なお、天気概況取得部１１１、天気パターン登録部１１２、予測降水量取得要求受信部１１３、天気予報取得部１１４、降水量予測部１１５および予測降水量送信部１１６は、降水量予測システム１０が備えるＣＰＵ１０１が記憶装置１０３に記憶されているプログラムをメモリ１０２に読み出して実行することにより実現される。また、天気概況データベース１３１および天気パターンデータベース１３２は、降水量予測システムが備えるメモリ１０２や記憶装置１０３が提供する記憶領域として実現される。

[0019] 天気概況データベース１３１は、過去の日付の天気および降水量の実績を示す情報（以下、天気概況情報という。）を記憶する。図４は、天気概況データベース１３１に記憶される天気概況情報の構成例を示す図である。同図に示すように、天気概況情報には、日付、１日の降水量の合計値、昼の時間帯（０６：００～１８：００）における降水量の最大値、夜の時間帯（１８：００～翌日０６：００）における降水量の最大値、昼の時間帯における天気を表す文字情報（以下、天気概況という。）、および夜の時間帯における天気概況が含まれている。なお、天気概況情報は、気象庁や気象会社などが一般に提供しているものである。

[0020] 天気概況取得部１１１は、天気概況情報を取得する。天気概況取得部１１１は、例えば、気象庁や民間気象会社が運営するサーバにアクセスして天気概況情報を取得するようにすることができる。また、天気概況取得部１１１は、ユーザから天気概況情報の入力を受け付けるようにしてもよい。

[0021] 天気パターンデータベース１３２は、日付ごとに、天気概況をパターン化した情報（以下、天気パターン情報という。）を記憶する。図５は、天気パターンデータベース１３２に記憶される天気パターン情報の構成例を示す図である。天気パターン情報には、日付に対応付けて、天気を示す用語（以下、天気語という。）と、その天気が発生する時間を示す用語（以下、時間語という。）との組合せ（以下、天気パターンという。）ごとのフラグ値が含まれている。本実施形態では、天気を示す用語（以下、天気語という。）は、「晴」「曇」「雪」「雨」「大雨」のいずれかであるものとし、時間語は、「時々」「一時」「後」のいずれかであるものとする。なお、時間語には、空文字（時間が指定されていないことを示す。）も含まれるものとする。すなわち、図５に示すように、本実施形態では、天気パターンは、「晴」「曇」「雪」「雨」「大雨」「時々大雨」「一時大雨」「後大雨」「時々雨」「一時雨」「後雨」「時々雪」「一時雪」「後雪」「時々曇」「一時曇」「後曇」「時々晴」「一時晴」および「後晴」である。

[0022] 天気パターン登録部１１２は、天気概況情報に基づいて天気パターン情報

を生成して天気パターンデータベース１３２に登録する。図６は、天気パターン情報の登録処理の流れを示す図である。図７は、天気パターン情報の登録処理に用いられる表（以下、パターン表１６１という。）の構成を示す図である。

[0023] 図７に示すように、パターン表１６１は、天気を行とし、時間語を列とする表である。また、パターン表１６１の行列には、降水量に関する度合いの強い項目がより上および左になるように配置される。図７のパターン表１６１の例では、行は、「大雨」「雨」「雪」「曇」「晴」の順に配置され、列は、「一時」「時々」「後」の順に配置されている。

[0024] 天気概況取得部１１１は、まず天気概況情報を取得する（Ｓ１５１１）。

[0025] 天気パターン登録部１１２は、各セルに「０」を設定したパターン表１６１を生成する（Ｓ１５１２）。天気パターン登録部１１２は、天気概況情報に含まれている、昼の天気概況と、夜の天気概況とのそれぞれについて以下の処理を行う。

[0026] 天気パターン登録部１１２は、天気概況から天気語および時間語以外の語句を削除し（Ｓ１５１３）、天気概況を、天気を示す用語の直後で分割し、分割した語句を天気チャンクとする（Ｓ１５１４）。天気パターン登録部１１２は、分割した各天気チャンクについて、天気チャンクに含まれている時間語および天気に対応するパターン表１６１の値を「１」に設定する（Ｓ１５１５）。

[0027] 天気パターン登録部１１２は、以上の処理を昼の時間帯の天気概況と夜の時間帯の天気概況とのそれぞれについて行った後、パターン表１６１の各行について、「１」が設定されているセルのうち最も左にあるものを検索し、検索したセルよりも右にある全てのセルに「０」を設定する（Ｓ１５１６）。天気パターン登録部１１２は、パターン表１６１の各列について、「１」が設定されているセルのうち最も上にあるものを検索し、検索したセルよりも下にある全てのセルに「０」を設定する（Ｓ１５１７）。

[0028] 天気パターン登録部１１２は、以上のようにして作成したパターン表１６

１から、時間語と天気語との組合せと、日付とを含む天気パターン情報を作成して天気パターンデータベース１３２に登録する（Ｓ１５１８）。

[0029] 図８は、天気概況情報に基づく天気パターン情報の登録処理の具体例を説明するための図である。図８の例では、天気概況情報に含まれる昼の時間帯についての天気概況１７１１が「曇一時雨後晴」であり、夜の時間帯についての天気概況１７１２が「晴後一時曇」である。

[0030] 天気パターン登録部１１２は、昼の天気概況１７１１について、天気語の直後、すなわち「曇」「雨」および「晴」の後ろで分割して、「曇」「一時雨」および「後晴」の天気チャンクを作成する（Ｓ１５１４）。

[0031] 次に、天気パターン登録部１１２は、各天気チャンクに含まれる天気語および時間語に対応するセル、すなわち、「曇」および空文字に対応するセル１７２１、「雨」および「一時」に対応するセル１７２２、並びに、「晴」および「後」に対応するセル１７２３に「１」を設定する（Ｓ１５１５）。

[0032] 天気パターン登録部１１２は、夜の時間帯についての天気概況１７１２についても同様に、「晴」および「後一時曇」の天気チャンクに分割して（Ｓ１５１４）、「晴」および空文字に対応するセル１７３１、並びに、「曇」と「一時」および「後」のそれぞれとに対応するセル１７３２およびセル１７３３に「１」を設定する（Ｓ１５１５）。

[0033] 天気パターン登録部１１２は、パターン表１６１の各行の最も左の「１」のみを残してその他のセルに「０」を設定する（Ｓ１５１６）。行１７４では、「１」が設定されているセルのうち最も左にあるセル１７４１を残して、その他のセル１７４２および１７４３には「０」が設定されることになる。

[0034] 天気パターン登録部１１２は、パターン表１６１の各列の最も上の「１」のみを残してその他のセルに「０」を設定する（Ｓ１５１７）。列１７５では、「１」が設定されているセルのうち最も上にあるセル１７５１を残し、その他のセル１７５２には「０」が設定される。

[0035] 上記の処理が行われると、図８においてパターン表１６１は、「曇」およ

び空白に対応するセル１７５１および「雨」および「一時」に対応するセル１７５３のみに「１」が設定された状態となる。そして、パターン表１６１に基づき、「曇」および「一時雨」のみに「１」が設定された天気パターン情報１７７が生成されて天気パターンデータベース１３２に登録される。

[0036] 予測降水量取得要求受信部１１３は、通信ネットワーク４０に接続される他のコンピュータから、降水量の予測値（以下、予測降水量ともいう。）を取得するためのコマンド（以下、予測降水量取得要求という。）を受信する。予測降水量取得要求には、パーセンタイルの設定値（以下、パーセンタイル設定値という。）が設定される。パーセンタイル設定値としては、例えば、５%や１０%など、任意の数値（０＜パーセンタイル設定値＜１）を設定することができる。

[0037] 天気予報取得部１１４は、天気予報が記載された情報（以下、天気予報情報という。）を取得する。天気予報取得部１１４は、例えば、気象庁や気象会社などから天気予報情報を取得するようにしてもよいし、ユーザから天気予報情報の入力を受け付けるようにしてもよい。天気予報情報は、日付と、その日付における天気予報とが含まれている。天気予報情報は、天気概況情報とは異なり１日単位で天気が記述されている。一方、天気予報情報は、天気概況と同様に、天気と、必要に応じて時間語とが記述されている。

[0038] 降水量予測部１１５は、予測降水量を算出し、予測降水量送信部１１６は、降水量予測部１１５が算出した予測降水量を、予測降水量取得要求の送信元に対して送信する。降水量予測部１１５は、天気予報取得部１１４が取得した天気予報をパターン化し、同じパターンの過去の日の降水量を取得してソートし、パーセンタイル設定値に基づくパーセンタイル値を取得して予測降水量とする。図９は降水量の予測処理の流れを示す図である。

[0039] 天気予報取得部１１４が天気予報情報を取得すると（Ｓ１５３１）、降水量予測部１１５は、天気予報情報に含まれる天気予報をパターン化した情報（以下、予報天気パターン情報という。）を作成する（Ｓ１５３２）。図１０は、天気予報に基づく天気パターン情報の作成処理の流れを示す図である

。

[0040] 降水量予測部１１５は、図７のパターン表１６１を作成して全てのセルに「０」を設定する（Ｓ１５５１）。降水量予測部１１５は、天気予報から、天気語および時間語を除く語句を削除し（Ｓ１５５２）、天気予報を各天気語の直後で分割して、分割した文字列を天気チャンクとする（Ｓ１５５３）。

[0041] 降水量予測部１１５は、各天気チャンクについて、天気チャンクに含まれている時間語と天気語とに対応するパターン表１６１のセルに「１」を設定する（Ｓ１５５４）。降水量予測部１１５は、パターン表１６１の各行について、「１」が設定されているセルのうち最も左にあるものを選択し、選択したセルよりも右にある全てのセルに「０」を設定する（Ｓ１５５５）。また、降水量予測部１１５は、パターン表１６１の各列について、「１」が設定されているセルのうち最も上にあるものを選択し、選択したセルよりも下にある全てのセルに「０」を設定する（Ｓ１５５６）。

[0042] 降水量予測部１１５は、パターン表１６１から、時間指定語と天気語との各組合せについて、組合せに対応するセルの値を抽出し、抽出した値とを設定した予報天気パターン情報を作成する（Ｓ１５５７）。

[0043] 図９に戻り、降水量予測部１１５は、作成した予報天気パターン情報にマッチする日付のうち、天気予報情報に含まれている日付と同じ月であるものを天気パターンデータベース１３２から検索し（Ｓ１５３３）、検索した日付に対応する降水量を天気概況データベース１３１から取得する（Ｓ１５３４）。降水量予測部１１５は、取得した降水量の少ない順にソートし（Ｓ１５３５）、取得した降水量の数に、予測降水量取得要求に含まれるパーセンタイル設定値を乗じた値（を整数値に変換したもの）をｎとする（Ｓ１５３６）。降水量予測部１１５は、ソートした降水量の先頭からｎ番目の降水量を予測降水量とする（Ｓ１５３７）。

[0044] 以上のようにして、本実施形態の降水量予測システム１０によれば、過去の天気概況をパターン化して降水量と対応付けて記憶しておき、将来の天気

予報をパターン化し、同じパターンの過去の降水量を、将来の予測値として用いることができる。天気と降水量とは相関することが知られており、精度の高い降水量の予測を行うことができる。また、本実施形態の降水量予測システム１０によれば、天気概況に含まれる文字列をパターン化して記憶することができるので、天気予報と同じ天気であった過去の日の降水量を容易に抽出することができる。

[0045] なお、本実施形態の降水量予測システム１０では、予報天気パターン情報にマッチする日付のうち、天気予報情報に含まれている日付と同じ月であるものを検索するものとしたが、天気パターン情報に、その予報対象の地域において台風が発生しているか否かを示す台風情報や、梅雨入りしているか否かを示す梅雨入り情報を含ませるようにして、予報天気パターン情報にマッチし、かつ、台風情報または梅雨入り情報が一致する日付のうち、予報日と同じ月のものを検索するようにしてもよい。台風が発生している場合と、していない場合、梅雨入りしている場合と、していない場合では、降水量のパターンは異なる。したがって、台風情報や梅雨入り情報が一致している天気パターン情報にのみマッチする日の降水量の実績値を降水量の予測値に用いることで、同じような降水量のパターンになると期待される実績値に基づいて降水量の予測を行うことが可能になる。よって、より精度の高い降水量の予測を行うことができる。

[0046] ＝＝流入量予測システム２０＝＝

次に、流入量予測システム２０について説明する。流入量予測システム２０は、貯水施設への流入量を予測する。本実施形態では、流入量予測システム２０は、過去の気温、降水量、降雪量、積雪量、融雪量、流入量を、後述する統計モデルを用いて回帰分析することにより回帰係数を推計し、気温および降水量の予測値（例えば、気象予報による予報値を採用することができる。）と、推計した回帰係数とを統計モデルに適用して流入量を予測する。なお、流入量の予測は所定の第１単位期間（本実施形態では、一日とする。）単位で行い、流入量の確率分布は、第１単位期間よりも長い第２単位期間

（本実施形態では、一ヶ月とする。）単位で行うものとする。

[0047] 図１１～１３は、流入量の変化を示すグラフである。降水や融雪などがない場合にも、例えば山林などからの滲出によって、所定の流入量は存在する。したがって、降水や融雪がないと、流入量は所定の均衡値（以下、均衡流入量という。）に逓減していく（図１１）。これに対し、降水があると、それに応じて流水量は一時的に増加するが、降水が止むとともに、再度均衡流入量に向けて逓減を始める（図１２）。一方、気温が上昇すると融雪が発生し、それに応じて流水量も増加するが、融雪は降水に比べて流入量に与える影響の変化が緩やかである（図１３）。これは、例えば冬季から春季に向けての時期などにおいて、平均気温が上昇している場合に、継続的に融雪が発生するような場合である。

[0048] そこで、本実施形態では、降水量、融雪量および均衡流入量に着目し、流入量を算出する回帰モデルを用いて流入量を予測する。本実施形態の流入量予測システム２０は、過去の気温や降水量などの気象データの実績値と後述する回帰モデルとに基づいてパラメタを推計し、推計したパラメタと、例えば気象予報などにより求められる気温の予測値（以下、予測気温という。）と、降水量予測システムが求めた予測降水量とを回帰モデルに適用して流入量の予測値を算出する。以下、詳細について説明する。

[0049] 図１４は、本実施形態の流入量予測システム２０のハードウェア構成を示す図である。流入量予測システム２０は、ＣＰＵ２０１、メモリ２０２、記憶装置２０３、通信インタフェース２０４、入力装置２０５および出力装置２０６を備える。記憶装置２０４は、各種のプログラムやデータを記憶する、例えば、ハードディスクドライブやフラッシュメモリ、ＣＤ－ＲＯＭドライブなどである。ＣＰＵ２０１は、記憶装置２０３に記憶されているプログラムをメモリ２０２に読み出して実行することにより各種の機能を実現する。通信インタフェース２０４は、通信インタフェース２０４は、通信ネットワーク４０に接続するためのアダプタである。通信インタフェース２０４は、例えば、イーサネット（登録商標）や公衆電話回線網、無線通信網により

構築される。入力装置２０５は、ユーザからデータの入力を受け付ける、例えばキーボードやマウス、タッチパネル、マイクロフォンなどである。出力装置２０６は、データを出力する、例えばディスプレイやプリンタ、スピーカなどである。

[0050] 図１５は、本実施形態の流入量予測システム２０のソフトウェア構成を示す図である。本実施形態の流入量予測システム２０は、降雪気温推計部２１１、融雪量モデル推計部２１２、流入量モデル推計部２１３、予測気温取得部２１４、予測降水量取得部２１５、予測流入量取得要求受信部２１６、流入量予測部２１７、予測流入量送信部２１８、流入量分布取得要求受信部２１９、流入量発生確率モデル推計部２２０、流入量分布生成部２２１、流入量分布送信部２２２、モデル記憶部２３１、パラメタ記憶部２３２、および気象実績データベース２３３を備えている。

[0051] なお、降雪気温推計部２１１、融雪量モデル推計部２１２、流入量モデル推計部２１３、予測気温取得部２１４、予測降水量取得部２１５、予測流入量取得要求受信部２１６、流入量予測部２１７、予測流入量送信部２１８、流入量分布取得要求受信部２１９、流入量発生確率モデル推計部２２０、流入量分布生成部２２１、流入量分布送信部２２２は、流入量予測システム２０のＣＰＵ１１が、記憶装置１３に記憶されているプログラムをメモリ１２に読み出して実行することにより実現される。また、モデル記憶部２３１、パラメタ記憶部２３２、気象実績データベース２３３は、流入量予測システム２０のメモリ２０２や記憶装置２０３が提供する記憶領域として実現される。

[0052] 気象実績データベース２３３には、気象の各種実績値を含む情報（以下、気象実績情報という。）の履歴が記憶される。図１６は、気象実績データベース２３３に記憶される気象実績情報の構成例を示す図である。同図に示すように、気象実績情報には、日付に対応付けて、気温、降水量、降雪量、積雪量、融雪量、流入量が含まれている。気温は、一日の平均気温である。降水量、降雪量、融雪量は一日の降水量、降雪量、融雪量の累積値である。積

雪量は、その日に観測された積雪量である。流入量は、一日にダムなどの貯水施設に流入した水量の累計値である。気温、降水量、降雪量および積雪量は、例えば、気象庁や民間気象会社などが提供するデータである。流入量は、貯水施設において測定した測定値である。流入量は、例えば、河川を管理する自治体などが提供する河川の流量の測定値としてもよい。融雪量は、気象庁や民間気象会社、測量会社などが測定したものであってもよいし、後述するモデルにより計算した値を実績値として記録するようにしてもよい。

[0053] モデル記憶部２３１には、気象実績情報に基づく各種の統計モデルが記憶され、パラメタ記憶部２３２には、モデル記憶部２３１に記憶されているモデルに適用される回帰係数や定数などのパラメタが記憶される。モデル記憶部２３１には、降水量の統計モデル（以下、降水量モデルＡ１という。）、降雪量の統計モデル（以下、降雪量モデルＡ２という。）、積雪量の統計モデル（以下、積雪量モデルＡ３という。）、融雪量の統計モデル（以下、融雪量モデルＡ４という。）、前日からの流入量の増加量に係る統計モデル（以下、流入量モデルＡ５という。）、および流入量の発生確率に係る統計モデル（以下、流入量確率モデルＡ６という。）が記憶される。パラメタ記憶部１３２には、降雨が降雪に変わる気温（以下、降雪気温という。）δ、日単位の均衡流入量μ_1、月単位の均衡流入量μ_3、融雪が始まる気温μ_2、回帰係数α_1～α_4、β_1、β_2がパラメタ記憶部３２に記憶される。なお、日単位の均衡流入量μ_1、および融雪が始まる気温μ_2については、所定の定数として、予めパラメタ記憶部１３２に記憶されているものとする。

[0054] なお以下の説明において、日付ｔにおける気温、降水量、降雪量、積雪量、融雪量および流入量をそれぞれ、T_t、P_t、S_t、D_t、M_tおよびF_tとする。前日からの流入量の増加量をΔF_tとする。気温T_tがδより高い場合の降水量を$P1_t$、気温T_tがδ以下である場合の降水量を$P2_t$とする。また、ｍ月における流入量をF_mとし、ｍ月についての過去の流入量の平均をI_mとする。F_mをI_mで割ることによって規格化した流入量をF_m^*とし、流入量の増加量を規格化したものをΔF_m^*とする。

[0055] 降水量モデルＡ１は、降水量P_tが、降雪気温δを境に、$P1_t$または$P2_t$となることを示すモデルであり、次式で表される。

$$P_t = P1_t + P2_t \begin{cases} P1_t = P_t, P2_t = 0, if(T_t > \delta) \\ P1_t = 0, P2_t = P_t, if(T_t \le \delta) \end{cases} \quad \cdots (A1)$$

降雪量モデルＡ２は、気温T_tがδ以下である場合の降水量Ｐ２ｔを説明変数とし、降雪量Ｓｔを目的変数とした回帰モデルであり、次式で表される。

$$S_t = \gamma P2_t \quad \cdots (A2)$$

積雪量モデルＡ３は、積雪量D_tが、前日までの積雪量D_{t-1}に当日の降雪量S_tを加え、そこから融雪量M_tを引いたものに一致するという関係を示すモデルであり、次式で表される。

$$D_t = (S_t + D_{t-1} - M_t)^+ \quad \cdots (A3)$$

融雪量モデルＡ４は、気温T_tから融雪が始まる気温μ_2を減じた値に積雪量D_tを乗じた値と、$P1_t$とを説明変数とし、融雪量M_tを目的変数とした回帰モデルであり、次式で表される。

$$M_t = \alpha_2 (T_t - \mu_2)^+ D_{t-1} + \alpha_3 P1_t, if(D_{t-1} > 0) \quad \cdots (A4)$$

融雪量モデルＡ４において、気温T_tがμ_2よりも低ければ第１項は０になり、前日までの積雪量D_{t-1}が０であれば融雪量M_tは０になる。

[0056] 流入量モデルＡ５は、均衡流入量μ_1から前日の流入量F_{t-1}を減じた値と、当日の気温T_tがδより高い場合の降水量$P1_t$と、当日の融雪量M_tとを説明変数とし、流入量の増加量ΔF_tを目的変数とした回帰モデルであり、次式で表される。

$$\Delta F_t = \alpha_1 (\mu_1 - F_{t-1}) + \beta_1 P1_t + \beta_2 M_t \quad \cdots (A5)$$

流入量確率モデルＡ６は、月単位の均衡流入量μ_3と、均衡流入量μ_3から前月の正規化流入量F_{m-1}^*を減じたものと、残差項となるu_mとを説明変数と

し、規格化流入量の増加量ΔＦ$_m$*を目的変数としたモデルであり、次式で表される。

$$\Delta F_m^* = \alpha_4(\mu_3 - F_{m-1}^*) + u_m \quad \cdots \text{（Ａ６）}$$

降雪気温推計部２１１は、降水量モデルＡ１および気象実績情報に基づいて降雪気温δを推計し、推計した降雪気温δをパラメタ記憶部２３２に登録する。なお、降雪気温推計部２１１によるδの推計処理の詳細については後述する。

[0057] また、降雪気温推計部２１１は、各日付ｔについて、日付ｔに対応する気象実績情報を気象実績データベース２３３から読み出し、読み出した気象実績情報の降水量および気温と、上記推計した降雪気温δを前記降水量モデル１に適用してＰ２$_t$を算出する。降雪気温推計部２１１は、気象実績情報、Ｐ２$_t$、および降雪量モデルＡ２に基づいて回帰分析を行い、回帰変数γを推計する。降雪気温推計部２１１は、推計した回帰変数γをパラメタ記憶部３２に登録する。

[0058] 融雪量モデル推計部２１２は、積雪量モデルＡ３を融雪量モデルＡ４に代入した式

$$M_t = \alpha_2(T_t - \mu_2)^+(S_{t-1} + D_{t-2} - M_{t-1})^+ + \alpha_3 Pl_t$$

を回帰分析して、回帰係数α_2、α_3およびμ_2を推計する。融雪量モデル推計部２１２は、推計した回帰係数α_2、α_3およびμ_2をパラメタ記憶部２３２に登録する。

[0059] 流入量モデル推計部２１３は、流入量モデルＡ５および気象実績情報に基づいて回帰係数α_1、β_1、およびβ_2を推計する。具体的には、流入量モデル推計部２１３は、各日付ｔについて、降水量モデル１、δおよび日付ｔに対応する気象実績情報の降水量に基づいてＰ１$_t$を算出し、各日付ｔの気象実績情報と、対応するＰ１$_t$を用いて、流入量モデルＡ５を回帰分析し、回帰係数α_1、β_1、β_2およびμ_1を推計する。気象実績情報に融雪量がない場合は，日付ｔ－１の積雪量と日付ｔのその他の気象情報を用いて，融雪量モデルＡ

４を用いて算出したM_tを用いて，流入量モデルＡ５を回帰分析し、回帰係数α_1、β_1、β_2およびμ_1を推計することもできる。流入量モデル推計部２３は、推計した回帰係数α_1、β_1、β_2およびμ_1をパラメタ記憶部２３２に登録する。

[0060] 予測気温取得部２１４は、気温の予測値（以下、予測気温という。）を取得する。予測気温取得部２１４は、例えば、ユーザから予測気温の入力を受け付けてもよいし、気象庁や民間気象会社のコンピュータにアクセスして予測気温を取得するようにしてもよい。また、予測気温取得部２１４は、気象実績情報に基づいて気温の予測を行うようにしてもよい。この場合、例えば、一般的な気温の予測に用いられる統計モデルをモデル記憶部３１に記憶しておき、予測気温取得部２１４がその統計モデルと気象実績情報とに基づいて回帰分析を行ってパラメタを推計し、推計したパラメタと気象実績情報とを統計モデルに適用して予測気温を算出することができる。

[0061] 予測降水量取得部２１５は、予測降水量を取得する。本実施形態では、予測降水量取得部２１５は、降水量予測システム１０に対して、予測降水量取得要求を送信し、予測降水量取得要求に応じて降水量予測システム１０から応答される予測降水量を受信することにより、予測降水量を取得するものとする。予測降水量取得部２１５は、所定のパーセンタイル設定値（例えば、１０%や９０%など）を設定した予測降水量取得要求を降水量予測システムに送信する。なお、予測降水量取得部２１５は、例えば、ユーザから予測降水量の入力を受け付けてもよいし、気象庁や民間気象会社のコンピュータにアクセスして予測降水量を取得するようにしてもよい。また、予測降水量取得部２１５は、予測気温取得部２１４と同様に、気象実績情報に基づいて降水量の予測を行うようにしてもよい。

[0062] 予測流入力取得要求受信部２１６は、通信ネットワーク４０に接続された他のコンピュータから、流入量の予測値（以下、予測流入量という。）を取得するためのコマンド（以下、予測流入量取得要求という。）を受信する。

[0063] 流入量予測部２１７は、予測気温取得部２１４が取得した予測気温、予測

降水量取得部２１５が取得した予測降水量、降雪気温推計部２１１が推計したパラメタ、気象実績情報、および流入量モデルＡ５を用いて、予測流入量を算出する。なお、予測流入量の算出処理の詳細については後述する。

[0064] 予測流入量送信部２１８は、流入量予測部２１７が算出した予測流入量を、予測流入量取得要求の送信元に対して送信する。

[0065] 流入量分布取得要求受信部２１９は、通信ネットワーク４０に接続された他のコンピュータから、流入量の発生確率分布を取得するためのコマンド（以下、流入量分布取得要求という。）を受信する。

[0066] 流入量確率モデル推計部２１９は、流入量確率モデルＡ６を回帰分析して、パラメタα_4およびμ_3を推計する。なお、流入量確率モデル推計部２１９は、推計したパラメタα_4およびμ_3は、パラメタ記憶部２３２に登録しておくようにしてもよいが、本実施形態では、流入量分布取得要求の受信に応じて流入量確率モデルＡ６のパラメタの推計を行うものとする。

[0067] 流入量分布生成部２２１は、流入量の発生確率分布（以下、流入量分布という。）を生成する。本実施形態では、流入量分布は、前期の流入量の発生を条件とした、条件付確率Ｐｒ（$F_m \mid F_{m-1}$）の分布であるものとし、条件付確率で発生する流入量は月単位での流入量の平均値であるものとする。なお、流入量分布の生成処理の詳細については後述する。

[0068] 流入量分布送信部２２２は、流入量分布生成部２２１が生成した流入量の分布を送信する。

[0069] 以下、本実施形態の流入量予測システムにおける処理の詳細について説明する。

[0070] ＝＝降雪気温δの推計処理＝＝

まず、降雪気温推計部２１１による降雪気温δの推計処理について説明する。図１７は、降雪気温推計部２１１による降雪気温δの推計処理の流れを示す図である。

まず、降雪気温推計部２１１は、気象実績データベース２３３から降雪量が０より大きい気象実績情報を取得する（Ｓ２５０１）。これにより、図１

８に示すように、気象実績データベース２３３に記憶されている気象実績情報のうち、降雪量が０より大きいもののみが抽出される。

[0071] 次に、降雪気温推計部２１１は、抽出した気象実績情報に基づき、モデル

降雪量＝ａ×気温＋ｂ×降水量

を回帰分析して、回帰係数ａおよびｂを推計する（Ｓ２５０２）。

[0072] 降雪気温推計部２１１は、気温がδ以下の場合には「ａ×気象実績情報の気温＋ｂ×気象実績情報の降水量」、気温がδより高い場合には「０」を推計降雪量として、推計降雪量と気象実績情報の降雪量との差を２乗した値が最小になるδを算出する（Ｓ２５０３）。

[0073] 降雪気温推計部２１１は、例えば、所定範囲の気温を所定ステップごとに増加させたδについて、図１９に示すように、各気象実績情報について、気温がδより高ければ、上記回帰係数ａを気温に乗じた値と、上記か域係数ｂを降水量に乗じた値とを合計して推計降雪量として算出し、推計降雪量と気象実績情報の降雪量との差を２乗した値を誤差の２乗として算出していき、誤差の２乗が最も小さくなったものをδとして決定することができる。なお、上記誤差の２乗が最も小さくなるように上記δを決定する処理については、一般的な統計手法を利用することが可能である。

[0074] 降雪気温推計部２１１は、上記のようにして決定したδを、パラメタ記憶部３２に登録する（Ｓ２５０４）。

[0075] 以上のようにして融雪気温δが決定される。

[0076] ＝＝流入量の予測処理＝＝

次に、流入量の予測について説明する。図２０は、本実施形態の流入量予測システム２０における流入量予測処理の流れを示す図である。なお、図２０の処理では、日付ｔが予測対象となる日付であるものとしている。

[0077] 予測気温取得部２１４は、予測気温T_tを取得する（Ｓ２５２１）。上述したように、予測気温取得部２１４は、例えば、ユーザからデータの入力を受け付けたり、気象庁や民間気象会社のコンピュータにアクセスしてデータを取得することにより、T_tを取得することができる。予測降水量取得部２１５

は、予測降水量P_tを取得する（Ｓ２５２２）。上述したように、予測降水量取得部２１５は、所定のパーセンタイル設定値を設定した予測降水量取得要求を降水量予測システム１０に送信し、降水量予測システム１０から応答される予測降水量を受信することにより予測降水量を取得する。

[0078] 流入量予測部２１７は、パラメタ記憶部１３２からδを読み出し（Ｓ２５２３）、降水量モデル１にδ、T_tおよびP_tを適用して$P1_t$を算出する（Ｓ２５２４）。すなわち、予測気温T_tがδより大きければ$P1_t = P_t$となり、T_tがδ以下であれば$P1_t = 0$となる。

[0079] 流入量予測部２１７は、パラメタ記憶部３２から、α_1～α_3、β_1、β_2、μ_1、μ_2を読み出す（Ｓ２５２５）。流入量予測部２１７は、気象実績データベース２３３から、前日ｔ－１に対応する気象実績情報を読み出し、読み出した気象実績情報の積雪量をD_{t-1}とし（Ｓ２５２６）、読み出した気象実績情報の流入量をF_{t-1}とする（Ｓ２５２７）。

[0080] 流入量予測部２１７は、融雪量モデルＡ４に、α_2、T_t、μ_2、D_{t-1}、α_3、$P1_t$を代入して、融雪量の予測値M_tを算出し（Ｓ２５２８）、流入量モデルＡ５に、α_1、μ_1、F_{t-1}、β_1、$P1_t$、β_2、M_tを代入して流入増加量の予測値ΔF_tを算出する（Ｓ２５２９）。流入量予測部２１７は、F_{t-1}にΔF_tを加算して、予測流入量F_tを算出する（Ｓ２５３０）。

[0081] 以上のようにして、本実施形態の流入量予測システム２０によれば、予測気温および予測降水量と、気象実績情報とに基づいて、降水量および融雪量を考慮した流入量の予測を行うことができる。降水がなかい場合にも融雪により流入量は増加するため、融雪量を考慮して流入量の予測を行うことで、予測の精度を向上することができる。

[0082] また、本実施形態の流入量予測システム２０によれば、融雪量は、降水量および気温から算出することができる。降水量および気温の予測は、気象予報の手法として様々な手法が存在し、容易に入手可能である。したがって、融雪量の予測が困難である場合でも、容易に取得可能な降水量や気温の予測値に基づいて融雪量の予測を行うことで、融雪量を考慮した流入量の予測を

容易に実現することができる。

[0083] また、上記流入量モデルＡ５では、第１項を均衡流入量と流入量との差であるものとして、均衡流入量を考慮に入れているので、単に流入量を説明変数とする場合に比べ、より精度の高い流入量予測を行うことができる。

[0084] なお、本実施形態の流入量予測システムでは、ダムなどの貯水施設に河川から流入する水量についての予測を行うものとしたが、河川を流れる水量の予測を行うシステムにも容易に適用することができる。この場合、河川の上流域における気温や降水量の予報値および実績値などを取得および記録するものとする。

[0085] また、本実施形態では、均衡流入量μ_1および融雪が始まる気温μ_2については、予めパラメタ記憶部３２に記憶されているものとしたが、これに限らず、過去の気象実績情報に基づいて当てはまりのよい値を推計するようにしてもよい。

[0086] また、貯水施設が降雪や積雪の少ない地域に存在する場合などには、流入量モデルＡ５は融雪量Ｍを考慮しないようにしてもよい。この場合流入量モデルＡ５は、次式で表される。

$$\Delta F_t = \alpha_1(\mu_1 - F_{t-1}) + \beta_1 P1_t \quad \cdots \text{（Ａ５’）}$$

また、本実施形態の各回帰モデルについて、誤差項に系列相関があるような場合には、降雪気温推計部２１１がPrais-Winstein変換やコクラン・オーカット法によりパラメータを推計するようにしてもよい。この場合、例えば、コクランオーカット法により流入量モデルＡ５のパラメータを推計する場合、残差をε_tとし、説明変数$X_{t*} = X_t - \rho X_{t-1}$として（すなわち、$F_{t*} = F_t - \rho F_{t-1}$、$P1_{t*} = P1_t - \rho P1_{t-1}$、$M_{t*} = M_t - \rho M_{t-1}$などとして）、流入量モデルＡ５を式のようにすることができる。

$$\Delta F_{t*} = \alpha_1(\mu_1 - F_{t-1*}) + \beta_1 P1_{t*} + \beta 2 M_{t*} + \sigma\varepsilon_t \cdots \text{（Ａ５”）}$$

上記式（Ａ５”）を変形すると次式となる。

$$\Delta(F_t - \rho F_{t-1}) = \alpha_1\{\mu_1 - (F_{t-1} - \rho F_{t-2}))\} + \beta_1(P1_t - \rho P1_{t-1}) + \beta 2(M_t - \rho M_{t-1}) + \sigma\varepsilon_t$$

[0087] 上記のようにして、残差ε_tに系列相関がなくなるｎ期前まで遡って式変形を行った流入量モデルＡ５を求めることができる、その他のモデルについても同様に、誤差項に系列相関がなくなるようにパラメータを推計することができる。上記のようにして残差ε_tの系列相関がなくなるｎ期遅れのモデルをモデル記憶部１３１に記憶しておき、ｎ期遅れのモデルを用いて流入量を予測することにより、残差項に系列相関がある場合にも、適切なパラメータの推計を行うことが可能となり、適切なパラメータを用いて精度よく流入量を予測することができる。

[0088] ＝＝流入量分布の作成処理＝＝

次に、流入量分布の作成処理について説明する。流入量分布は、前月の流入量を条件とした条件付確率の分布である。本実施形態では、流入量F_mは、流入量F_mは、所定の最小値（以下、最小流入量といい、F_{min}と表記する。）から最大値（以下、最大流入量といい、F_{max}と表記する。）までの間を、単位量（例えば、１立法メートルや、１０立方メートル、１０００立方メートルなどである。以下、単位流入量という。）ずつ増減する離散値であるものとし、流入量分布は、最小流入量F_{min}から最大流入量F_{max}まで単位流入量ごとの流入量に対応付けて、確率が記述された表であるものとする。

[0089] 条件付確率Ｐｒ（$F_m \mid F_{m-1}$）に、流入量確率モデルＡ６を適用すると次式のように変形できる。

$$\Pr(F_m \mid F_{m-1}) = \Pr\left[\left\{\alpha_4(\mu_3 - F^*_{m-1}) + u_m\right\}I_m\right] \quad \cdots \text{（Ａ６’）}$$

ここで、残差u_mには系列相関がないことから、Ａ６’は、さらに次式のように変形できる。

$$\Pr(F_m \mid F_{m-1}) = \Pr\left[\alpha_4(\mu_3 - F^*_{m-1})I_m + u_m I_m\right] \quad \cdots \quad (A6'')$$

すなわち、条件付確率Ｐｒ（Ｆｍ｜Ｆｍ－１）は、前期（ｍ－１月）の流入量に応じて変化するドリフト項α４（μ３－Ｆｍ－１＊）Ｉｍと、残差項ｕｍＩｍとから構成されることになる。

[0090] なお、本実施形態において条件付確率は、前月の流入量を条件とするが、前月および前々月の流入量を条件とした条件付確率、すなわち、Ｐｒ（Ｆｍ｜Ｆｍ－１，Ｆｍ－２）としてもよい。

[0091] 図２１は、流入量分布の作成処理の流れを説明するための図である。

流入量確率モデル推計部２１９は、各月（１月～１２月）をｍとして、以下の処理を行う。

流入量確率モデル推計部２１９は、気象実績データベース２３３から、全ての年のｍ月の日付に対応する流入量を平均してＩｍを算出し（Ｓ２５４１）、全ての年のｍ－１月の日付に対応する流入量を平均してＩｍ－１を算出する（Ｓ２５４２）。

[0092] 流入量確率モデル推計部２１９は、気象実績データベース２３３に記憶されている気象実績情報の日付が属する年のそれぞれについて、当該年のｍ月の日付に対応する日付の流入量を平均してＦｍを算出し（Ｓ２５４３）、Ｆｍをｍで割ることで規格化して、Ｆｍ＊を算出する（Ｓ２５４４）。また、流入量確率モデル推計部２１９は、気象実績データベース２３３から、当該年のｍ－１月の日付に対応する流入量を平均してＦｍ－１を算出し（Ｓ２５４５）、Ｆｍ－１をＩｍ－１で割ることで規格化して、Ｆｍ－１＊を算出する（Ｓ２５４６）。

[0093] 流入量確率モデル推計部２１９は、以上の処理を各年について行った後、流入量確率モデルＡ６”を回帰分析してα４およびμ３を推計し（Ｓ２５４７）、流入量確率モデル推計部２１９は、ドリフト項α４（μ３－Ｆｍ－１＊）Ｉｍを計算し（Ｓ２５４８）する。

また、流入量確率モデル推計部２１９は、流入量確率モデルＡ６”の残差

ｕ$_m$を次式により計算する（Ｓ２５４９）。

$$u_m = \Delta F_m^* - \alpha_4(\mu_3 - F_{m-1}^*)$$

流入量確率モデル推計部２１９は、残差項ｕ$_m$Ｉ$_m$を算出する（Ｓ２５５０）。

[0094] 流入量確率モデル推計部２１９は、以上の処理を各月について繰り返して、各月についてのドリフト項および残差項を算出した後、ドリフト項ドリフト項α_4（μ_3－Ｆ$_{m-1}$*）Ｉ$_m$の頻度分布を生成し（Ｓ２５５１）、残差項ｕ$_m$Ｉ$_m$の頻度分布を生成し（Ｓ２５５２）、これらを足し合わせて流入量Ｆ$_m$の頻度分布を作成する（Ｓ２５５３）。流入量確率モデル推計部２１９は、流入量Ｆ$_m$の頻度分布に基づいて、流入量の条件付発生確率Ｐｒ（Ｆ$_m$｜Ｆ$_{m-1}$）を算出し（Ｓ２５５４）、算出した発生確率を記述した流入量分布を作成する。なお、流入分布は、確率分布の計算式として記述するようにしてもよい。

[0095] ＝＝運用計画システム３０＝＝

運用計画システム３０は、長期の運用計画の対象となる期間（以下、長期運用期間という。本実施形態では１年とする。）における発電電力量が最大となるように、中期の運用計画の対象となる期間（以下、中期運用期間という。本実施形態では、１ヶ月とする。）ごとの最適な水位についてのシミュレーションを行い、その後、中期運用期間における最適な水位となり、かつ、短期の運用対象となる期間（以下、短期運用期間という。本実施形態では６日とする。）における売電額が最大となるように、短期運用期間中の各単位期間（本実施形態では１日とする。）ごとの水位を求める。なお、以下の説明において、貯水施設における水位は、所定の単位量（例えば、１メートルや５メートルなどである。以下、単位水位という。）ごとの離散値であるものとする。長期運用期間における発電電力量が最大となるような中期運用期間での水位は、確率論的動的計画法（Stochastic Dynamic Programming; SDP）により求める。短期運用期間における各単位期間の水位は、貯水施設に

おける水位の最大最小値や水力発電に利用する水量（以下、取水量といい、Ｑと表記する。）の最大最小値などの制約の下に、流入量予測システム２０が予測した予測流入量を用いて、各日の水位を単位水位ずつ変化させてシミュレーションし、売電額が最大となるような水位を算出する。

[0096] 図２２は、運用計画システム３０のハードウェア構成を示す図である。同図に示すように、運用計画システム３０は、ＣＰＵ３０１、メモリ３０２、記憶装置３０３、通信インタフェース３０４、入力装置３０５、および出力装置３０６を備えている。記憶装置３０３は、各種のデータやプログラムを記憶する、例えば、ハードディスクドライブやフラッシュメモリ、ＣＤ－ＲＯＭドライブなどである。ＣＰＵ３０１は、記憶装置３０３に記憶されているプログラムをメモリ３０２に読み出して実行することにより各種の機能を実現する。通信インタフェース３０４は、通信ネットワーク４０に接続するためのインタフェースであり、例えば、イーサネット（登録商標）に接続するためのアダプタや、公衆電話回線網に接続するためのモデム、無線通信を行うための通信器などである。入力装置３０５は、データの入力を受け付ける、例えば、キーボードやマウス、タッチパネル、マイクロフォンなどである。出力装置３０６は、データを出力する、例えば、ディスプレイやプリンタ、スピーカなどである。

[0097] 図２３は、運用計画システム３０のソフトウェア構成を示す図である。同図に示すように、運用計画システム３０は、諸元入力部３１１、貯水量設定値入力部３１２、流入量分布取得部３１３、中期計画部３１４、予測流入量取得部３１５、短期計画部３１６、諸元記憶部３３１、モデル記憶部３３２、電力価格データベース３３３、最適水位データベース３３４を備えている。なお、諸元入力部３１１、貯水量設定値入力部３１２、流入量分布取得部３１３、中期計画部３１４、予測流入量取得部３１５、および短期計画部３１６は、運用計画システム３０が備えるＣＰＵ２０１が、記憶装置２０３に記憶されているプログラムをメモリ２０２に読み出して実行することにより実現される。また、諸元記憶部３３１、電力価格データベース３３３、およ

び最適水位データベース３３４は、運用計画システム３０が備えるメモリ２０２や記憶装置２０３が提供する記憶領域として実現される。なお、諸元記憶部３３１、モデル記憶部３３２、電力価格データベース３３３、および最適水位データベース３３４は、運用計画システム３０とは異なるデータベースサーバが管理し、運用計画システム３０がそのデータベースサーバにアクセスするようにしてもよい。

[0098] 諸元記憶部３３１は、貯水施設、河川、発電設備などの各種の諸元の設定値を含む情報（以下、諸元情報という。）を記憶する。図２４は、諸元記憶部３３１に記憶される諸元情報の構成例を示す図である。同図に示すように、諸元情報は、諸元名、単位、および設定値が含まれる。

[0099] 諸元入力部３１１は、諸元情報の入力を受け付け、受け付けた諸元情報を諸元記憶部３３１に登録する。諸元入力部３１１は、例えば、キーボードやマウスなどの入力装置２０５から諸元情報の各項目の入力を受け付けるようにしてもよいし、例えば、電力会社のホストコンピュータにアクセスして諸元情報を取得するようにしてもよい。

[0100] なお、諸元入力部３３１は予め、貯水施設に係る諸元として、水位の最高値（最高運用水位；以下、H_{max}と表記する。単位はｍである。）、および水位の最低値（最低運用水位；以下、H_{min}と表記する。単位はｍである。）の入力を受け付け、受け付けた最高運用水位を含む諸元情報と、最低運用水位を含む諸元情報とを作成して諸元記憶部３３１に登録し、河川に係る諸元として、維持流量（以下、Ｓ０と表記する。単位はm^3／ｓである。）の入力を受け付け、受け付けた維持流量を含む諸元情報を作成して諸元記憶部３３１に登録し、発電設備に係る諸元として、発電に利用する可能な最大の水量（最大取水量；以下、Q_{max}と表記する。単位はm^3／ｓである。）、発電に利用可能な最低の水量（最小取水量；以下、Q_{min}と表記する。単位はm^3／ｓである。）、発電した後に放水する高さ（放水位；以下、H_{out}と表記する。単位はｍである。）、および損失落差（以下、H_{loss}と表記する。単位はｍである。）の入力を受け付けて、受け付けた最大取水量を含む諸元情報、最小

取水量を含む諸元情報、放水位を含む諸元情報、および損失落差を含む諸元情報を作成して諸元記憶部３３１に登録しているものとする。

[0101] 電力価格データベース３３３は、日付ごとの電力価格を記憶する。図２５は電力価格データベース３３３の構成例を示す図である。同図に示すように、電力価格データベース３３３には、日付に対応付けて電力価格（単位は、円／ｋＷｈである。）が記憶されている。本実施形態では、電力価格は日付ごとに変更しうるものとし、また各日の電力価格は予めユーザから入力されて電力価格データベース３３３に登録されているものとする。

[0102] 貯水量設定値入力部３１２は、短期運用期間の初日の開始時点（０時）における貯水量の予定値（以下、初期貯水量という。）の入力を受け付ける。なお、貯水量設定値入力部３１２は、例えば、現在の貯水施設の貯水量を取得して初期貯水量としてもよい。また、貯水量設定値入力部３１２は、過去の水位から初期貯水量を予測するようにしてもよい。

[0103] 最適水位データベース３３４は、月と、当該月の開始時点における水位と、当該月における流入量とに対応する、最適な中期運用期間後の水位を記憶する。図２６は、最適水位データベース３３４の構成例を示す図である。同図に示すように、最適水位データベース３３４には、長期運用期間中の各月ｍごとに、水位H_mおよび流入量F_mに対応付けて、その翌月における最適な水位（１月後最適水位H_{m+1}）が設定される水位流入量別目標水位表３５１を記憶している。後述するように、月と、その月の開始時点における水位と、予測流入量とに対応する１月後最適水位を最適水位データベース３３４から読み出すことにより、その月の最終時点における目標水位を取得することができる。

[0104] 流入量分布取得部３１３は、流入量分布を取得する。本実施形態では、流入量分布取得部３１３は、流入量予測システム２０に流入量分布取得要求を送信し、流入量分布取得要求に応じて流入量予測システム２０が送信する流入量分布を受信することにより流入量分布を取得するものとする。なお、流入量分布取得部３１３は、ユーザから流入量分布の入力を受け付けるように

してもよい。

[0105] 中期計画部３１４は、中期運用期間ごとの最適な水位の計画を作成する。中期計画部３１４は、流入量分布と、後述するモデル記憶部３３２に記憶されている統計モデルとを用いて、確率論的動的計画法により最適な水位の計画を作成して、最適水位データベース３３４に登録する。なお、中期計画部３１４による最適水位計画の作成処理の詳細については後述する。

[0106] 予測流入量取得部３１３は、流入量予測システム２０にアクセスして、流入量予測システム２０が予測した、短期運用期間内の各日についての流入量Ｒの予測値（予測流入量）を取得する。なお、予測流入量取得部３１３は、例えば、キーボードやマウスなどの入力装置２０５から、予測流入量の入力を受け付けるようにしてもよい。

[0107] 短期計画部３１６（最適貯水量決定部）は、シミュレーションにより、短期運用期間中の各日における最適な水位（以下、短期運用水位といい、Ｈと表記する。）を算出し、算出した各日の短期運用水位を出力装置に出力する。短期計画部３１６は、後述するモデル記憶部３３２に記憶されている統計モデルを用いてシミュレーションを行う。

[0108] モデル記憶部３３２には、以下のモデルＢ１～Ｂ１１が記憶されている。

[0109] モデルＢ１は、貯水量Ｖに基づいて運用水位Ｈを算出するためのもの（水位算出モデル）であり、次式により表される。なお、ａは貯水施設に固有の定数である。

$$H = \sqrt{V \times 24 \times 3600 \div a} \quad \cdots \text{（B 1）}$$

モデルＢ２は、最高運用水位H_{max}に基づいて貯水量の上限（以下、上限貯水量といい、V_{max}と表記する。）を算出するためのものであり、次式により表される。

$$V_{\max} = a \times {H_{\max}}^2 \div 24 \div 3600 \quad \cdots \text{（B 2）}$$

モデルＢ３は、最低運用水位H_{min}に基づいて貯水量の下限（以下、下限貯水量といい、V_{min}と表記する。）を算出するためのものであり、次式により

表される。

$$V_{\min} = a \times H_{\min}{}^{2} \div 24 \div 3600 \quad \cdots \text{（Ｂ３）}$$

モデルＢ４は、１日の０時から２４時（すなわち次の日の０時）の貯水量に基づいて、単位期間の開始時点から終了時点までの貯水量の差（以下、貯水量差といい、ΔＶと表記する。）を算出するものであり、ある日付ｔの０時における貯水量をＶ$_t$として、次式により表される。

$$\Delta V_t = V_{t+1} - V_t \quad \cdots \text{（Ｂ４）}$$

モデルＢ５は、流入量Ｒから維持流量Ｓ０および貯水量差ΔＶを引いた水量（Ｒ０）を算出するためのものであり、次式により表される。

$$R0 = R - S0 - \Delta V \quad \cdots \text{（Ｂ５）}$$

モデルＢ６は、最小取水量Ｑ$_{min}$、最大取水量Ｑ$_{max}$、最低運転出力ＱＯ$_{min}$およびＲ０に基づいて、取水量Ｑを決定するためのもの（取水量算出モデル）であり、次式により表される。

$$Q = \begin{cases} R0 \quad (Q_{\min} \le R0 \le Q_{\max}) \\ Q_{\min} \quad (R0 < Q_{\min}) \\ Q_{\max} \quad (Q_{\max} < R0) \\ 0 \quad (R0 < Q0_{\min}) \quad (\text{ただし、} R0 \ge 0, Q0_{\min} \ge 0) \end{cases} \quad \cdots \text{（Ｂ６）}$$

すなわち、Ｒ０が、最小取水量Ｑ$_{min}$以上であり、かつ、最大取水量Ｑ$_{max}$以下である場合には、Ｒ０が取水量Ｑとなり、Ｒ０が最小取水量Ｑ$_{min}$よりも小さい場合には最小取水量Ｑ$_{min}$が取水量Ｑとなり、Ｒ０が最大取水量よりも大きい場合には最大取水量Ｑ$_{max}$が取水量Ｑとなる。ただし、Ｒ０が最低運転出力ＱＯ$_{min}$よりも小さい場合は、取水量Ｑは０となる。

[0110] モデルＢ７は、Ｒ０および取水量Ｑに基づいて、１日に貯水施設において放流される水量（以下、普通放流量といい、Ｓと表記する。）を算出するためのものであり、次式により表される。

$$S = R0 - Q \quad \cdots \text{（Ｂ７）}$$

モデルＢ８は、１日の終了時点における運用水位、放水位H_{out}および損失落差H_{los}に基づいて、有効落差ｈｎを算出するためのものであり、日付ｔの０時における運用水位をH_tとし、水位を海抜高さに変換するための所定の定数をｂとして、次式により表される。

$$hn = \frac{H_t + H_{t+1}}{2} + b - H_{out} - H_{los} \quad \cdots (B8)$$

モデルＢ９は、取水量Ｑおよび有効落差ｈｎに基づいて１日に発電される発電電力Ｐｎを算出するためのものであり、発電の変換効率に係る係数をｃ、重力加速度をｇとして、次式により表される。

$$Pn = Q \times hn \times c \times g \quad \cdots (B9)$$

モデルＢ１０は、発電電力Ｐｎに基づいて１日に発電される発電電力量Ｅｎを算出するためのもの（電力量算出モデル）であり、次式により表される。

$$En = Pn \times 24 \quad \cdots (B10)$$

モデルＢ１１は、ある日付についての発電電力量Ｅｎと、その日付に対応する電力価格とに基づいて売電額を算出するためのものであり、次式により表される。

$$\text{売電額} = En \times \text{電力価格} \quad \cdots (B11)$$

[0111] ＝＝中期計画＝＝

中期計画部３１４は、流入量分布と上記の統計モデルとを用いて確率論的動的計画法により最適な水位を算出する。具体的には、中期計画部３１４は、次式を満たす水位の組合せを求める。

$$E(m, H_m, F_m) = \underset{H_{m+1}}{Max}\left[GE(H_m, H_{m+1}, F_m) + \sum_{F_{m+1}} \Pr(F_{m+1} \mid F_m) E(m+1, H_{m+1}, F_{m+1}) \right]$$

$\cdots (B12)$

式Ｂ１２において、ＧＥ（H_m，H_{m+1}，F_m）は、月ｍの開始時点ｍにおい

て水位がH_mであり、月ｍの終了時点（月ｍ＋１の開始時点）ｍ＋１における水位がH_{m+1}であり、月ｍの流入量がF_mである場合の発電電力量Ｅｎである。ここで、月ｍにおける発電電力量は、上記モデルＢ１０により算出される１日あたりの発電電力量Ｅｎに、月ｍの日数を乗じることにより算出される。

[0112] 図２７～２９は、確率論的動的計画法により最適な水位を求める方法を説明するための図である。図２７～２９の例では、説明を簡単にするために、長期運用期間が４ヶ月であるものとし、貯水施設の水位はｈ１～ｈ３のいずれかの値のみを取るものとしている。なお、中期計画部３１４は、終了時点ｍ５における水位がｈ１～ｈ３のそれぞれである場合について以下の処理を行う。

[0113] 図２７に示すように、中期計画部３１４は、前の期（ステージ）の合計発電電力量Ｅ（１，H_1，F_1）を０として、第４月の開始時点ｍ４における水位ごとに、第４月における各流入量ごとに発電電力量を算出し、算出した発電電力量に、第１月の流入量の発生確率を乗じて算出された水位毎の期待値を加算したもの（ここでは合計発電電力量が０であるため、期待値も０になる。）を第４月の期待値として算出する。中期計画部３１４は、第４月の期待値が最も大きいもの（図中に太線で示す。）を選択する（ステップ１）。

[0114] 中期計画部３１４は、時点ｍ４における水位と、時点ｍ３における水位の各組合せについて、第３月における発電電力量を算出し、算出値に第４月の流入量の発生確率を乗じて算出された水位毎の期待値を加算したものを第３月以降の期待値として算出する。中期計画部３１４は、第３月以降の期待値が最も大きい組合せ（図中に太線で示す。）を選択する（ステップ２）。

[0115] 中期計画部３１４は、同様に、時点ｍ３における水位と、時点ｍ２における水位の各組合せについて、第２月における発電電力量に、第３月の流入量の発生確率を乗じて算出された水位毎の期待値を加算して、第２月以降の発電電力量の期待値を算出し、第２月以降の期待値が最大になる組合せ（図中に太線で示す。）を選択する（ステップ３）。

[0116] 中期計画部３１４は、第１月についても、時点ｍ２における水位と、時点ｍ１における水位との各組合せについて、第１月における発電電力量に、第２月の流入量の発生確率を乗じて算出された水位毎の期待値を加算した、第１月以降の発電電力量の期待値を算出し、第１月以降の期待値が最大になる組合せ（図中に太線で示す。）を選択する（ステップ４）。

以上のようにして最適な水位が決定される。

[0117] 上記説明では、長期運用期間の終了時点における水位（目的水位）のみを与え、発電電力量の期待値を最大化するような各月の水位の組合せを算出する手順を示したが、長期運用期間の終了時点における水位によっては、次の長期運用期間の運用パフォーマンスが悪化することが考えられる。この問題を解決するために長期運用期間における合計発電電力量の期待値が最大となるまで繰り返していく。

[0118] 中期計画部３１４は、上述した各処理（ステージ）が終わるごとに、第１月から第４月までの発電電力量の合計値を、第１月の水位H_1および第１月の流入量F_1に対応付けて管理する水位流入量別電力量表３４１を作成していく。水位流入量別電力量表３４１の構成例を図２８に示す。中期計画部３１４は、二回目以降の各ステージにおいては、前のステージの合計発電電力量を水位流入量別電力量表３４１から読み出して、上記処理を行う（図２９参照）。中期計画部３１４は、前のステージにおける合計電力量と、現在のステージにおける合計電力量との差が所定値以下となるまで上記処理を繰り返す。

[0119] 図３０は、長期運用期間における最適水位の計画処理の流れを示す図である。

中期計画部３１４は、処理のステージを示すＳＴに１を設定し（Ｓ３６０１）、最終月（本実施形態では第１２月）から第１月までの各月について、確率的動的計画法による水位の計画処理を行う（Ｓ３６０２）。図３１は、確率的動的計画法による水位計画処理に用いられる表である水位流入量別発電電力量表３５２の構成を示す図である。図３１に示す水位流入量別発電電

力量表３５２には、第１２月の水位H_{12}と、第１２月の流入量F_{12}とに対応づけて、第１２月における発電電力量が登録される。

[0120] 図３２および図３３は、確率的動的計画法による水位計画処理の流れを示す図である。

図３２は、最終月（１２月）についての水位計画処理の流れを示す図である。中期計画部３１４は、１つ前の処理に係る月である第１月（第１２月から第１月までの各月に対して処理が行われるため、第１２月の１つ前の処理に係る月は第１月となる。）までの累計発電電力量Ｅ（１，H_1，F_1）を０とし（Ｓ３６２１）、最終月の水位H_{12}に、最低水位H_{min}を設定する（Ｓ３６２２）。中期計画部３１４は、１２月までの累計発電電力量Ｅ（１２，H_{12}，F_{12}）に０を設定し（Ｓ３６２３）、１２月の流入量F_{12}に、最小流入量F_{min}を設定する（Ｓ３６２４）。中期計画部３１４は、１月の水位H_1に最低水位H_{min}を設定し（Ｓ３６２５）、諸元記憶部３３１に記憶されている各諸元を上述したモデルに適用して、発電電力量Ｅｎを算出する（Ｓ３６２６）。中期計画部３１４は、Ｅｎに３１（１２月の日数）を乗じて、１ヶ月の発電電力量の期待値ＧＥを算出する（Ｓ３６２７）。中期計画部３１４は、１月の流入量F_1の発生確率を取得し（Ｓ３６２８）、各F_1について、F_{12}を条件としたF_1の条件付確率を累計発電電力量Ｅ（１２，H_{12}，F_{12}）に乗じた値を合計してＧＥに加算し、Ｅ１（１２，H_{12}，F_{12}）を算出する（Ｓ３６２９）。

[0121] 中期計画部３１４は、Ｅ１（１２，H_{12}，F_{12}）が、Ｅ（１２，H_{12}，F_{12}）以上である場合（Ｓ３６３０：ＹＥＳ）、Ｅ（１２，H_{12}，F_{12}）にＥ１（１２，H_{12}，F_{12}）を設定して（Ｓ３６３１）、月１２、H_{12}、H_1、F_{12}を水位流入量別目標水位表３５１および水位流入量発電電力量表３５２に登録する（Ｓ３６３２）。

[0122] 中期計画部３１４は、H_1に単位水位を加算し（Ｓ３６３３）、加算後のH_1が最高水位H_{max}よりも大きくなければ（Ｓ３６３４：ＮＯ）、ステップＳ３６２６からの処理を繰り返す。加算後の水位H_1が最高水位H_{max}よりも大

きい場合には（Ｓ３６３４：ＹＥＳ）、中期計画部３１４は、流入量$Ｆ_{12}$に単位流入量を加算する（Ｓ３６３５）。流入量$Ｆ_{12}$が最大流入量$Ｆ_{max}$を越えていない場合には（Ｓ３６３６：ＮＯ）、ステップＳ３６２５からの処理を繰り返す。流入量$Ｆ_{12}$が最大流入量$Ｆ_{max}$を越えた場合（Ｓ３６３６：ＹＥＳ）、中期計画部３１４は、水位$Ｈ_{12}$に単位水位を加算し（Ｓ３６３７）、加算後の水位$Ｈ_{12}$が最大水位$Ｈ_{max}$よりも大きくなっていなければ（Ｓ３６３８：ＮＯ）、ステップＳ３６２３からの処理を繰り返す。中期計画部３１４は、水位$Ｈ_{12}$が最大水位$Ｈ_{max}$よりも大きくなると（Ｓ３６３８）、処理を終了する。

[0123] 図３３は、最終月（１２月）以外の月ｍ（ｍ＝１１，１０，．．．，１）についての水位計画処理の流れを示す図である。まず、中期計画部３１４は、１つ前の処理に係る月ｍ＋１までの累計発電電力量Ｅ（ｍ＋１，$Ｈ_{m+1}$，$Ｆ_{m+1}$）を、水位流入量別発電電力量表３５２から算出する（Ｓ３６４１）。上述した図３２の最終月に係る水位計画の処理では、累計発電電力量Ｅ（１，$Ｈ_{1}$，$Ｆ_{1}$）を０として計算をしていたが（図３２、Ｓ３６２１）、これは、最初に図３２の処理を実行するとき、水位流入量別発電電力量表３５２に値が登録されていないためである。

[0124] 次に、中期計画部３１４は、図３２の処理と同様に、月ｍの水位$Ｈ_{m}$に、最低水位$Ｈ_{min}$を設定し（Ｓ３６４２）、月ｍまでの累計発電電力量Ｅ（ｍ，$Ｈ_{m}$，$Ｆ_{m}$）に０を設定し（Ｓ３６４３）、月ｍの流入量$Ｆ_{m}$に、最小流入量$Ｆ_{min}$を設定する（Ｓ３６４４）。中期計画部３１４は、前の期の月ｍ＋１の水位$Ｈ_{m+1}$に最低水位$Ｈ_{min}$を設定し（Ｓ３６４５）、諸元記憶部３３１に記憶されている各諸元を上述したモデルに適用して、発電電力量Ｅｎを算出する（Ｓ３６４６）。中期計画部３１４は、Ｅｎに月ｍの日数を乗じて、１ヶ月の発電電力量の期待値ＧＥを算出する（Ｓ３６４７）。中期計画部３１４は、前期の月ｍ＋１の流入量$Ｆ_{m+1}$の発生確率を取得し（Ｓ３６４８）、各$Ｆ_{m+1}$について、$Ｆ_{m+1}$を条件とした$Ｆ_{m}$の条件付確率を累計発電電力量Ｅ（ｍ＋１，$Ｈ_{m+1}$，$Ｆ_{m+1}$）に乗じた値を合計してＧＥに加算し、Ｅ１（ｍ，$Ｈ_{m}$，$Ｆ_{m}$

）を算出する（Ｓ３６４９）。

[0125] 中期計画部３１４は、Ｅ１（ｍ，H_m，F_m）が、Ｅ（ｍ，H_m，F_m）以上である場合（Ｓ３６５０：ＹＥＳ）、Ｅ（ｍ，H_m，F_m）にＥ１（ｍ，H_m，F_m）を設定して（Ｓ３６５１）、月ｍ、H_m、H_{m+1}、F_mを水位流入量別目標水位表３５１および水位流入量発電電力量表３５２に登録する（Ｓ３６５２）。

[0126] 中期計画部３１４は、H_{m+1}に単位水位を加算し（Ｓ３６５３）、加算後のH_{m+1}が最高水位H_{max}よりも大きくなければ（Ｓ３６５４：ＮＯ）、ステップＳ３６４６からの処理を繰り返す。加算後の水位H_{m+1}が最高水位H_{max}よりも大きい場合には（Ｓ３６５４：ＹＥＳ）、中期計画部３１４は、流入量F_mに単位流入量を加算する（Ｓ３６５５）。流入量F_mが最大流入量F_{max}を越えていない場合には（Ｓ３６５６：ＮＯ）、ステップＳ３６４５からの処理を繰り返す。流入量F_mが最大流入量F_{max}を越えた場合（Ｓ３６５６：ＹＥＳ）、中期計画部３１４は、水位H_mに単位水位を加算し（Ｓ３６５７）、加算後の水位H_mが最大水位H_{max}よりも大きくなっていなければ（Ｓ３６５８：ＮＯ）、ステップＳ３６４３からの処理を繰り返す。中期計画部３１４は、水位H_mが最大水位H_{max}よりも大きくなると（Ｓ３６５８）、処理を終了する。

[0127] 第１２月から第１月までの各月について上記確率的動的計画法による水位計画処理を行った後、中期計画部３１４は、図３４に示す期待合計発電電力量の計算処理を行う（Ｓ３６０３）。中期計画部３１４は、H_1にH_{min}を設定し（Ｓ３６６１）、単位流入量ごとの各F_1の発生確率を取得する（Ｓ３６６２）。中期計画部３１４は、第１月までの累積発電電力量Ｅ（１，H_1，F_1）を水位流入量別発電電力量表３５２から算出し（Ｓ３６６３）、各F_1について、F_{12}を条件としたF_1の条件付確率をＥに乗じた値を合計して、ステージの期待合計発電電力量ＥＥ（１，H_1）を算出する（Ｓ３６６４）。中期計画部は、H_1に単位水位を加算し（Ｓ３６６５）、H_1がH_{max}を越えなければ（Ｓ３６６６：ＮＯ）、ステップＳ３６６３からの処理を繰り返す。

[0128] 図３０に戻り、中期計画部３１４は、ＳＴが１である場合（Ｓ３６０４：１）、期待合計発電電力量ＥＥ（１，H_1）をＥ０２（１，H_1）として設定し（Ｓ３６０５）、ＳＴが２である場合には（Ｓ３６０４：２）、期待合計発電電力量ＥＥ（１，H_1）をＥ０１（１，H_1）として設定する（Ｓ３６０６）。中期計画部３１４は、ＳＴをインクリメントして（Ｓ３６０７）、ステップＳ３６０２の最終月から第１月までの確率的計画法による水位計画処理からの処理を繰り返す。

[0129] 一方、ＳＴが３以上である場合には（Ｓ３６０４：３以上）、中期計画部３１４は、期待合計発電電力量ＥＥ（１，H_1）をＥ００（１，H_1）として設定し（Ｓ３６０９）、Ｅ０２（１，H_1）からＥ０１（１，H_1）を減じた第１の値を、Ｅ０１（１，H_1）からＥ００（１，H_1）を減じた第２の値で割った商が所定の閾値を越えていないかどうかにより、収束を判断する。上記商が閾値を越えている場合（Ｓ３６１０：ＹＥＳ）、中期計画部３１４は、Ｅ０２（１，H_1）にＥ０１（１，H_1）を設定し（Ｓ３６１１）、Ｅ０１（１，H_1）にＥ００（１，H_1）を設定して（Ｓ３６１２）、上述したステップＳ３６０７に進む。上記商が閾値を越えていなければ（Ｓ３６１０：ＮＯ）、中期計画部３１４は、処理を終了する。

[0130] 以上のようにして、最適水位データベース３３４に格納される各月についての水位流入量別目標水位表３５１が更新される。

本実施形態の運用計画システム３０によれば、将来の流入量の予測値を用いて、長期運用期間における発電電力量の期待値を大きくする、中期運用期間の開始時点および終了時点の水位の組合せを求めることができる。したがって、貯水施設の運用者は、中期運用期間の開始時点に、最適水位データベース３３４を参考にして、その時点での水位に対応する１ヶ月後の水位を目標の水位として貯水施設を運用することにより、１年間の発電電力量を大きくすることが可能となる。よって、貯水施設の運用者の経験が浅い場合であっても容易に最適な水位に調整することができる。

[0131] また、本実施形態の運用計画システム３０によれば、貯水施設の運用者の

勘と経験によって水位を計画する場合に比べ、客観的なデータに基づいて、水位の計画を策定することができる。また、本実施形態の運用計画システム３０では、確率論的動的計画法を用いることにより、将来の流入量の予測値を確率分布として求めた場合でも、貯水施設における発電電力量の期待値を大きくする最適な水位の計画を容易に導出することができる。

[0132] ＝＝短期計画＝＝

上述のように、中期計画部３１４は、中期運用期間（月）の開始時点および終了時点の最適な水位の組合せを求めるのに対し、短期計画部３３４は、短期運用期間（６日）における売電額を大きくするように、短期運用期間における水位を計画する。

[0133] 短期計画部３１６は、貯水量設定値入力部３１２が受け付けた初期貯水量を短期運用期間の初日のV_1とし、V_1をモデルＢ１に適用し、初日の水位H_1を算出する。短期計画部３１６は、短期運用期間が属する月とH_1とに対応する１月後最適水位を読み出して、短期運用期間の終了時点（７日目の開始時点でもある。）における水位H_2とする。短期計画部３１６は、水位H_2およびモデルＢ２またはＢ３を用いて、短期運用期間の終了時点における貯水量の目標値（以下、最終目的貯水量という。）V_7を算出する。短期計画部３１６は、各日付ｔ（ｔ＝２～６）について、０時における貯水量V_tをV_{min}からV_{max}の間で所定のステップ（例えば、０．１や０．５、１など）で変化させてシミュレーションを行い、Ｅｎが最大となるようにV_tを決定する。短期計画部３１６は、このシミュレーションにおいて、動的計画法を用いるものとする。動的計画法を用いることで、最適なV_tの組合せを迅速に算出することができる。

[0134] ＝＝画面例＝＝

図３５は、運用水位のシミュレーションに用いられる画面６０の一例を示す図である。画面６０には、運用期間の入力欄６１１、初期貯水量の入力欄６１２、最終目的貯水量の入力欄６１３、および各種諸元の表示欄６２１～６２７が設けられている。

[0135] 短期計画部３１６は、諸元記憶部３３１から、最小運用水位および最大運用水位に対応する設定値（H_{min}およびH_{max}）を読み出し、読み出したH_{min}およびH_{max}を表示欄６２１および表示欄６２２に表示する。短期計画部３１６は、諸元記憶部３３１から、維持流量に対応する設定値（Ｓ０）を読み出し、読み出したＳ０を表示欄６２３に表示する。短期計画部３１６は、諸元記憶部３３１から、最小取水量および最大取水量に対応する設定値（Q_{min}およびQ_{max}）を読み出し、読み出したQ_{min}およびQ_{max}を表示欄６２４および６２５にそれぞれ表示する。短期計画部３１６は、諸元記憶部３３１から、放水位に対応する設定値（H_{out}）を読み出し、読み出したH_{out}を表示欄６２６に表示する。短期計画部３１６は、諸元記憶部３３１から、損失落差に対応する設定値（H_{los}）を読み出し、読み出したH_{los}を表示欄６２７に表示する。

[0136] また、短期計画部３１６は、上述したモデルＢ２およびモデルＢ３を用いて、V_{max}およびV_{min}を算出し、算出したV_{max}およびV_{min}を表示欄６３１および表示欄６３２にそれぞれ表示する。

[0137] 予測流入量取得部３１３は、流入量予測システム２０にアクセスして、流入量予測システム２０が予測した、運用期間内の各日についての流入量Ｒの予測値を取得し、取得したＲを表示欄６３３に表示する。

[0138] 入力欄６１１、６１２および６１３に運用期間、初期貯水量および最終目的貯水量が入力され、ボタン６４１が押下されると、貯水量設定値入力部３１２は、入力欄６１１、６１２および６１３に入力された運用期間、初期貯水量、および最終目的貯水量の入力を受け付け、短期計画部３１６は、運用期間中の各日について貯水量Ｖをシミュレーションする。短期計画部３１６は、例えば以下のようにして貯水量Ｖのシミュレーションを行う。なお、図３５の例では、貯水施設に固有の係数ａ＝３００００であり、水位を海抜高さに変換する定数ｂ＝５００であるものとしている。

[0139] 短期計画部３１６は、入力欄６１２に入力された初期貯水量を第１日目の貯水量V_1とし、入力欄６１３に入力された最終目的貯水量を第７日目の貯水

量V_7とし、第１日目から第６日目までの貯水量V_tのシミュレーションを行い、貯水量Ｖを表示欄６５１に表示する。

[0140] 短期計画部３１６は、各日付についての貯水量Ｖをモデル Ｂ１に適用して運用水位Ｈを算出し、算出した運用水位Ｈを表示欄６５２に表示する。短期計画部３１６は、１～６日目の日付ｔについて、V_tおよびV_{t+1}をモデルＢ４に適用して、各日付ｔについての貯水量差ΔV_tを算出し、算出した貯水量差ΔV_tを表示欄６５３に表示する。

[0141] 短期計画部３１６は、流入量の予測値Ｒ、維持流量Ｓ０、および貯水量差ΔＶをモデルＢ５に適用してＲ０を算出し、モデルＢ６によりＲ０に応じた取水量Ｑを決定し、決定した取水量Ｑを表示欄６５４に表示する。短期計画部３１６は、Ｒ０および取水量Ｑをモデル Ｂ７に適用して、普通放流量Ｓを算出し、算出したＳを表示欄６５５に表示する。

[0142] 短期計画部３１６は、１～６日目の各日ｔについて、上記算出した運用水位H_{t+1}、放水位H_{out}および損失落差H_{los}をモデルＢ８に適用して、有効落差ｈｎを算出し、算出したｈｎを表示欄６５６に表示する。

[0143] 短期計画部３１６は、取水量Ｑ、有効落差ｈｎをモデルＢ９に適用して、発電電力Ｐｎを算出して表示欄６５７に表示するとともに、算出したＰｎをモデルＢ１０に適用して発電電力量Ｅｎを算出し、算出したＥｎを表示欄６６０に表示する。

[0144] 短期計画部３１６は、運用期間中の各日の日付に対応する電力価格を電力価格データベース３３３から読み出して表示欄６５９に表示するとともに、上記Ｅｎおよび読み出した電力価格をモデルＢ１１に適用して、売電額を算出し、算出した売電額を表示欄６５８に表示する。

[0145] 短期計画部３１６は、貯水量V_t（ｔ＝２～６）を最大V_{min}からV_{max}まで変化させて、上記の処理を繰り返すことによりシミュレーションを行い、運用期間中の売電額の合計額が最大となる貯水量Ｖの組合せを決定する。なお、短期計画部３１６は、動的計画法により、貯水量Ｖの組合せを決定することで、効率的に最適な貯水量を決定することができる。短期計画部３１６

は、決定した貯水量Ｖの組合せに対応するように表示欄６５１～６６０を表示する。

[0146] 図３６は、ある貯水施設において、過去の実績水位についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。

図３６（ａ）は、比較的豊水期として知られている２００３年７月における取水量および運用水位の変化を示すグラフである。貯水施設では、運用者の経験によって運用水位が決定されており、２００３年７月期における売電額の実績値は約２５８（百万円）であった。これに対して、上記シミュレーションの結果の貯水量Ｖの組合せに対応する売電額は約２６９（百万円）となった。すなわち、約４％の売電額の上昇がみられた。

[0147] 図３６（ｂ）は、比較的渇水期として知られている２００７年４月における取水量および運用水位の変化を示すグラフである。２００７年４月期における売電額の実績値は１０７（百万円）であったところ、上記シミュレーションの結果の貯水量Ｖの組合せに対応する売電価格は１１４（百万円）となり、約６％の上昇がみられた。

[0148] このように、上記シミュレーションにより、売電額が最大になるように貯水量Ｖの組合せを決定して運用水位Ｈを運用することで、運用者の経験による運用に比べて売電額の上昇が可能になることが確認された。

[0149] 以上説明したように、本実施形態の水位運用支援システムによれば、初期貯水量および最終目的貯水量に応じて、売電額が最大になるような運用水位を提示することができる。したがって、貯水施設の運用者は、水位運用支援システムからの提示を参考にして、貯水位施設の水位を運用することで、より効率的かつ効果的に水力発電を行うことができる。

[0150] なお、本実施形態では、降水量予測システム１０、流入量予測システム２０、運用計画システム３０はそれぞれ異なるコンピュータであるものとしたが、１台のコンピュータにより実現することもできる。また、降水量予測システム１０、流入量予測システム２０および運用計画システム３０のいずれかを、複数台のコンピュータにより実現するようにすることもできる。

[0151] また、本実施形態の降水量予測システム１０では、天気は、「晴」「曇」「雪」「雨」「大雨」のいずれかであるものとしたが、例えば、「みぞれ」や「ひょう」などを含めてもよい。また、本実施形態では、時間語は、「時々」「一時」「後」のいずれかであるものとしたが、例えば、「次第に」「はじめ」などを含めてもよい。

[0152] また、本実施形態の降水量予測システム１０では、天気概況情報には昼の時間帯および夜の時間帯の天気概況が含まれているものとしたが、これに限らず、１日の天気概況のみが含まれていてもよいし、午前、午後、夜など３つ以上の時間帯についての天気概況が含まれていてもよい。

[0153] また、本実施形態の降水量予測システム１０では、パターン表１６１の行列ともに、降水量への度合いの強い順に天気語および時間語が並んでいるものとしたが、例えば、天気語および時間語に対応付けて、降水量に関する度合い（優先度）を記憶する優先度記憶部を備えるようにしてもよい。この場合、天気パターン登録部１１２は、パターン表１６１を用いず、図６のステップＳ１５１４で天気チャンクのリストを生成し、リストに含まれる天気チャンクのそれぞれについて、含まれる天気語に対応する度合いと、含まれる時間語に対応する度合いとを優先度記憶部から取得し、取得した度合いの合計値を当該天気チャンクの優先度とする。天気パターン登録部１１２は、天気語のそれぞれについて、当該天気語が含まれる天気チャンクを特定し、特定した天気チャンクのうち、最も優先度が高いものを残して、それ以外をリストから削除する。天気パターン登録部１１２は、リストに残った天気チャンクに基づいて、天気パターン情報を作成して天気パターンデータベース１３２に登録することができる。

[0154] また、本実施形態の降水量予測システム１０では、天気パターンデータベース１３２は、日付と天気チャンクに対応するフラグ値が登録されるものとしたが、これに限らず、例えば、日付に対応付けて、天気チャンクのリストを登録するようにしてもよい。また、天気パターンデータベース１３２に、日付に対応付けて、天気概況情報に含まれていた降水量も記憶するようにし

てもよい。

[0155] また、本実施形態の流入量予測システム２０では、パーセンタイル値を用いて予測降水量を決定するものとしたが、これに限らず、平均値や中央値などとしてもよい。

[0156] また、本実施形態では、流入量および水位は単位流入量および単位水位ごとの離散値であるものとしたが、実数の連続値としてもよい。この場合、流入量予測システム２０において作成される流入量分布は、流入量に応じた確率を求める関数として記述され、また、運用計画システム３０の最適水位データベース３３４は、月、水位、および流入量を引数として、１ヵ月後の最適水位を求める関数として記述される。

[0157] また、本実施形態の運用計画システム３０では、長期運用期間は１年であり、中期運用期間は１ヶ月であり、短期運用期間は６日であるものとしたが、これに限らず、任意の長さを設定することができる。例えば、長期運用期間を半年や３ヶ月などとしてもよいし、中期運用期間を３ヶ月や旬（１０日）、１週間としてもよい。また、短期運用期間を２週間や１週間、４日などとしてもよい。

[0158] また、本実施形態の運用計画システム３０では、確率論的動的計画法により中期運用期間の開始時点および終了時点における最適な水位の組合せを求めるものとしたが、これに限らず、長期運用期間における発電電力量の期待値を最大化するような、各種の最適経路探索手法を用いて水位を算出することができる。

[0159] また、本実施形態の運用計画システム３０では、売電額が最大になるように貯水量Ｖの組合せを決定するものとしたが、発電電力量Ｅｎが最大となるような組合せを決定するようにしてもよい。この場合、価格の変動に関わらず、より効率的な発電を行うことが可能となる。

[0160] また、運用計画システム３０は、普通放流量Ｓの上限を設けて、シミュレーションを行うようにしてもよい。この場合、短期計画部３１６は、ユーザから上限値の入力を受け付けて、普通放流量Ｓが上限値を超えない貯水量Ｖ

の組合せのうち、売電額が最大になるものを決定するようにする。図３７は、上記２００３年７月期における放流量Ｓの実績値と、上限値を設けなかった場合に売電額が最大になるときの放流量Ｓの理論値と、上限値を１５ｍ^3／ｓと設定した場合に売電額が最大になるときの放流量Ｓの理論値とを比較したグラフである。図３７に示すように、例えば、７月２４日では、放流量Ｓが２５（ｍ^3／２）近くまで増加している。この場合の売電額も、約２６９（百万円）となり、約４%の上昇がみられた。したがって、実際の貯水施設の運用時には、例えば、釣り人やキャンプをしている人などがいる場合などの、下流への影響を考慮して、放流量には上限値を設けることが行われるが、上限値を設けたとしても、上記のシミュレーションの結果に従って貯水施設の水位を運用することで、より効率的な発電を行うことが可能となる。

[0161] また、本実施形態の流入量予測システム２０では、ダムなどの貯水施設に河川から流入する水量についての予測を行うものとしたが、河川を流れる水量の予測を行うシステムにも容易に適用することができる。この場合、河川の上流域における気温や降水量の予報値および実績値などを取得および記録するものとする。

[0162] また、本実施形態の運用計画システム３０では、流入量予測システム２０から流入量Ｒを取得するものとしたが、これに限らず、例えば、流入量Ｒの入力をユーザから受け付けるようにしてもよい。また、過去の流入量の実績値をデータベースに記憶しておき、過去の実績値をＲとして読み出してシミュレーションするようにしてもよい。

[0163] また、本実施形態の運用計画システム３０では、予め電力価格は電力価格データベース３３３に記憶されているものとしたが、例えば、日本卸電力取引所における電力価格（ＪＥＰＸ価格）を自動的に取得するようにしてもよい。この場合、電力価格データベース３３３を省略して、短期計画部３１６によるシミュレーションの度に、ＪＥＰＸ価格を取得するようにすることもできる。

[0164] 以上、本実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の理解を容

易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良され得ると共に、本発明にはその等価物も含まれる。

符号の説明

[0165] １０　降水量予測システム、２０　流入量予測システム、３０　運用計画システム、４０　通信ネットワーク、１０１　ＣＰＵ、１０２　メモリ、１０３　記憶装置、１０４　通信インタフェース、１０５　入力装置、１０６　出力装置、１１１　天気概況取得部、１１２　天気パターン登録部、１１３　予測降水量取得要求受信部、１１４　天気予報取得部、１１５　降水量予測部、１１６　予測降水量送信部、１３１　天気概況データベース、１３２　天気パターンデータベース、２０１　ＣＰＵ、２０２　メモリ、２０３　記憶装置、２０４　入力装置、２０５　出力装置、２１１　降雪気温推計部、２１２　融雪量モデル推計部、２１３　流入量モデル推計部、２１４　予測気温取得部、２１５　予測降水量取得部、２１６　予測流入量取得要求受信部、２１７　流入量予測部、２１８　予測流入量送信部、２１９　流入量分布取得要求受信部、２２０　流入量発生確率モデル推計部、２２１　流入量分布生成部、２２２　流入量分布送信部、２３１　モデル記憶部、２３２　パラメタ記憶部、２３３　気象実績データベース、２１１　降雪気温推計部、２１２　融雪量モデル推計部、２１３　流入量モデル推計部、２１４　予測気温取得部、２１５　予測降水量取得部、２１６　予測流入量取得要求受信部、２１７　流入量予測部、２１８　予測流入量送信部、２１９　流入量分布取得要求受信部、２２０　流入量発生確率モデル推計部、２２１　流入量分布生成部、２２２　流入量分布送信部、２３１　モデル記憶部、２３２　パラメタ記憶部、２３３　気象実績データベース、３１１　諸元入力部、３１２　貯水量設定値入力部、３１３　流入量分布取得部、３１４　中期計画部、３１５　予測流入量取得部、３１６　短期計画部、３３１　諸元記憶部、３３２　モデル記憶部、３３３　電力価格データベース、３３４　最適水位データベース、３５１　水位流入量別目標水位表、３５２　水位流入

量別発電電力量表

請求の範囲

[請求項1] 水力発電のための貯水施設の運用を支援するシステムであって、

所定の運用期間を構成する単位期間の開始時点における水位と、前記単位期間における前記貯水施設への流入量とに対応づけて、前記単位期間の終了時点における最適な水位である最適水位を記憶する最適水位テーブルと、

前記運用期間の開始時点における前記貯水施設の水位を取得する水位取得部と、

前記各単位期間における流入量の予測値を取得する予測流入量取得部と、

前記各単位期間について、前記開始時点における水位および当該単位期間における前記流入量の予測値に対応する前記最適水位を前記最適水位テーブルから読み出すとともに、読み出した前記最適水位を当該単位期間の次の単位期間の開始時点における水位としていく水位計画部と、

前記各単位期間についての前記最適水位を記憶する水位計画記憶部と、

を備え、

前記各単位期間の終了時に、前記水位取得部は、現在時点における前記貯水施設の水位である現在水位を取得し、前記予測流入量取得部は、当該単位期間の次の単位期間以後における前記流入量の予測値を取得し、前記水位計画部は、前記現在水位を前記次の単位期間の開始時点における水位として、前記次の単位期間以後の前記各単位期間について前記最適水位を前記最適水位テーブルから読み出していき、前記読み出した最適水位により前記水位計画記憶部を更新すること、

を特徴とする貯水施設運用支援システム。

[請求項2] 請求項１に記載の貯水施設運用支援システムであって、

前記予測流入量取得部は、前記各単位期間における複数の前記流入

量の予測値と、当該予測値の発生確率とを取得し、

前記最適水位テーブルは、前記貯水施設がとりうる各水位と、前記各単位期間における前記流入量の予測値と、前記流入量の予測値の発生確率とに基づいて、確率的動的計画法により作成されること、

を特徴とする貯水施設運用支援システム。

[請求項3] 請求項２に記載の貯水施設運用支援システムであって、

前記単位期間ごとに、前記流入量の実績値を記憶するデータベースと、

ある第１単位期間の直前の第２単位期間における前記流入量と所定の定数である均衡流入量との差を説明変数とし、前記第２単位期間から前記第１単位期間までの前記流入量の増加量を目的変数とする統計モデルを記憶するモデル記憶部と、

前記データベースに記憶されている前記流入量の実績値、および前記統計モデルに基づいて回帰分析を行い、前記説明変数についての回帰係数および前記均衡流入量を推計する流入量モデル推計部と、

前記各単位期間について、当該単位期間である第１単位期間の直前の第２単位期間に対応する前記流入量の第１の実績値、および前記第１期間に対応する前記流入量の第２の実績値を前記データベースから読み出し、前記推計した均衡流入量から前記第２の実績値を引いたものに前記回帰係数を乗じた値を、前記第１および第２の実績値の差から引いた値である残差項を算出して、前記残差項の頻度分布を生成する残差項頻度分布生成部と、

前記各単位期間について、前記第２単位期間に対応する前記流入量の第１の実績値、および前記第１単位期間に対応する前記流入量の第２の実績値を前記データベースから読み出し、前記推計した均衡流入量から前記第２の実績値を引いたものに前記回帰係数を乗じたドリフト項を算出して、前記ドリフト項の頻度分布を生成するドリフト項頻度分布生成部と、

前記残差項の頻度分布および前記ドリフト項の頻度分布を加算して前記流入量の頻度分布を生成し、前記流入量の頻度分布から前記流入量の発生確率分布を生成する確率分布生成部と、

を備え、

前記予測流入量取得部は、前記流入量がとりうる所定の範囲の値のそれぞれを前記流入量の予測値として、前記発生確率分布に基づき前記流入量の予測値の発生確率を算出すること、

を特徴とする貯水施設運用支援システム。

[請求項4] 水力発電のための貯水施設の運用を支援する方法であって、

所定の運用期間を構成する単位期間の開始時点における水位と、前記単位期間における前記貯水施設への流入量とに対応づけて、前記単位期間の終了時点における最適な水位である最適水位を記憶する最適水位テーブルを備えるコンピュータが、

前記運用期間の開始時点における前記貯水施設の水位を取得し、

前記運用期間の開始前に、

前記各単位期間における流入量の予測値を取得し、

前記各単位期間について、前記開始時点における水位および当該単位期間における前記流入量の予測値に対応する前記最適水位を前記最適水位テーブルから読み出すとともに、読み出した前記最適水位を当該単位期間の次の単位期間の開始時点における水位としていき、

前記各単位期間についての前記最適水位をメモリに記憶し、

前記各単位期間の終了時に、

現在時点における前記貯水施設の水位である現在水位を取得し、

当該単位期間の次の単位期間以後における前記流入量の予測値を取得し、

前記現在水位を前記次の単位期間の開始時点における水位として、前記次の単位期間以後の前記各単位期間について前記最適水位を前記最適水位テーブルから読み出していき、

前記読み出した最適水位により前記メモリを更新すること、

を特徴とする貯水施設運用支援方法。

[請求項5] 水力発電のための貯水施設の運用を支援するためのプログラムであって、

所定の運用期間を構成する単位期間の開始時点における水位と、前記単位期間における前記貯水施設への流入量とに対応づけて、前記単位期間の終了時点における最適な水位である最適水位を記憶する最適水位テーブルと、を備えるコンピュータに、

前記運用期間の開始時点における前記貯水施設の水位を取得するステップと、

前記運用期間の開始前に、

前記各単位期間における流入量の予測値を取得するステップと、

前記各単位期間について、前記開始時点における水位および当該単位期間における前記流入量の予測値に対応する前記最適水位を前記最適水位テーブルから読み出すとともに、読み出した前記最適水位を当該単位期間の次の単位期間の開始時点における水位としていくステップと、

前記各単位期間についての前記最適水位をメモリに記憶するステップと、

を実行させ、

前記各単位期間の終了時に、

現在時点における前記貯水施設の水位である現在水位を取得するステップと、

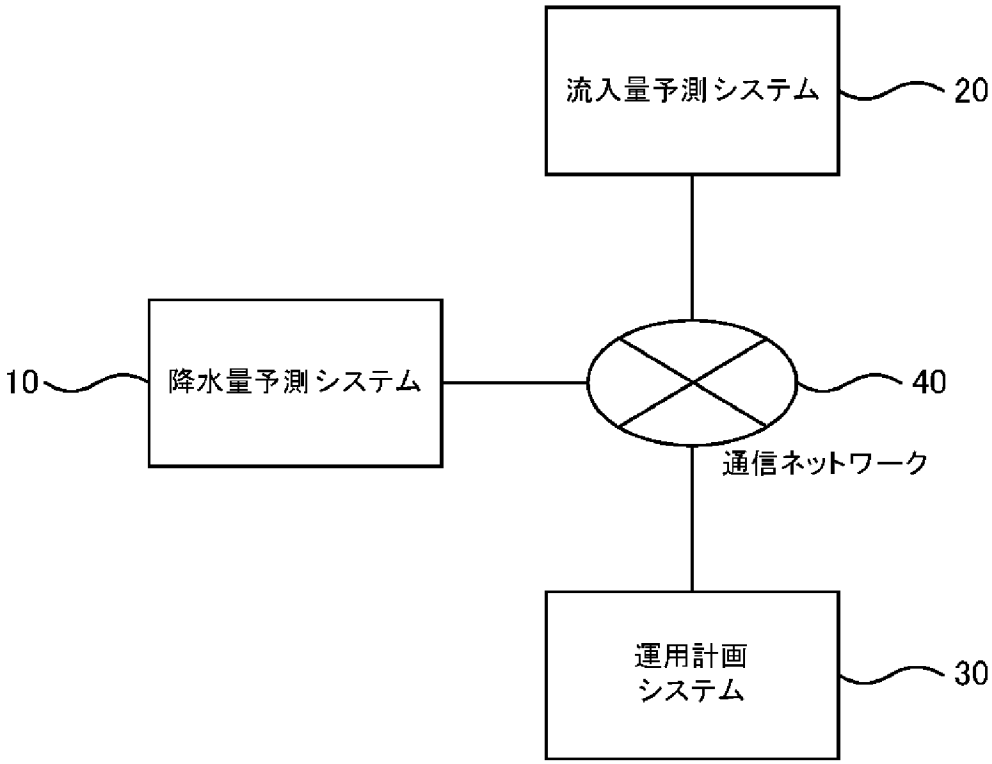
当該単位期間の次の単位期間以後における前記流入量の予測値を取得するステップと、

前記現在水位を前記次の単位期間の開始時点における水位として、前記次の単位期間以後の前記各単位期間について前記最適水位を前記最適水位テーブルから読み出していくステップと、

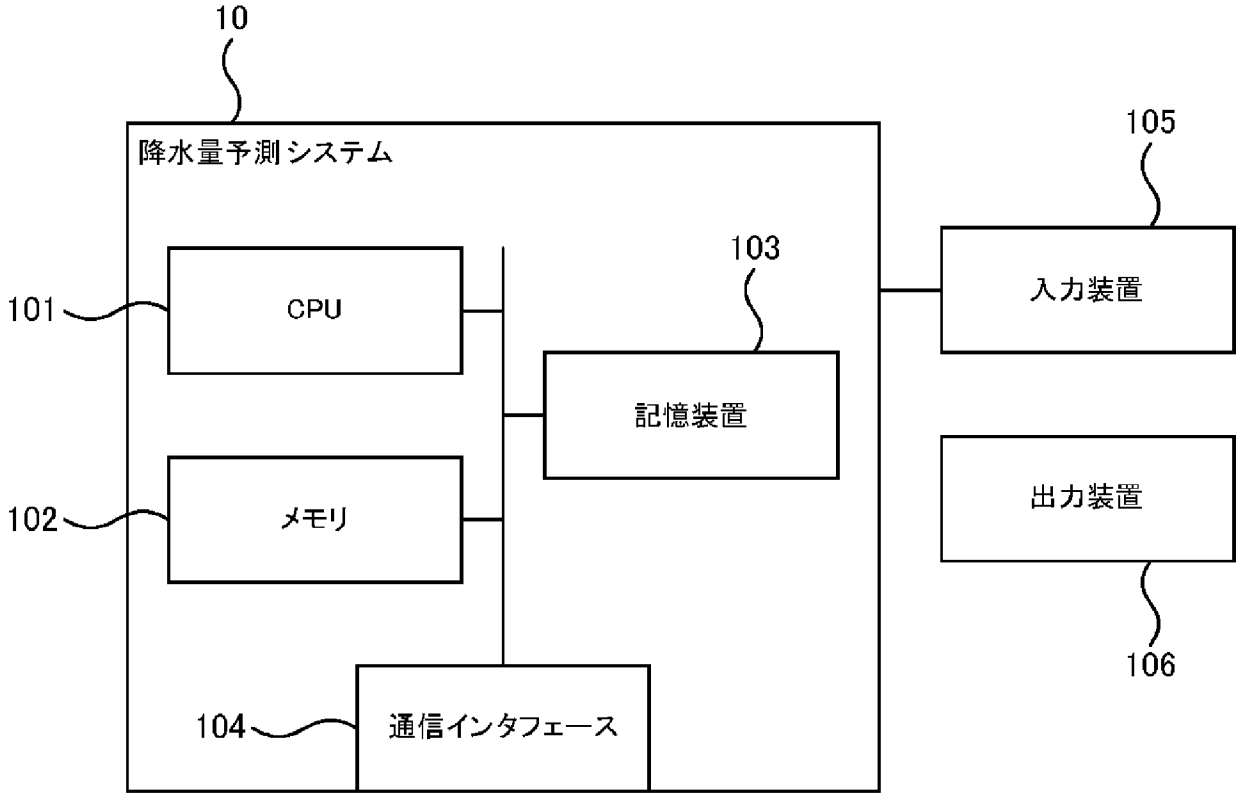
前記読み出した最適水位により前記メモリを更新するステップと、

を実行させるためのプログラム。

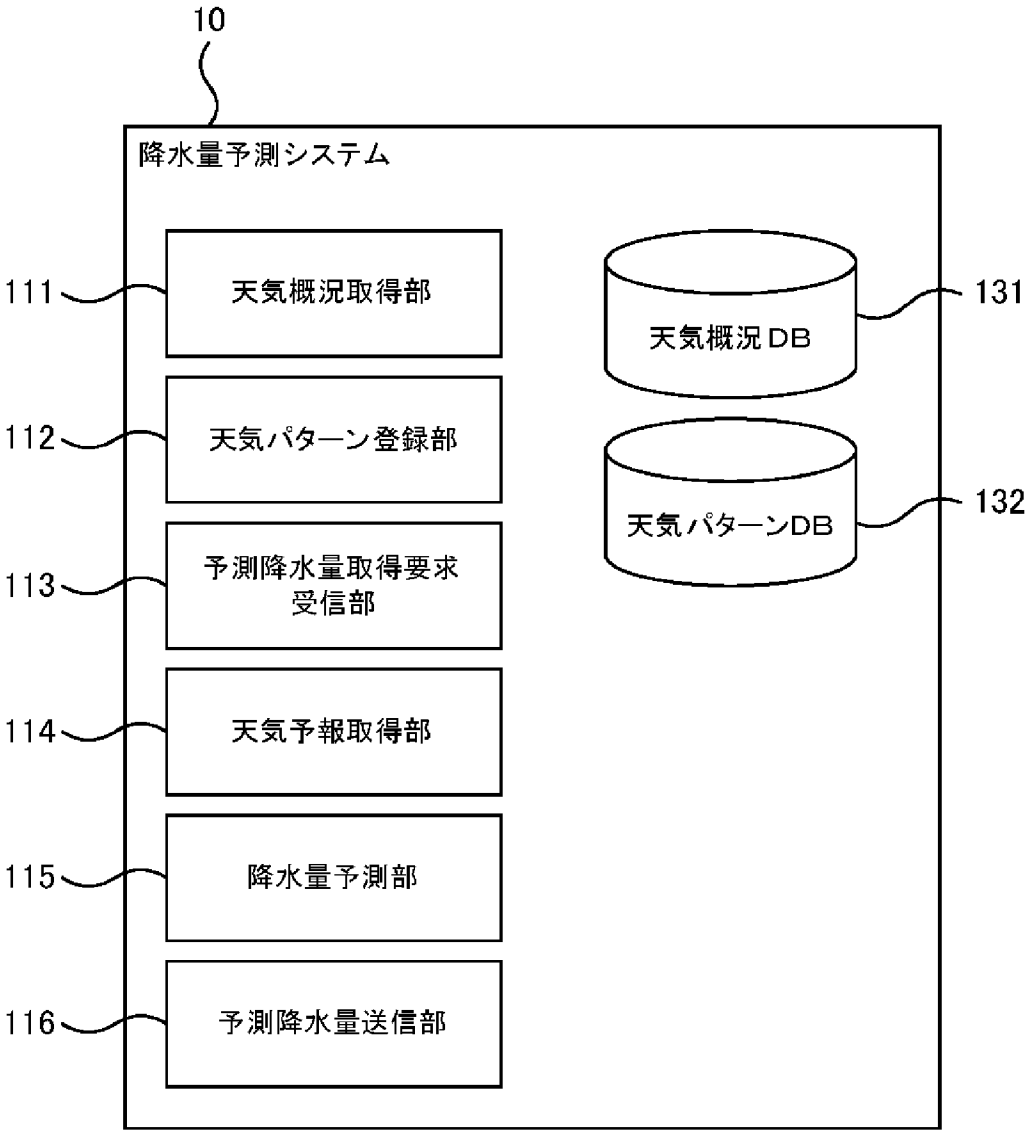
[図1]


流入量予測システム
20
10
降水量予測システム
40
通信ネットワーク
運用計画
システム
30

[図2]


10
降水量予測システム
105
103
101
CPU
入力装置
記憶装置
102
メモリ
出力装置
106
104
通信インタフェース

[図3]


10
降水量予測システム
111
天気概況取得部
112
天気パターン登録部
113
予測降水量取得要求
受信部
114
天気予報取得部
115
降水量予測部
116
予測降水量送信部
天気概況DB
131
天気パターンDB
132

[図4]

131

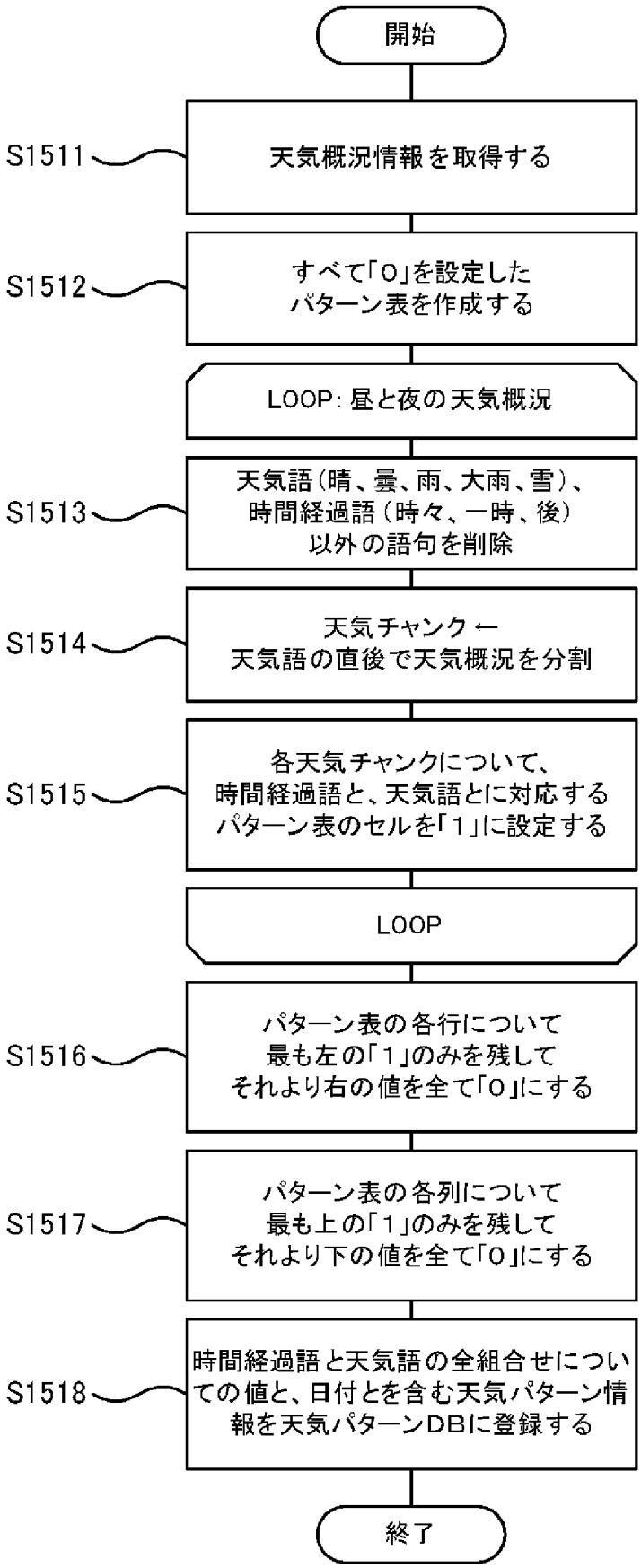
日付	降水量			天気概況	
	合計	最大(昼)	最大(夜)	昼	夜
2008/1/1	0	0	0	雪後晴	晴
2008/1/2	0	0	0	晴	晴一時曇
2008/1/3	0	0	0	晴一時曇	曇時々晴
2008/1/4	-	-	-	晴後一時薄曇	晴一時曇
2008/1/5	-	-	-	晴一時曇	晴
2008/1/6	-	-	-	快晴	晴後曇
2008/1/7	0	0	0	曇後晴	晴
2008/1/8	-	-	-	晴後曇	薄曇後一時晴
2008/1/9	-	-	-	晴	快晴
2008/1/10	-	-	-	晴一時薄曇	曇一時晴
2008/1/11	15	9	2.5	曇後時々雨	雨
2008/1/12	20.5	7.5	2.5	曇時々雨一時晴	晴
2008/1/13	0	0	0	曇一時晴	曇後時々晴
2008/1/14	-	-	-	晴	快晴
2008/1/15	0	0	0	晴後一時曇	曇
2008/1/16	0	0	0	曇一時雨後晴	晴後一時曇
2008/1/17	0	0	0	晴時々曇	曇
2008/1/18	-	-	-	晴	薄曇
2008/1/19	-	-	-	曇一時晴	曇後時々雨
2008/1/20	19	2	0.5	みぞれ一時雨	みぞれ後時々曇
2008/1/21	0	0	0	曇一時雨	晴時々曇
2008/1/22	4	1	0.5	雨時々曇	雨
2008/1/23	3.5	1	0.5	曇時々雨	曇時々雨
2008/1/24	0	0	0	雪時々曇後みぞれ	曇時々雪
2008/1/25	0	0	0	晴時々曇、みぞれを伴う	曇
2008/1/26	-	-	-	曇	曇後晴
2008/1/27	-	-	-	曇時々晴	晴後時々薄曇
2008/1/28	12	2.5	0.5	曇後雪	みぞれ時々雪後雨
2008/1/29	1	0.5	0.5	雨後時々曇	曇後一時晴
2008/1/30	0	0	0	曇一時晴	曇時々雨
2008/1/31	0	0	0	晴時々曇一時雨	晴一時曇

[図5]

132

日付	大雨	雨	雪	曇	晴	時々大雨	一時大雨	後大雨	時々雨	一時雨	後雨	時々雪	一時雪	後雪	時々曇	一時曇	後曇	時々晴	一時晴	後晴
2008/1/1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2008/1/3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2008/1/5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2008/1/6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2008/1/7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/12	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2008/1/14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/19	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2008/1/21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2008/1/23	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/24	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/26	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2008/1/27	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/29	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2008/1/30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008/1/31	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[図6]

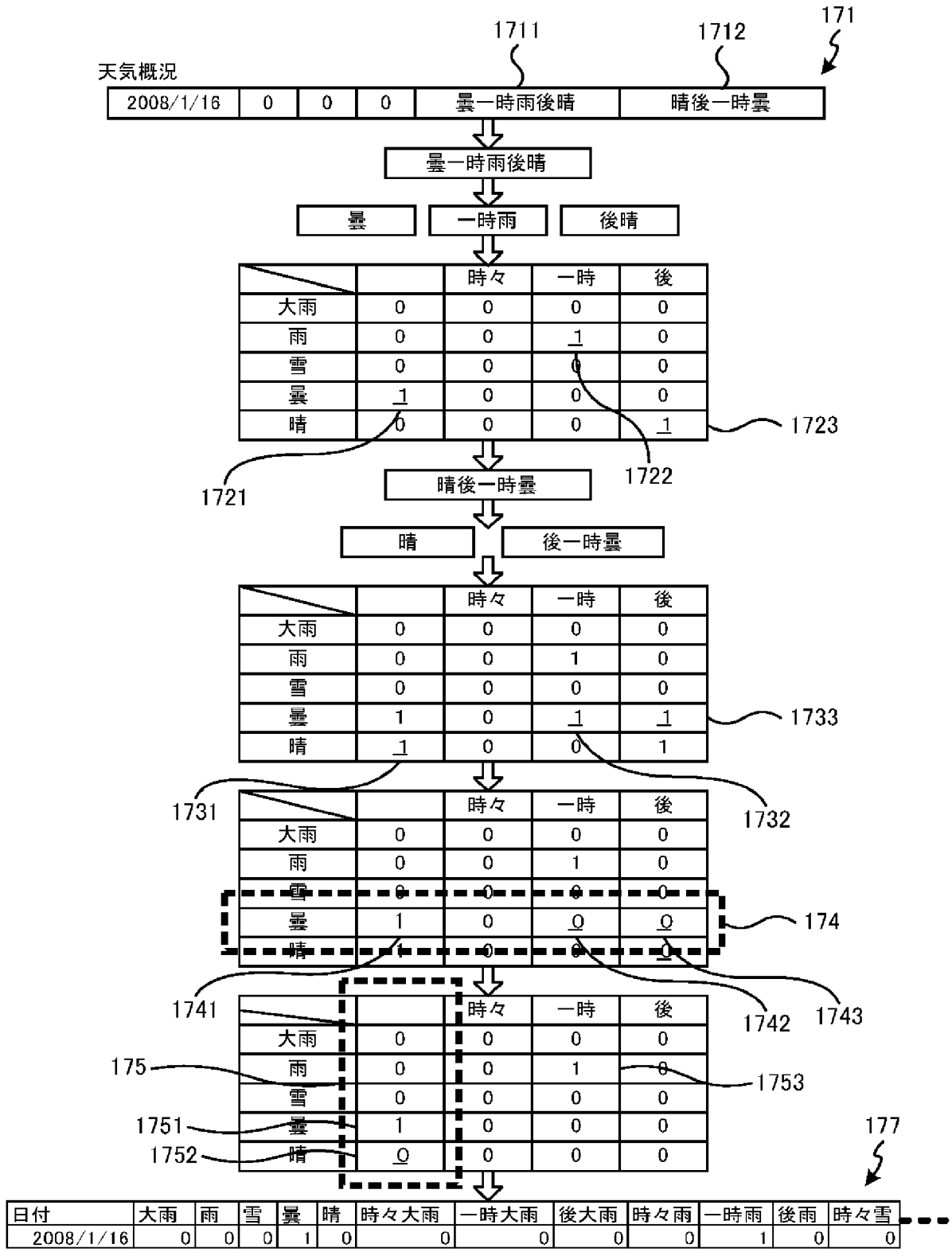

開始
S1511
天気概況情報を取得する
S1512
すべて「0」を設定した
パターン表を作成する
LOOP：昼と夜の天気概況
S1513
天気語（晴、曇、雨、大雨、雪）、
時間経過語（時々、一時、後）
以外の語句を削除
S1514
天気チャンク←
天気語の直後で天気概況を分割
S1515
各天気チャンクについて、
時間経過語と、天気語とに対応する
パターン表のセルを「1」に設定する
LOOP
S1516
パターン表の各行について
最も左の「1」のみを残して
それより右の値を全て「0」にする
S1517
パターン表の各列について
最も上の「1」のみを残して
それより下の値を全て「0」にする
S1518
時間経過語と天気語の全組合せについ
ての値と、日付とを含む天気パターン情
報を天気パターンDBに登録する
終了

[図7]

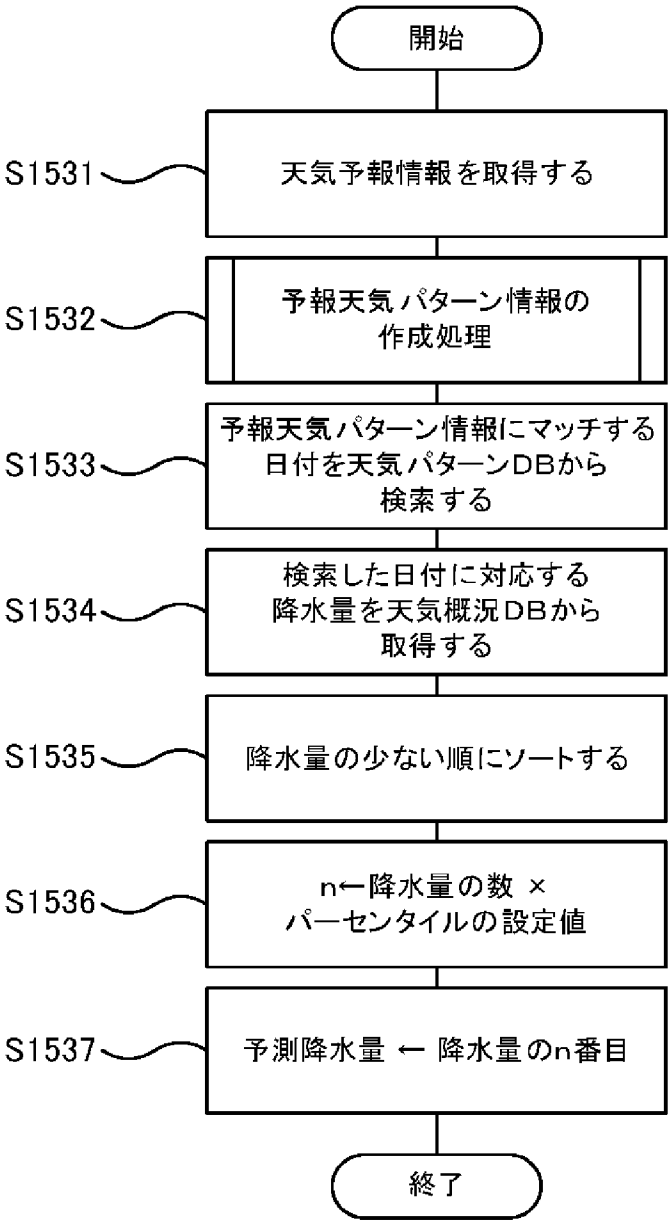
161

		時々	一時	後
大雨	0	0	0	0
雨	0	0	0	0
雪	0	0	0	0
曇	0	0	0	0
晴	0	0	0	0

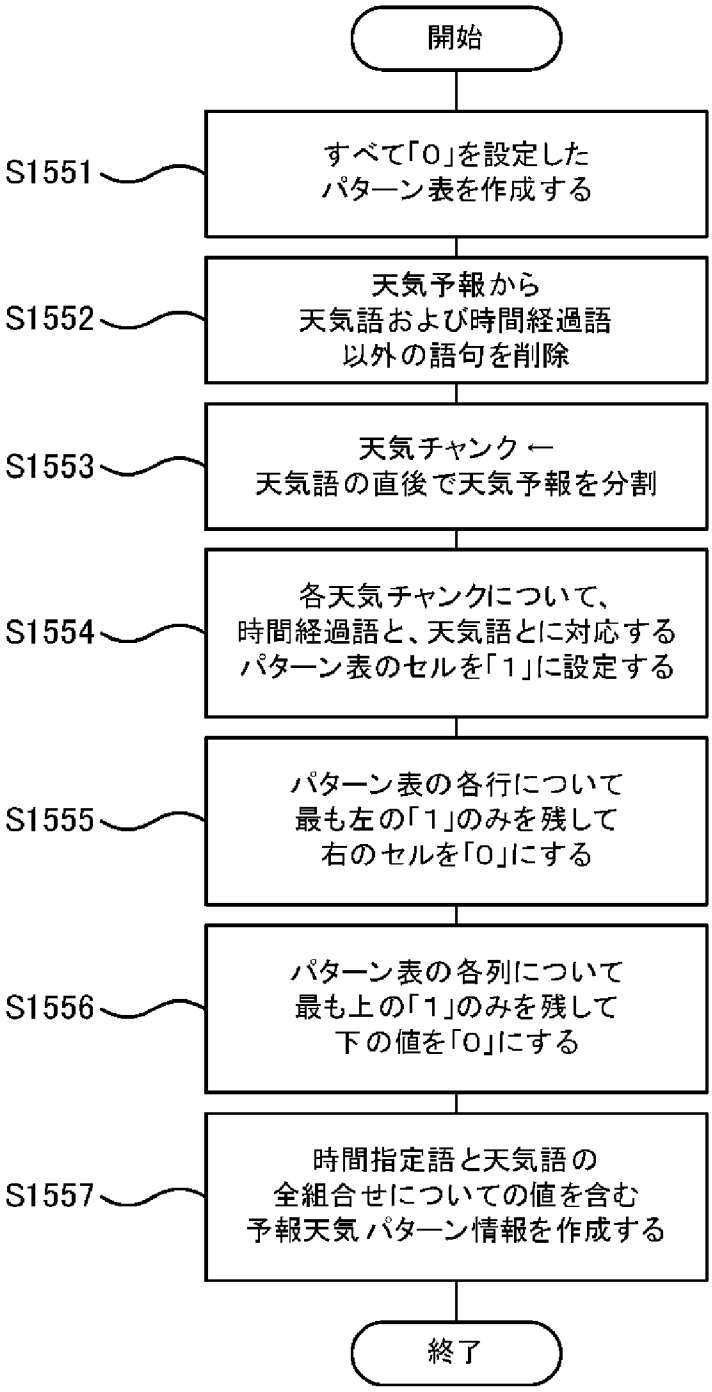
[図8]


171
1711
1712
天気概況
2008/1/16 0 0 0 曇一時雨後晴 晴後一時曇
曇一時雨後晴
曇 一時雨 後晴
時々 一時 後
大雨 0 0 0 0
雨 0 0 1 0
雪 0 0 0 0
曇 1 0 0 0
晴 0 0 0 1
1721
1722
1723
晴後一時曇
晴 後一時曇
時々 一時 後
大雨 0 0 0 0
雨 0 0 1 0
雪 0 0 0 0
曇 1 0 1 1
晴 1 0 0 1
1731
1732
1733
時々 一時 後
大雨 0 0 0 0
雨 0 0 1 0
雪 0 0 0 0
曇 1 0 0 0
晴 1 0 0 0
1741
1742
1743
174
時々 一時 後
大雨 0 0 0 0
雨 0 0 1 0
雪 0 0 0 0
曇 1 0 0 0
晴 0 0 0 0
175
1751
1752
1753
177
日付 大雨 雨 雪 曇 晴 時々大雨 一時大雨 後大雨 時々雨 一時雨 後雨 時々雪
2008/1/16 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0

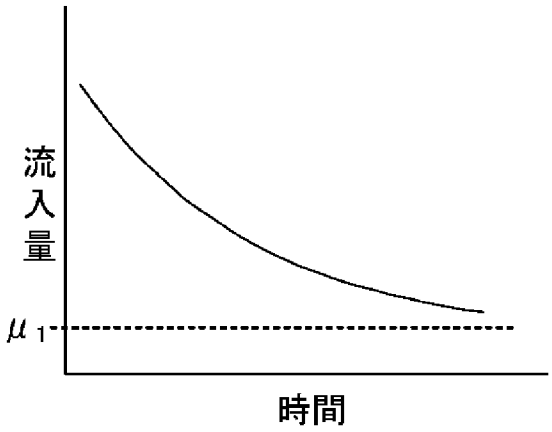
[図9]


開始
S1531
天気予報情報を取得する
S1532
予報天気パターン情報の
作成処理
S1533
予報天気パターン情報にマッチする
日付を天気パターンDBから
検索する
S1534
検索した日付に対応する
降水量を天気概況DBから
取得する
S1535
降水量の少ない順にソートする
S1536
n←降水量の数 ×
パーセンタイルの設定値
S1537
予測降水量 ← 降水量のn番目
終了

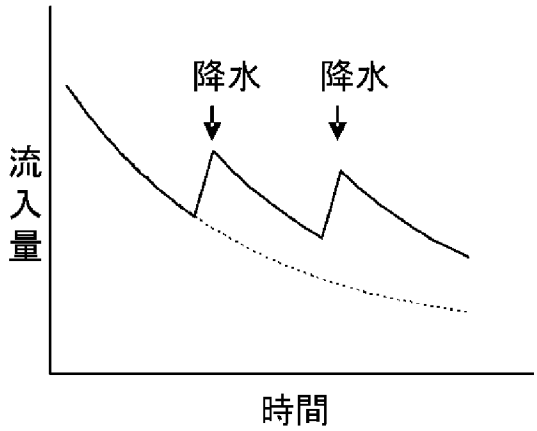
[図10]


開始
S1551
すべて「0」を設定した
パターン表を作成する
S1552
天気予報から
天気語および時間経過語
以外の語句を削除
S1553
天気チャンク ←
天気語の直後で天気予報を分割
S1554
各天気チャンクについて、
時間経過語と、天気語とに対応する
パターン表のセルを「1」に設定する
S1555
パターン表の各行について
最も左の「1」のみを残して
右のセルを「0」にする
S1556
パターン表の各列について
最も上の「1」のみを残して
下の値を「0」にする
S1557
時間指定語と天気語の
全組合せについての値を含む
予報天気パターン情報を作成する
終了

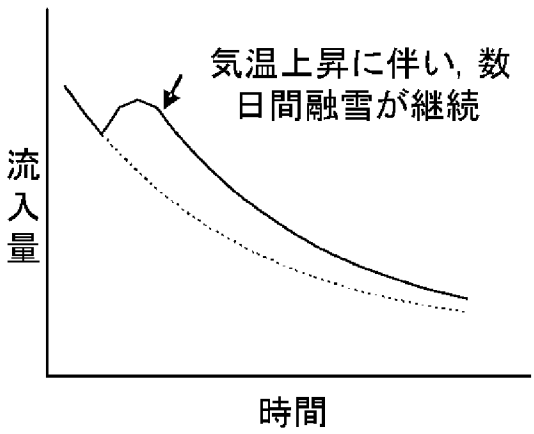
[図11]



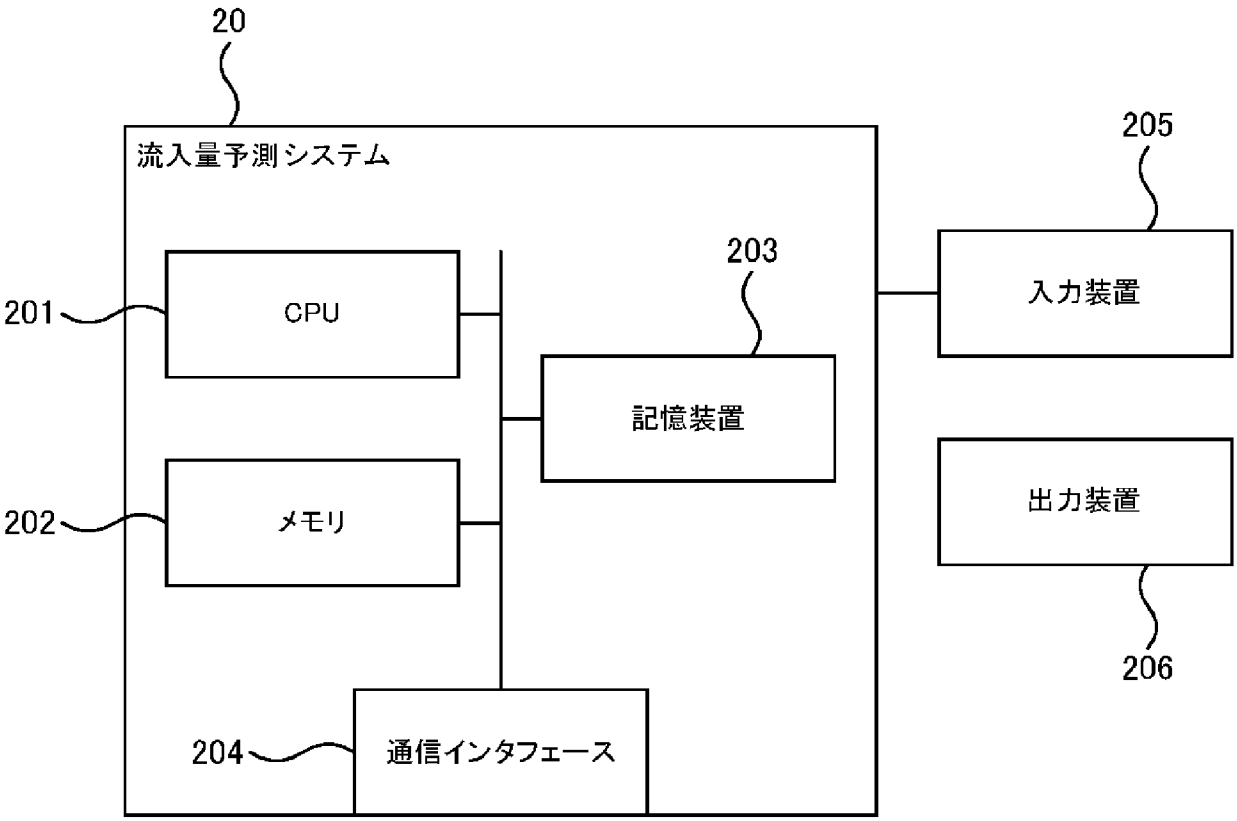
[図12]



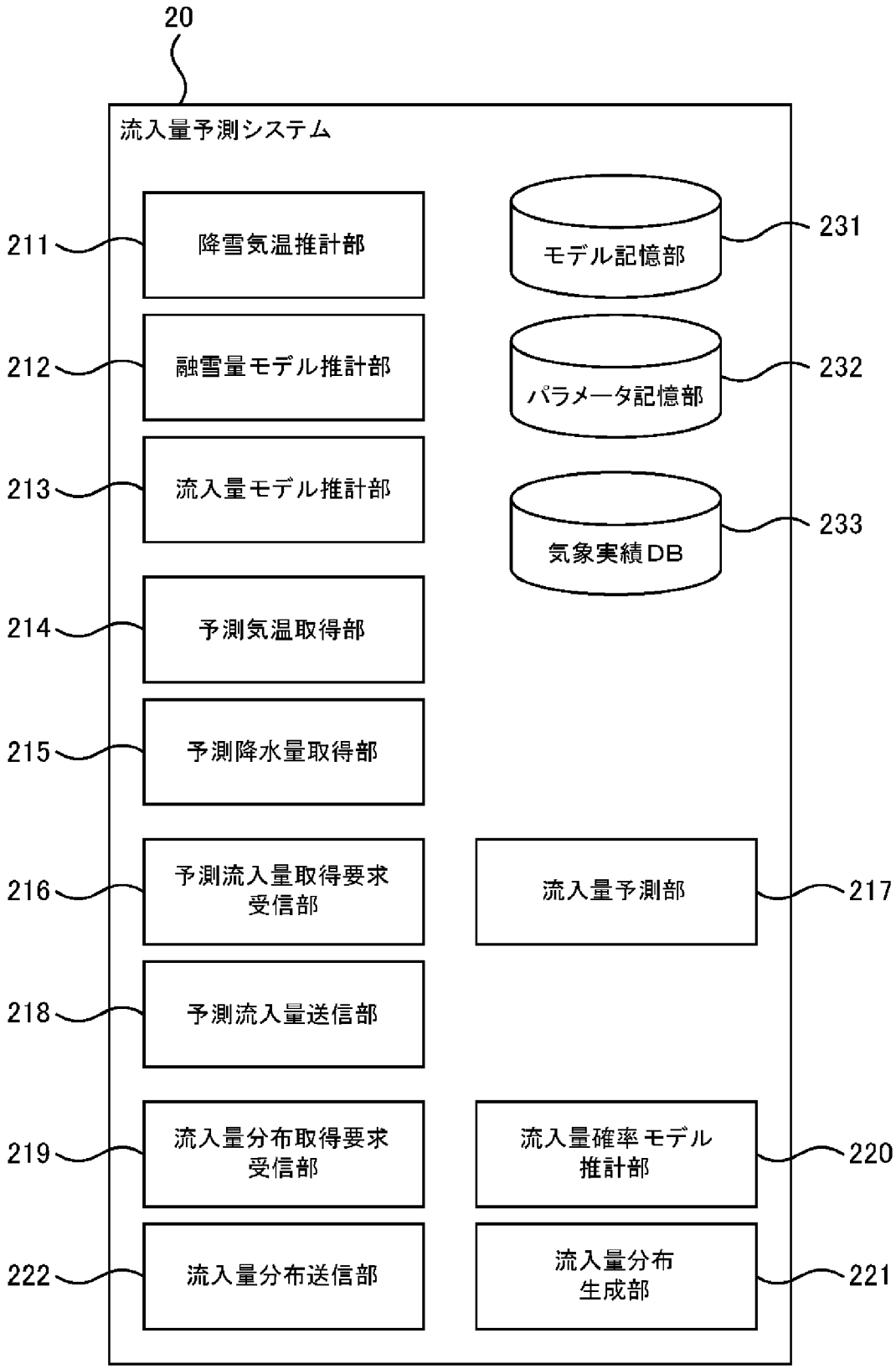
[図13]



[図14]


20
流入量予測システム
205
203
201
CPU
入力装置
記憶装置
202
メモリ
出力装置
206
204
通信インタフェース

[図15]

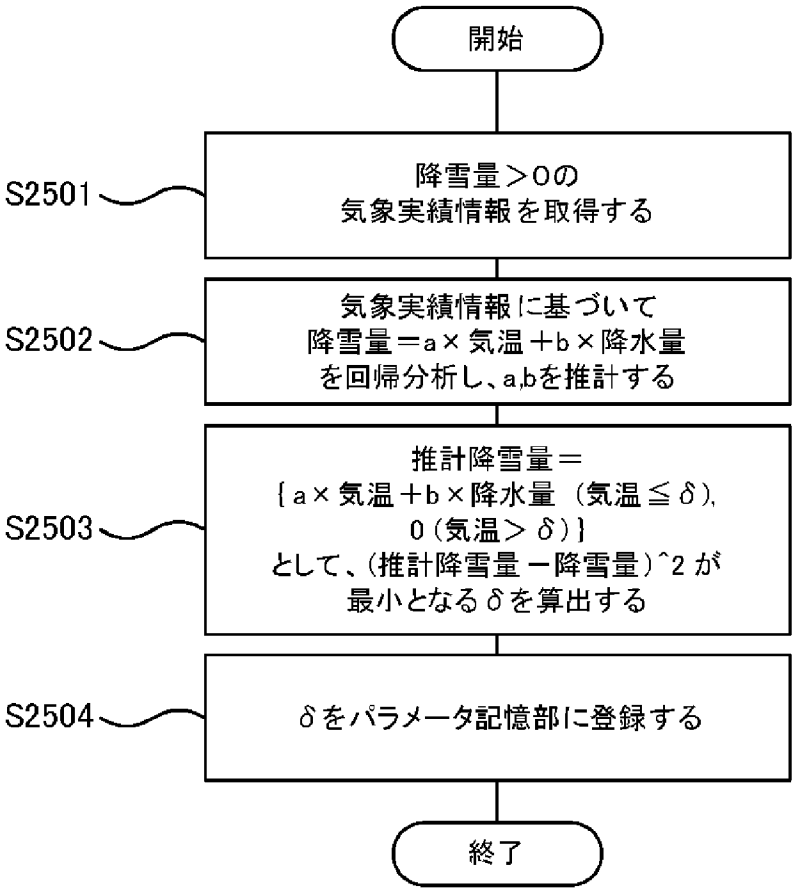

20
流入量予測システム
211
降雪気温推計部
212
融雪量モデル推計部
213
流入量モデル推計部
214
予測気温取得部
215
予測降水量取得部
216
予測流入量取得要求受信部
218
予測流入量送信部
219
流入量分布取得要求受信部
222
流入量分布送信部
モデル記憶部
231
パラメータ記憶部
232
気象実績DB
233
流入量予測部
217
流入量確率モデル推計部
220
流入量分布生成部
221

[図16]

233

日付	気温	降水量	降雪量	積雪量	融雪量	流入量
1991/1/1	5.9	0	2	5	0	14
1991/1/2	5	8	0	5	2	17
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

[図17]



[図18]

原データ

	気温	降水量	降雪量
1991/1/1	5.9	0	2
1991/1/2	5	8	0
1991/1/3	0.7	0	0
1991/1/4	0.1	3	2
1991/1/5	-1.8	3	14
1991/1/6	-1.4	2	8
1991/1/7	1.3	5	3
1991/1/8	0.7	12	22
1991/1/9	-0.2	8	8
1991/1/10	0.5	0	2
1991/1/11	1.5	0	0
1991/1/12	0.4	16	7
1991/1/13	-1.1	5	14
1991/1/14	-0.9	1	3
1991/1/15	-0.9	1	8
1991/1/16	0.8	0	1
1991/1/17	2.2	2	3
1991/1/18	0.8	1	2
1991/1/19	0.3	0	1
1991/1/20	0.9	0	6
1991/1/21	4.8	37	5
1991/1/22	4.1	2	5
1991/1/23	0.3	0	3

降雪量0のデータを除いてデータ抽出

	気温	降水量	降雪量
1991/1/1	5.9	0	2
1991/1/4	0.1	3	2
1991/1/5	-1.8	3	14
1991/1/6	-1.4	2	8
1991/1/7	1.3	5	3
1991/1/8	0.7	12	22
1991/1/9	-0.2	8	8
1991/1/10	0.5	0	2
1991/1/12	0.4	16	7
1991/1/13	-1.1	5	14
1991/1/14	-0.9	1	3
1991/1/15	-0.9	1	8
1991/1/16	0.8	0	1
1991/1/17	2.2	2	3
1991/1/18	0.8	1	2
1991/1/19	0.3	0	1
1991/1/20	0.9	0	6
1991/1/21	4.8	37	5
1991/1/22	4.1	2	5
1991/1/23	0.3	0	3

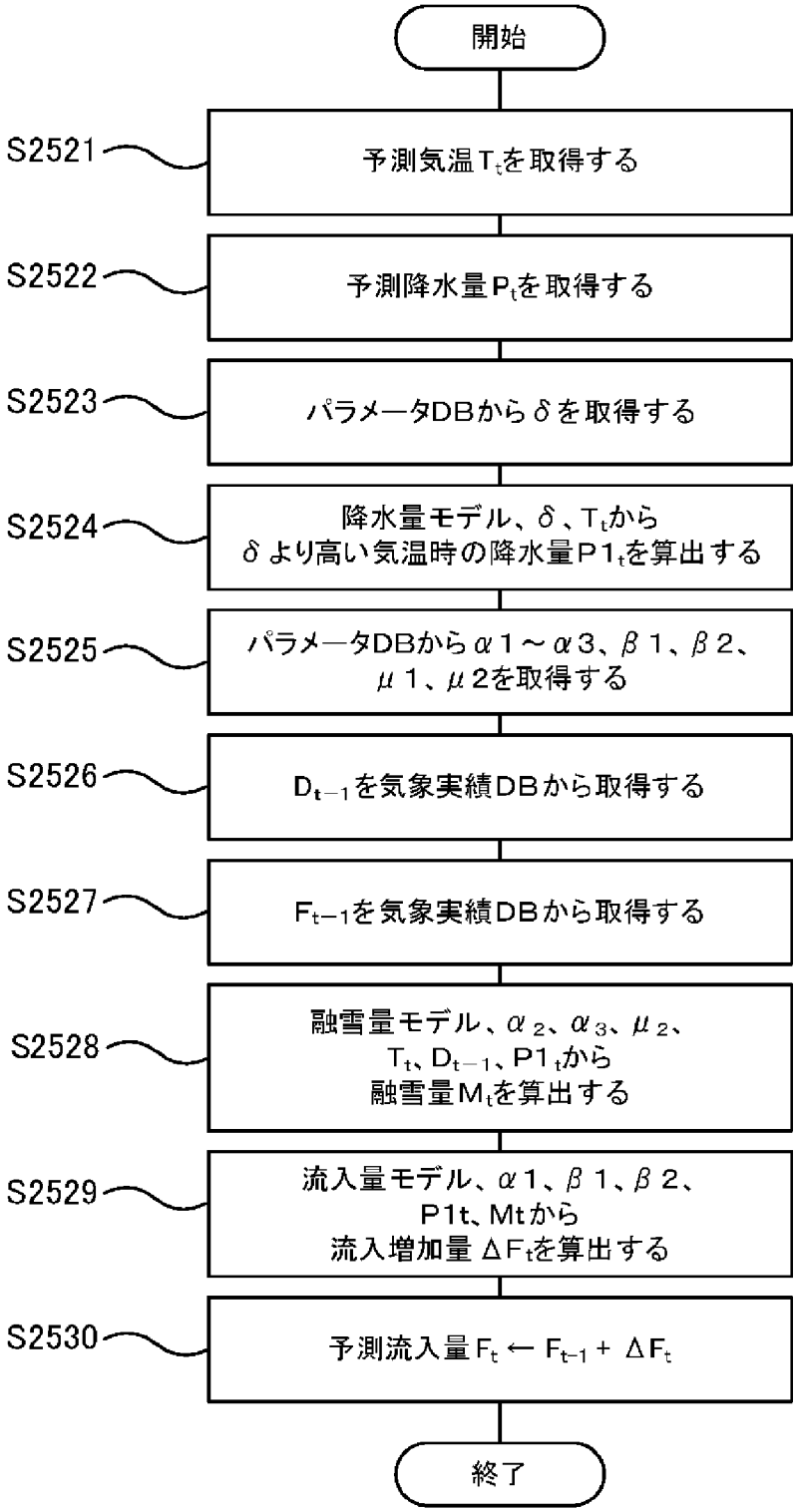
[図19]

	気温	降水量	降雪量	推計降雪量	誤差の2乗
1991/1/1	5.9	0	2	0.0	4
1991/1/2	5	8	0	0.0	0
1991/1/3	0.7	0	0	0.0	0
1991/1/4	0.1	3	2	2.3	0
1991/1/5	−1.8	3	14	3.7	106
1991/1/6	−1.4	2	8	2.6	29
1991/1/7	1.3	5	3	0.0	9
1991/1/8	0.7	12	22	9.1	167
1991/1/9	−0.2	8	8	6.5	2
1991/1/10	0.5	0	2	0.0	4
1991/1/11	1.5	0	0	0.0	0
1991/1/12	0.4	16	7	12.5	30
1991/1/13	−1.1	5	14	4.8	85
1991/1/14	−0.9	1	3	1.4	2
1991/1/15	−0.9	1	8	1.4	43
1991/1/16	0.8	0	1	0.0	1
1991/1/17	2.2	2	3	0.0	9
1991/1/18	0.8	1	2	0.2	3
1991/1/19	0.3	0	1	0.0	1
1991/1/20	0.9	0	6	0.0	36
1991/1/21	4.8	37	5	0.0	25
1991/1/22	4.1	2	5	0.0	25
1991/1/23	0.3	0	3	0.0	9

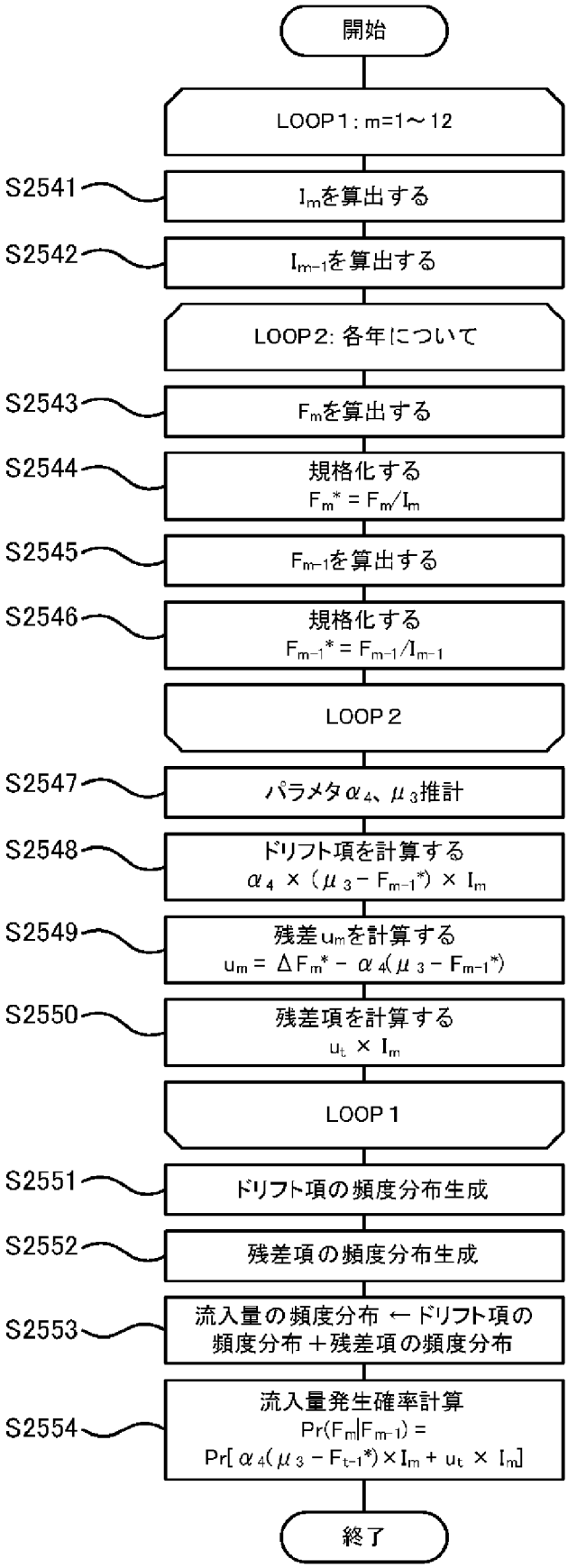
もし，気温≦δ ならば，
推計降雪量＝a× 気温＋b× 降水量
そうでないならば，降雪量＝0

（推計降雪量－降雪量）^{2}

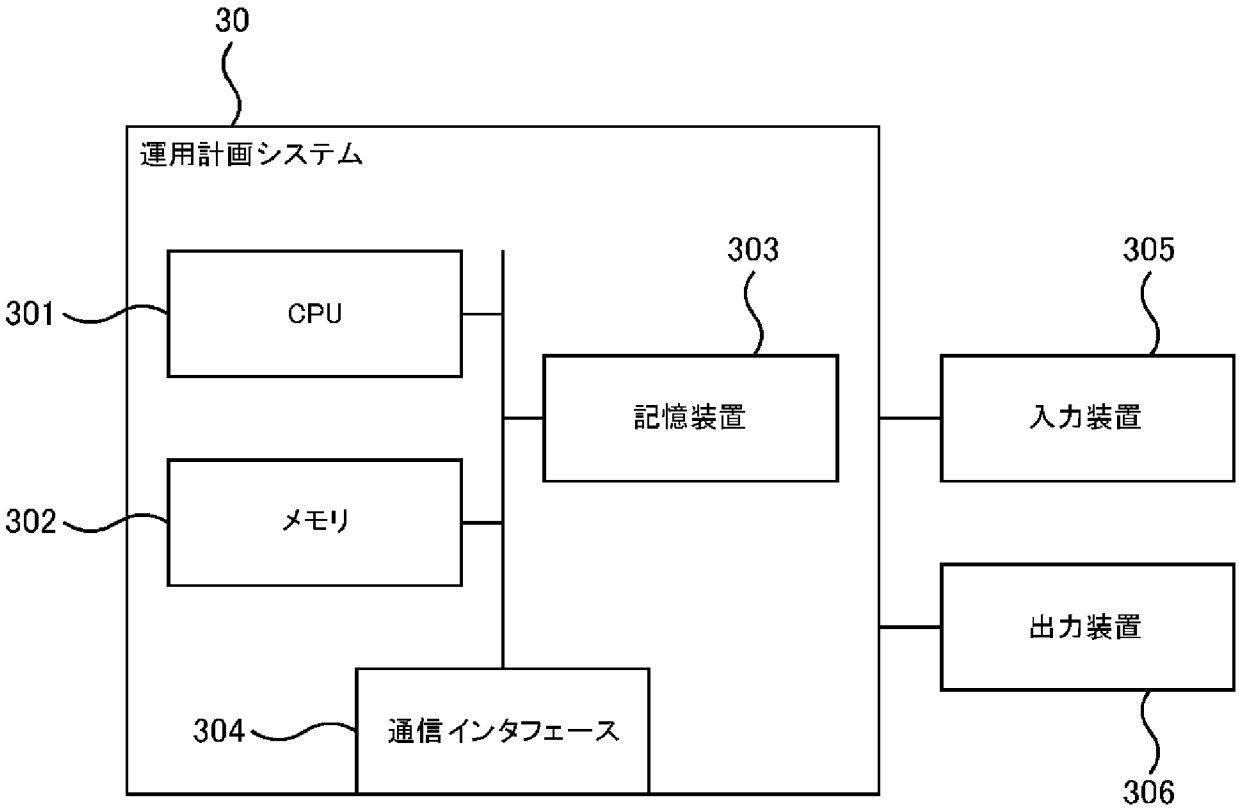
[図20]


開始
S2521
予測気温T_tを取得する
S2522
予測降水量P_tを取得する
S2523
パラメータDBからδを取得する
S2524
降水量モデル、δ、T_tから
δより高い気温時の降水量$P1_t$を算出する
S2525
パラメータDBからα1～α3、β1、β2、
μ1、μ2を取得する
S2526
D_{t-1}を気象実績DBから取得する
S2527
F_{t-1}を気象実績DBから取得する
S2528
融雪量モデル、α_2、α_3、μ_2、
T_t、D_{t-1}、$P1_t$から
融雪量M_tを算出する
S2529
流入量モデル、α1、β1、β2、
P1t、Mtから
流入増加量ΔF_tを算出する
S2530
予測流入量$F_t \leftarrow F_{t-1} + \Delta F_t$
終了

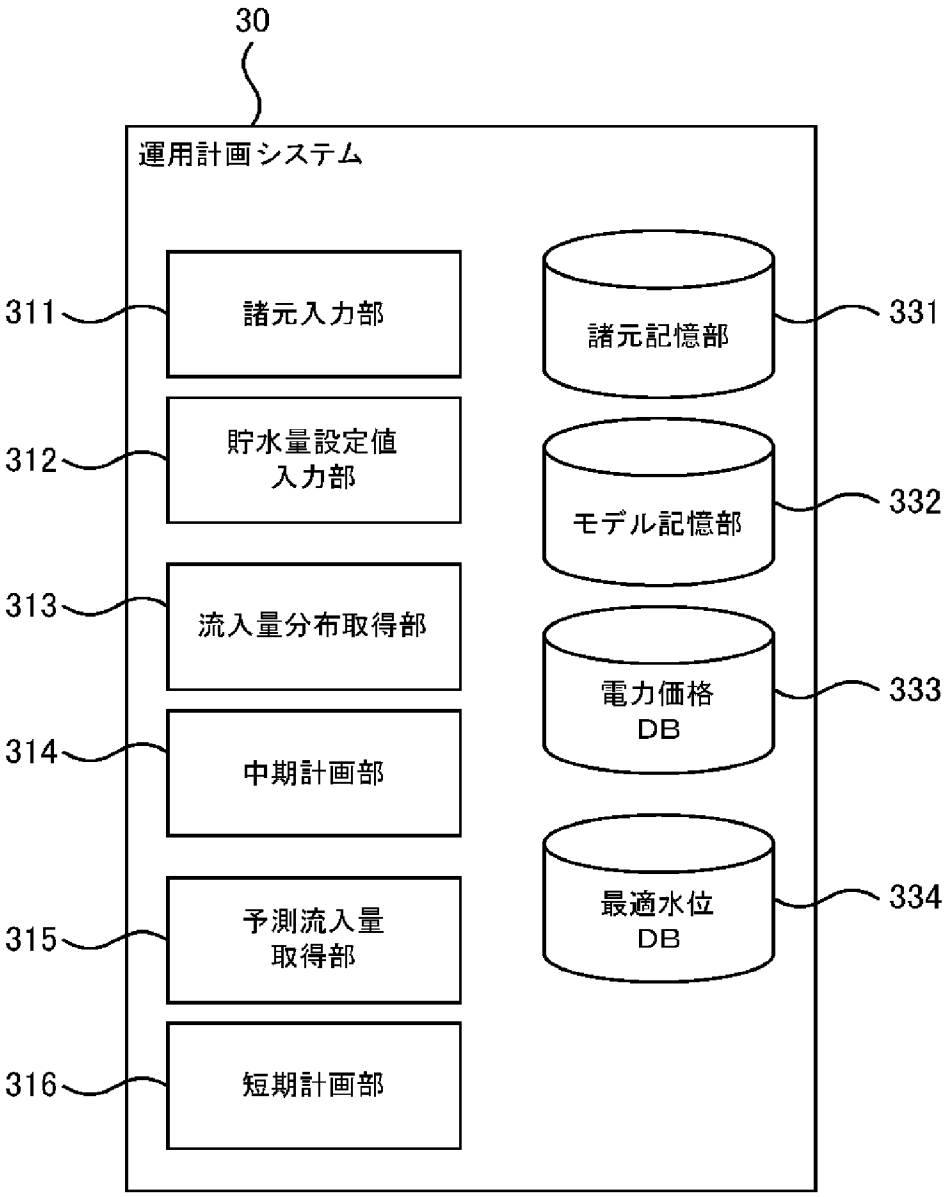
[図21]


開始
LOOP1 : m=1～12
S2541
I_mを算出する
S2542
I_{m-1}を算出する
LOOP2: 各年について
S2543
F_mを算出する
S2544
規格化する
$F_m^* = F_m / I_m$
S2545
F_{m-1}を算出する
S2546
規格化する
$F_{m-1}^* = F_{m-1} / I_{m-1}$
LOOP2
S2547
パラメタα_4、μ_3推計
S2548
ドリフト項を計算する
$\alpha_4 \times (\mu_3 - F_{m-1}^*) \times I_m$
S2549
残差u_mを計算する
$u_m = \Delta F_m^* - \alpha_4(\mu_3 - F_{m-1}^*)$
S2550
残差項を計算する
$u_t \times I_m$
LOOP1
S2551
ドリフト項の頻度分布生成
S2552
残差項の頻度分布生成
S2553
流入量の頻度分布 ←ドリフト項の頻度分布＋残差項の頻度分布
S2554
流入量発生確率計算
$Pr(F_m|F_{m-1}) =$
$Pr[\alpha_4(\mu_3 - F_{t-1}^*) \times I_m + u_t \times I_m]$
終了

[図22]


30
運用計画システム
301
CPU
303
305
記憶装置
入力装置
302
メモリ
出力装置
304
通信インタフェース
306

[図23]


30
運用計画システム
311
諸元入力部
312
貯水量設定値
入力部
313
流入量分布取得部
314
中期計画部
315
予測流入量
取得部
316
短期計画部
諸元記憶部
331
モデル記憶部
332
電力価格
DB
333
最適水位
DB
334

[図24]

331

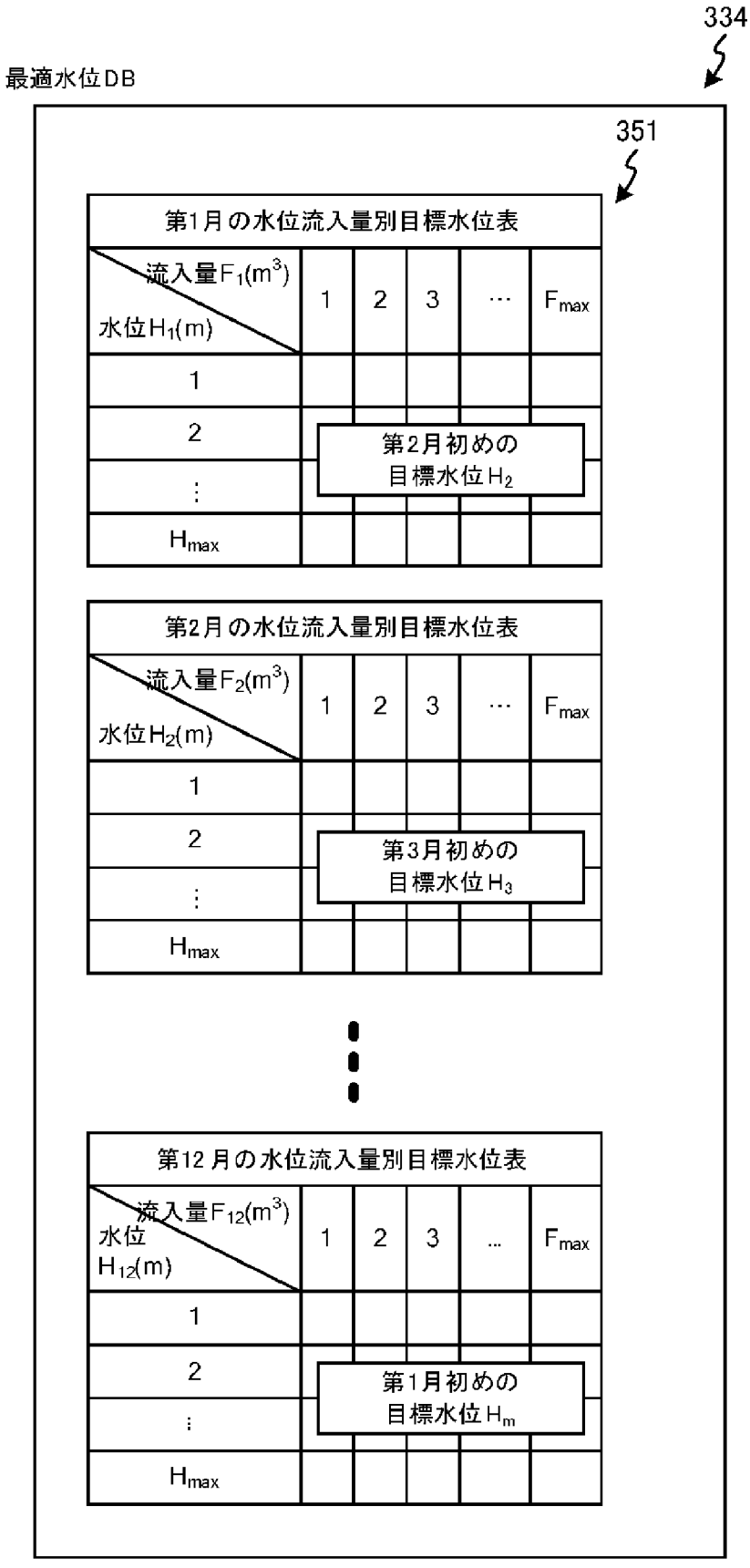
諸元名	単位	設定値
最大運用水位（H_{max}）	m	13
最小運用水位（H_{min}）	m	0
維持流量（S0）	m^3/s	0
最大取水量（Q_{max}）	m^3/s	7.5
最小取水量（Q_{min}）	m^3/s	0
放水位（H_{out}）	m	14
損失落差（H_{los}）	m	15
放流量上限値（S_{max}）	m^3/s	200
最低運転出力[取水量換算]（$Q0_{min}$）	m^3/s	24

[図25]

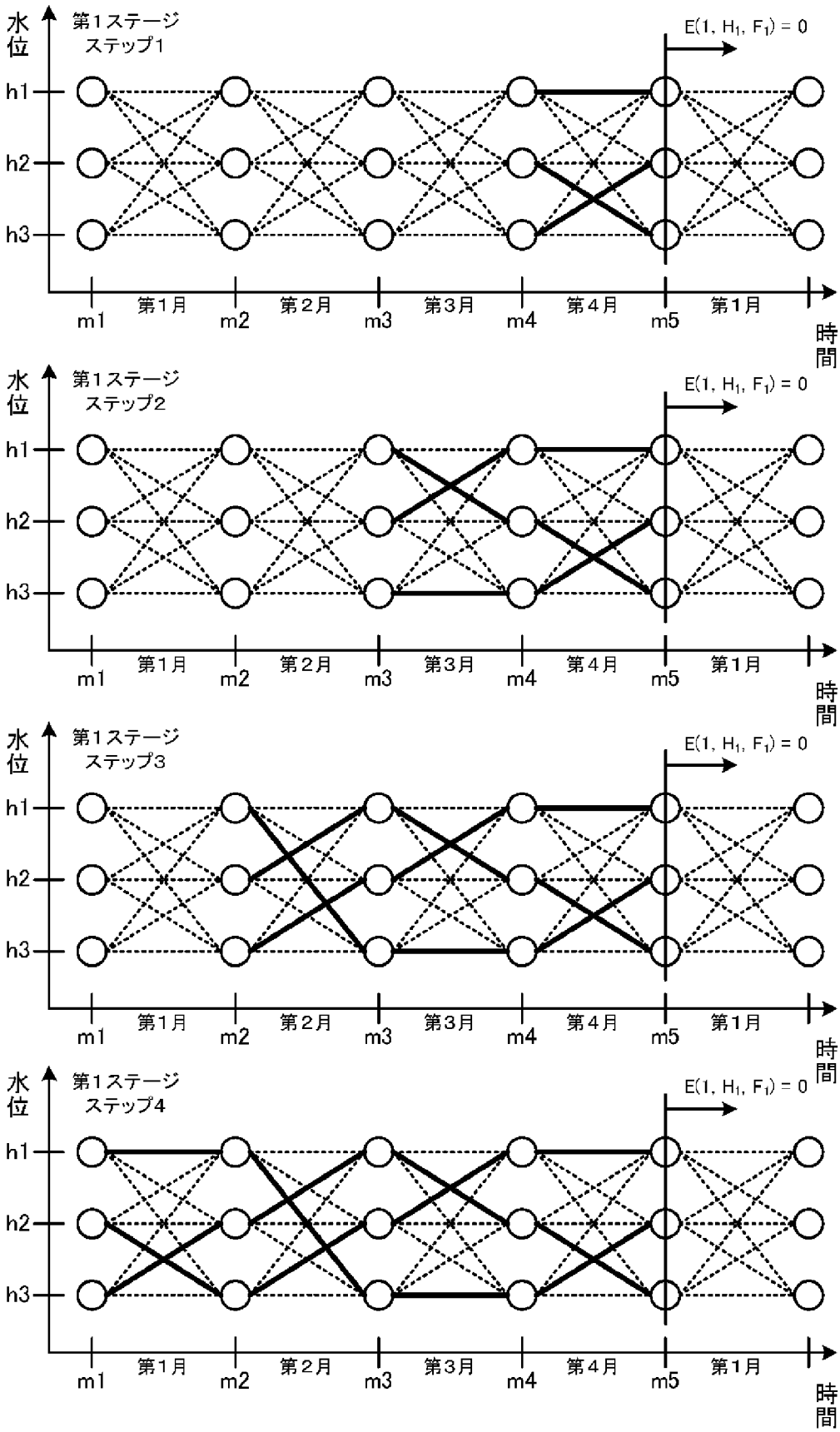
333

日付	電力価格(¥/kWh)
2003/7/1	10.00
2003/7/2	10.00
2003/7/3	10.00
2003/7/4	10.00
2003/7/5	8.00
2003/7/6	8.00
2003/7/7	10.00
⋮	⋮

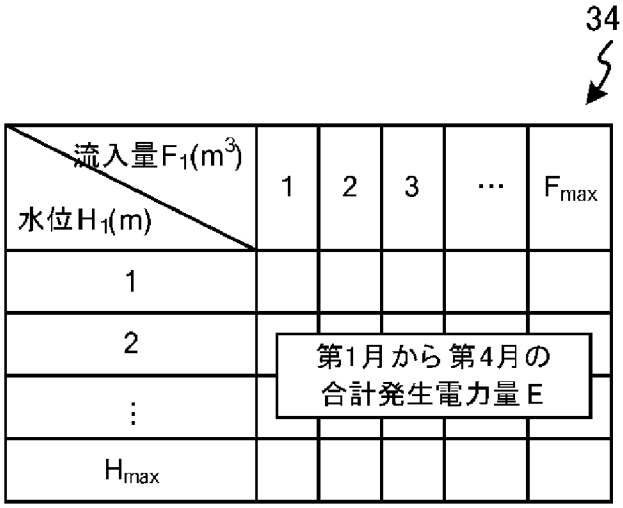
[図26]


334
最適水位DB
351
第1月の水位流入量別目標水位表
流入量F1(m3)
水位H1(m)
1
2
3
…
Fmax
1
2
⋮
Hmax
第2月初めの
目標水位H2
第2月の水位流入量別目標水位表
流入量F2(m3)
水位H2(m)
第3月初めの
目標水位H3
第12月の水位流入量別目標水位表
流入量F12(m3)
水位
H12(m)
第1月初めの
目標水位Hm

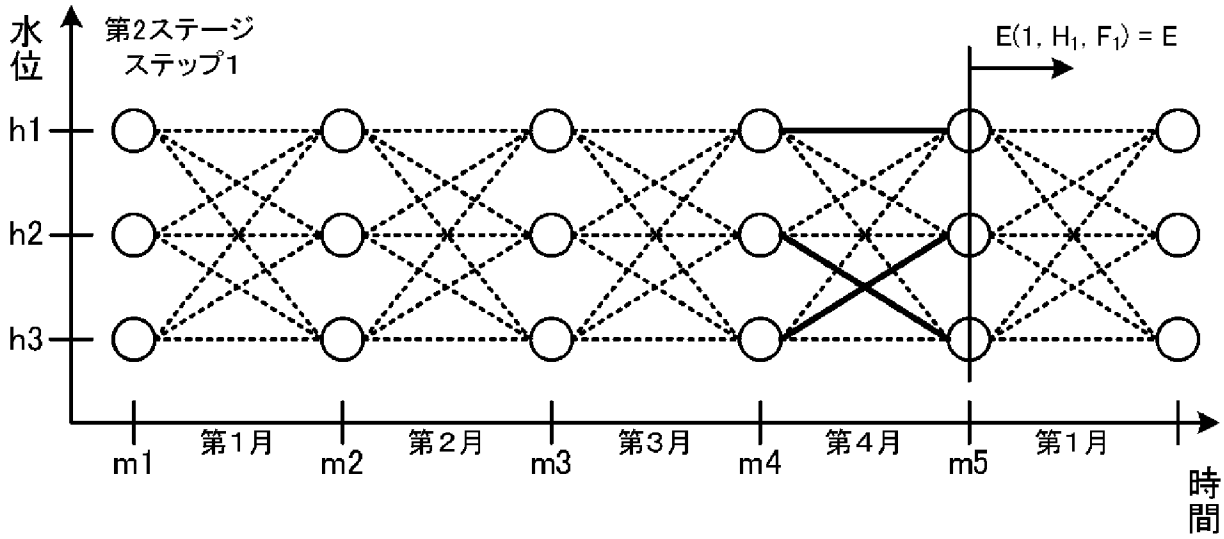
[図27]


水位
第1ステージ
ステップ1
E(1, H1, F1) = 0
h1
h2
h3
m1
第1月
m2
第2月
m3
第3月
m4
第4月
m5
第1月
時間
水位
第1ステージ
ステップ2
E(1, H1, F1) = 0
h1
h2
h3
m1
第1月
m2
第2月
m3
第3月
m4
第4月
m5
第1月
時間
水位
第1ステージ
ステップ3
E(1, H1, F1) = 0
h1
h2
h3
m1
第1月
m2
第2月
m3
第3月
m4
第4月
m5
第1月
時間
水位
第1ステージ
ステップ4
E(1, H1, F1) = 0
h1
h2
h3
m1
第1月
m2
第2月
m3
第3月
m4
第4月
m5
第1月
時間

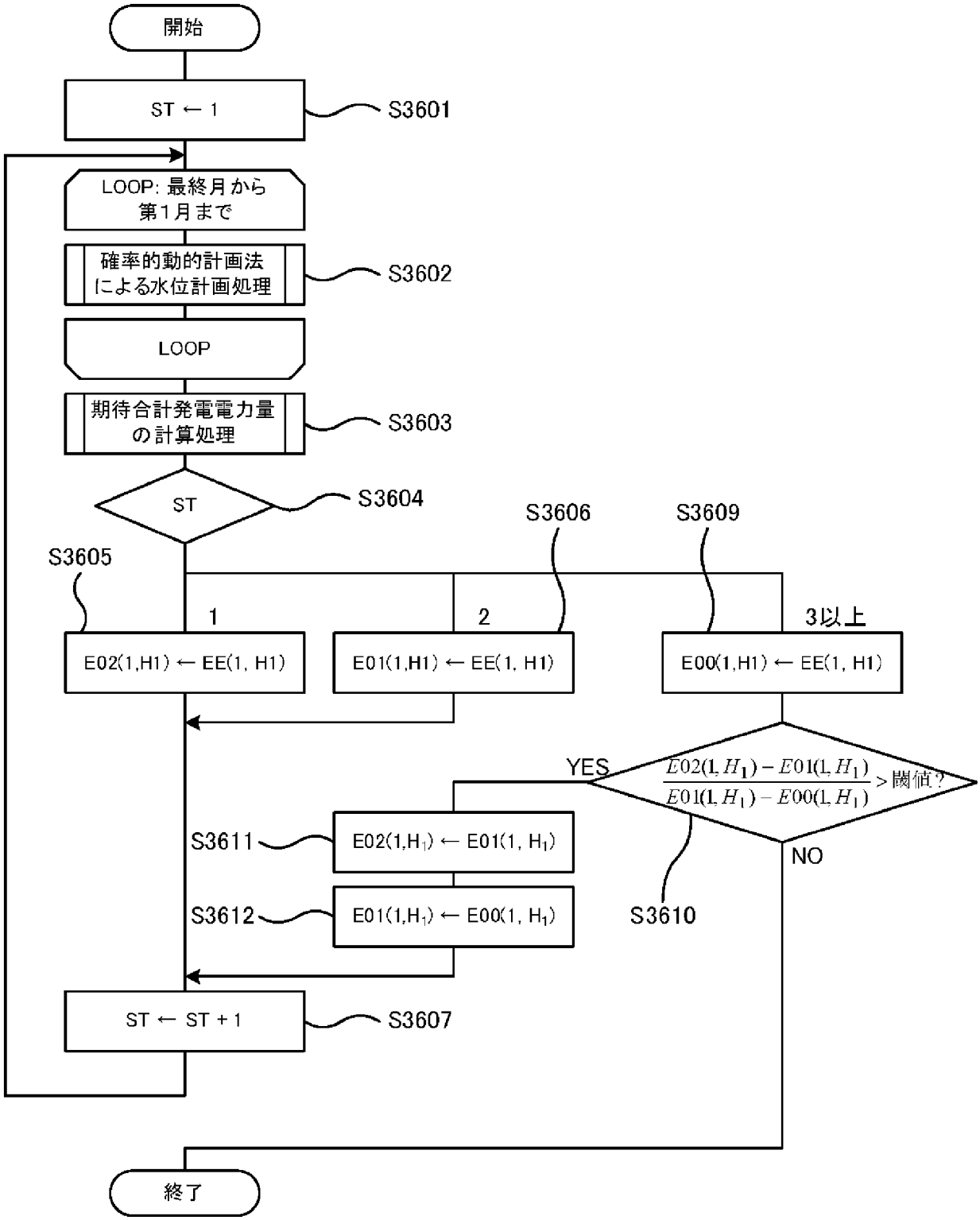
[図28]


341
流入量F1(m3)
水位H1(m)
1
2
3
…
Fmax
1
2
⋮
Hmax
第1月から第4月の
合計発生電力量E

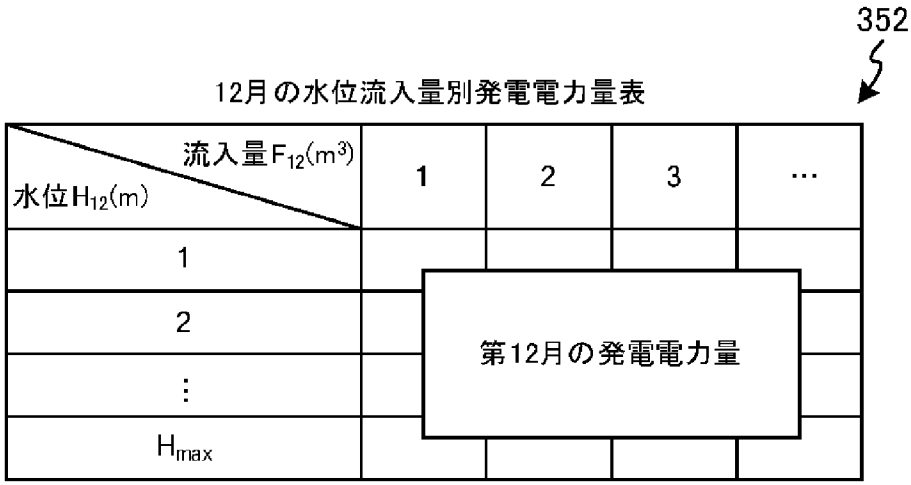
[図29]


水位
第2ステージ
ステップ1
E(1, H1, F1) = E
h1
h2
h3
m1
第1月
m2
第2月
m3
第3月
m4
第4月
m5
第1月
時間

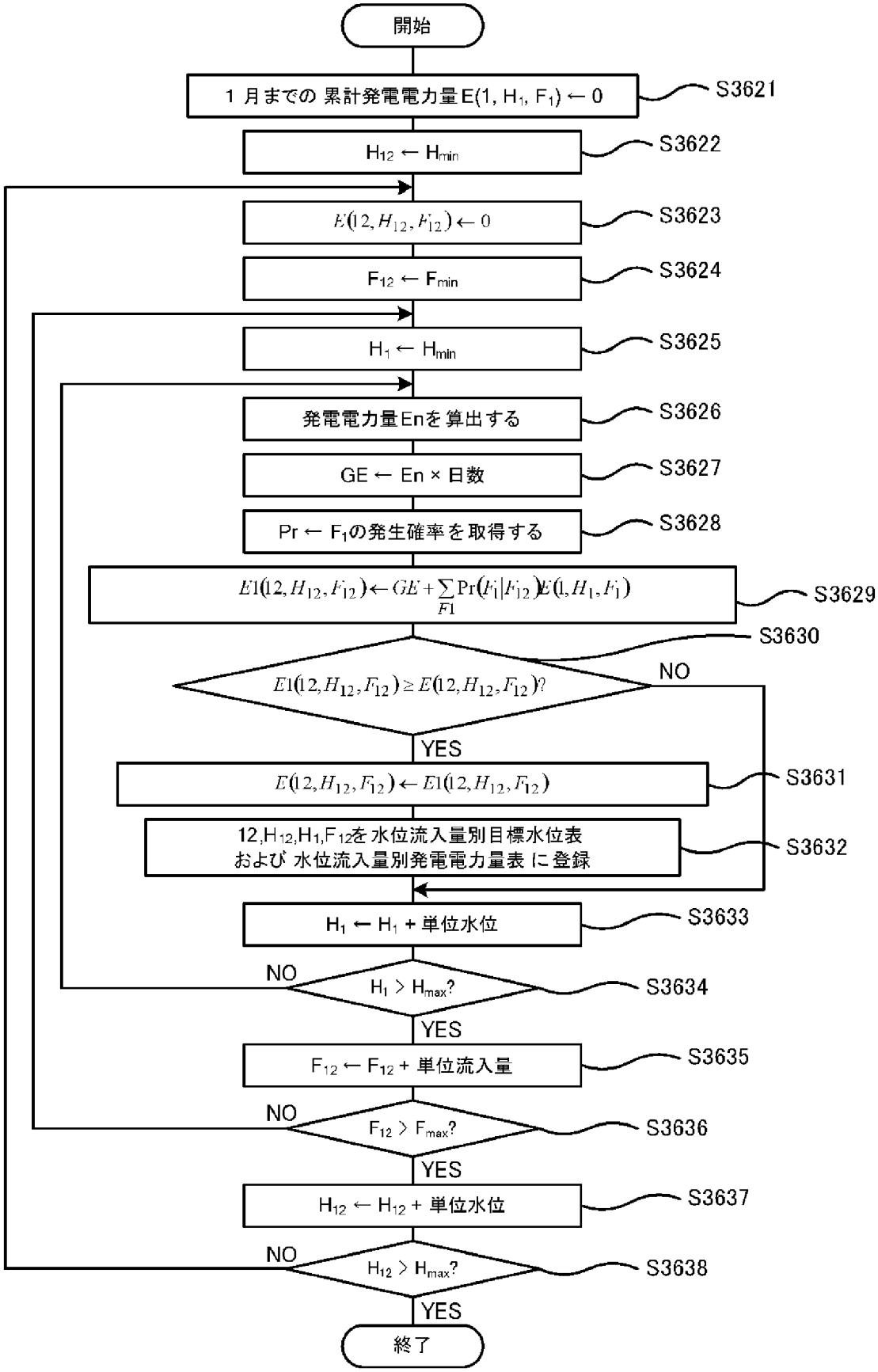
[図30]


開始
ST ← 1
S3601
LOOP: 最終月から
第1月まで
確率的動的計画法
による水位計画処理
S3602
LOOP
期待合計発電電力量
の計算処理
S3603
ST
S3604
S3605
S3606
S3609
1
2
3以上
E02(1,H1) ← EE(1, H1)
E01(1,H1) ← EE(1, H1)
E00(1,H1) ← EE(1, H1)
YES
$\frac{E02(1,H_1)-E01(1,H_1)}{E01(1,H_1)-E00(1,H_1)}$ > 閾値?
NO
S3610
S3611
E02(1,H1) ← E01(1, H1)
S3612
E01(1,H1) ← E00(1, H1)
ST ← ST + 1
S3607
終了

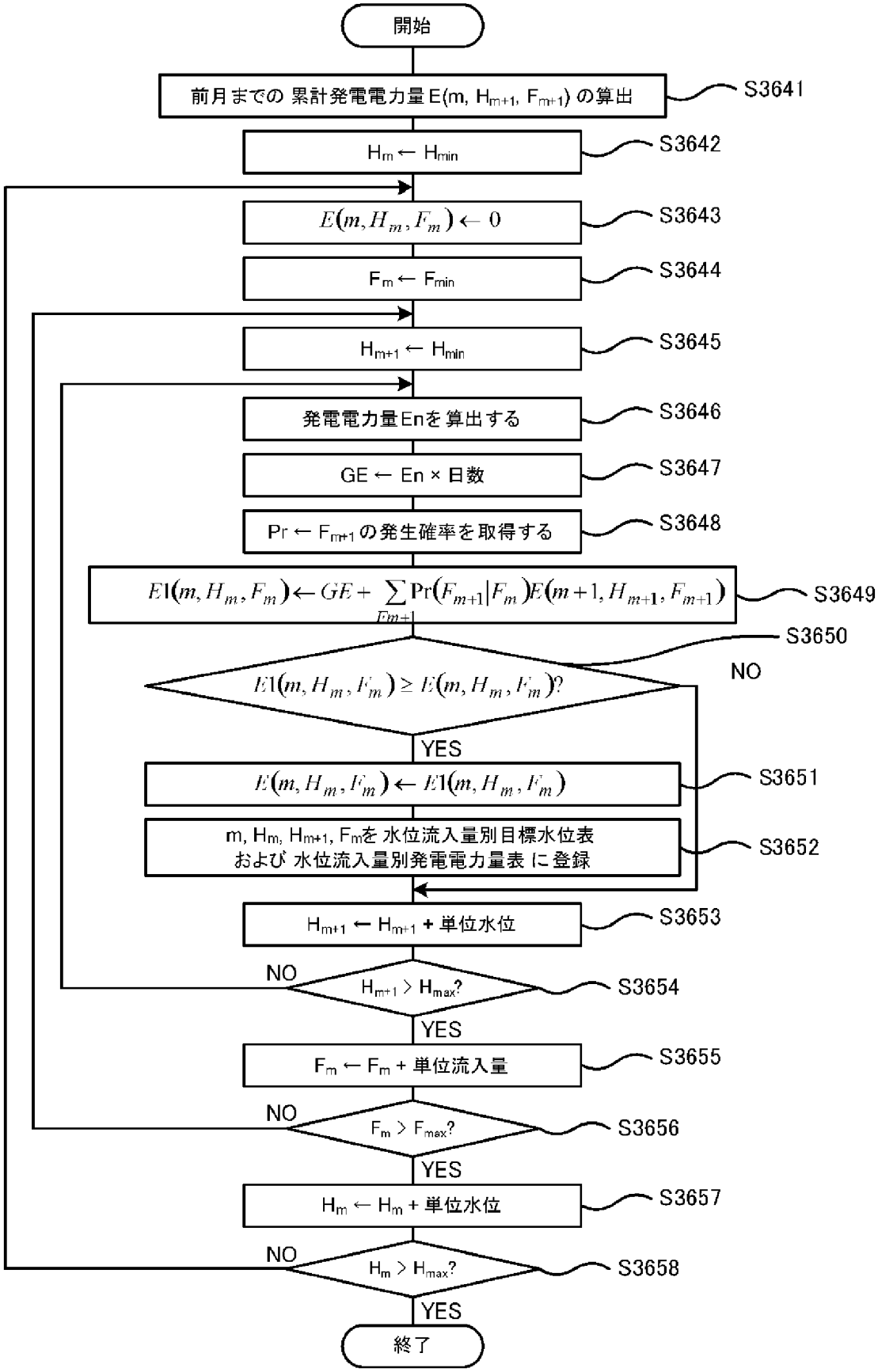
[図31]


352
12月の水位流入量別発電電力量表
流入量$F_{12}(m^3)$
水位$H_{12}(m)$
1
2
3
…
1
2
⋮
H_{max}
第12月の発電電力量

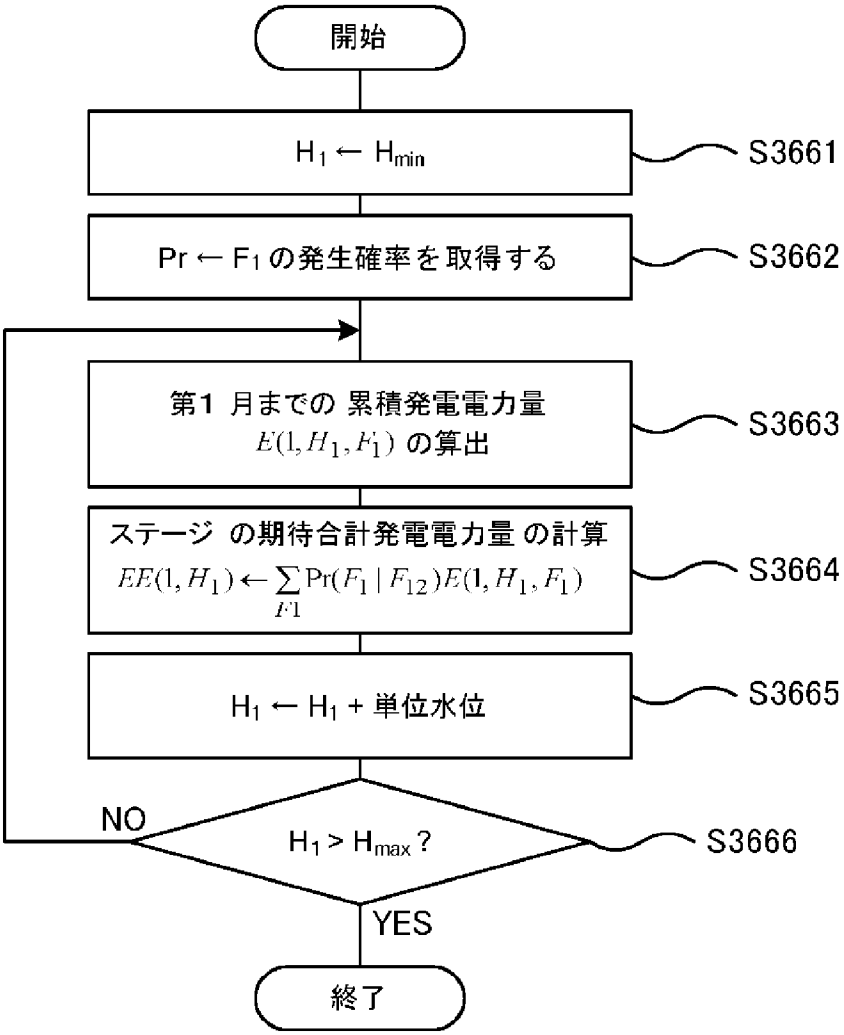
[図32]


開始
1 月までの 累計発電電力量E(1, H1, F1) ← 0
S3621
H12 ← Hmin
S3622
E(12, H12, F12) ← 0
S3623
F12 ← Fmin
S3624
H1 ← Hmin
S3625
発電電力量Enを 算出する
S3626
GE ← En × 日数
S3627
Pr ← F1の発生確率を 取得する
S3628
E1(12, H12, F12) ← GE + ∑F1 Pr(F1|F12)E(1, H1, F1)
S3629
S3630
E1(12, H12, F12) ≥ E(12, H12, F12)?
NO
YES
E(12, H12, F12) ← E1(12, H12, F12)
S3631
12,H12,H1,F12を 水位流入量別目標水位表
および 水位流入量別発電電力量表 に 登録
S3632
H1 ← H1 + 単位水位
S3633
NO
H1 > Hmax?
S3634
YES
F12 ← F12 + 単位流入量
S3635
NO
F12 > Fmax?
S3636
YES
H12 ← H12 + 単位水位
S3637
NO
H12 > Hmax?
S3638
YES
終了

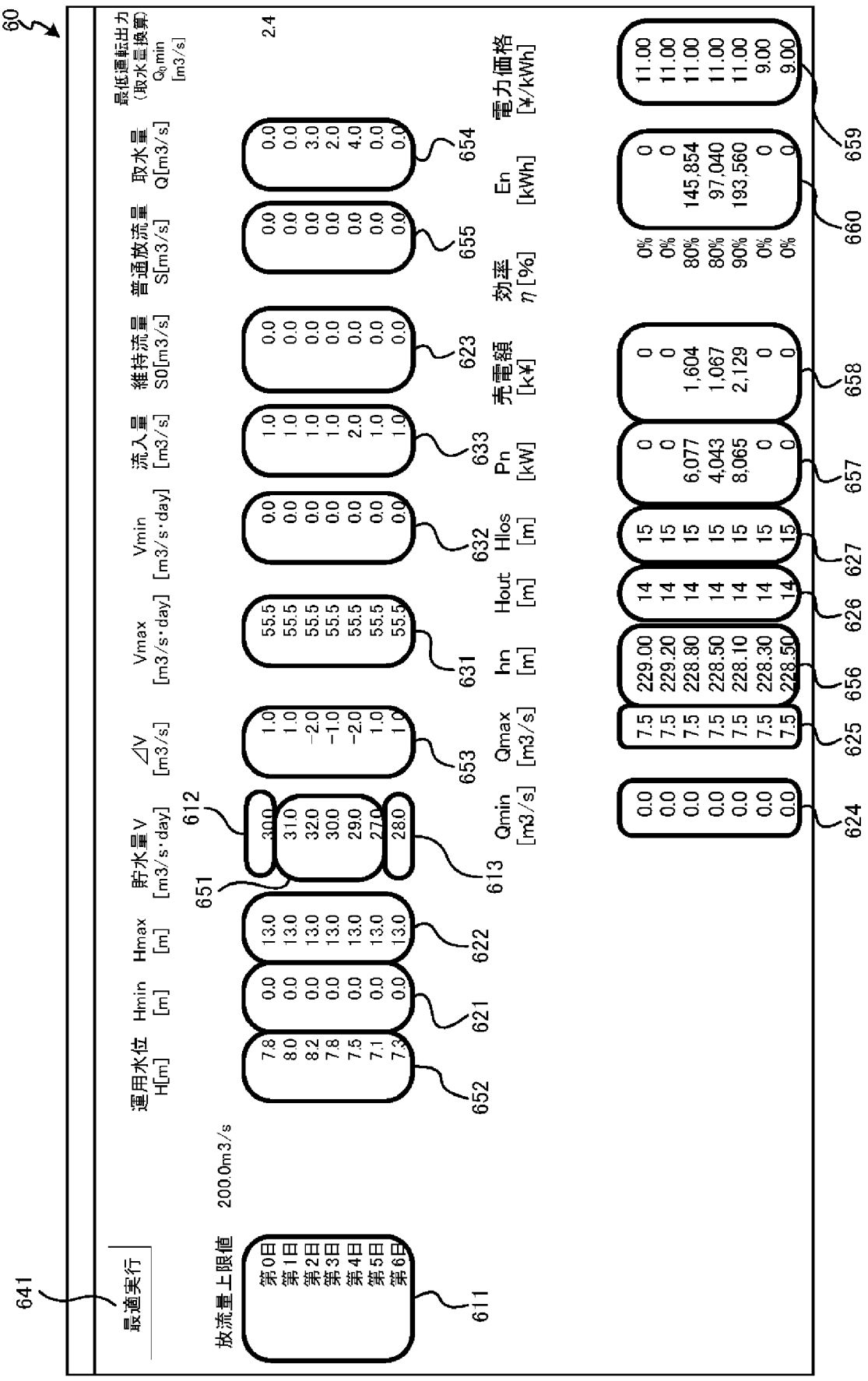
[図33]


開始
前月までの 累計発電電力量E(m, Hm+1, Fm+1) の算出
S3641
Hm ← Hmin
S3642
E(m, Hm, Fm) ← 0
S3643
Fm ← Fmin
S3644
Hm+1 ← Hmin
S3645
発電電力量Enを 算出する
S3646
GE ← En × 日数
S3647
Pr ← Fm+1 の発生確率を取得する
S3648
El(m, Hm, Fm) ← GE + Σ Pr(Fm+1|Fm)E(m+1, Hm+1, Fm+1)
S3649
El(m, Hm, Fm) ≥ E(m, Hm, Fm)?
S3650
NO
YES
E(m, Hm, Fm) ← El(m, Hm, Fm)
S3651
m, Hm, Hm+1, Fmを 水位流入量別目標水位表
および 水位流入量別発電電力量表 に登録
S3652
Hm+1 ← Hm+1 + 単位水位
S3653
NO
Hm+1 > Hmax?
S3654
YES
Fm ← Fm + 単位流入量
S3655
NO
Fm > Fmax?
S3656
YES
Hm ← Hm + 単位水位
S3657
NO
Hm > Hmax?
S3658
YES
終了

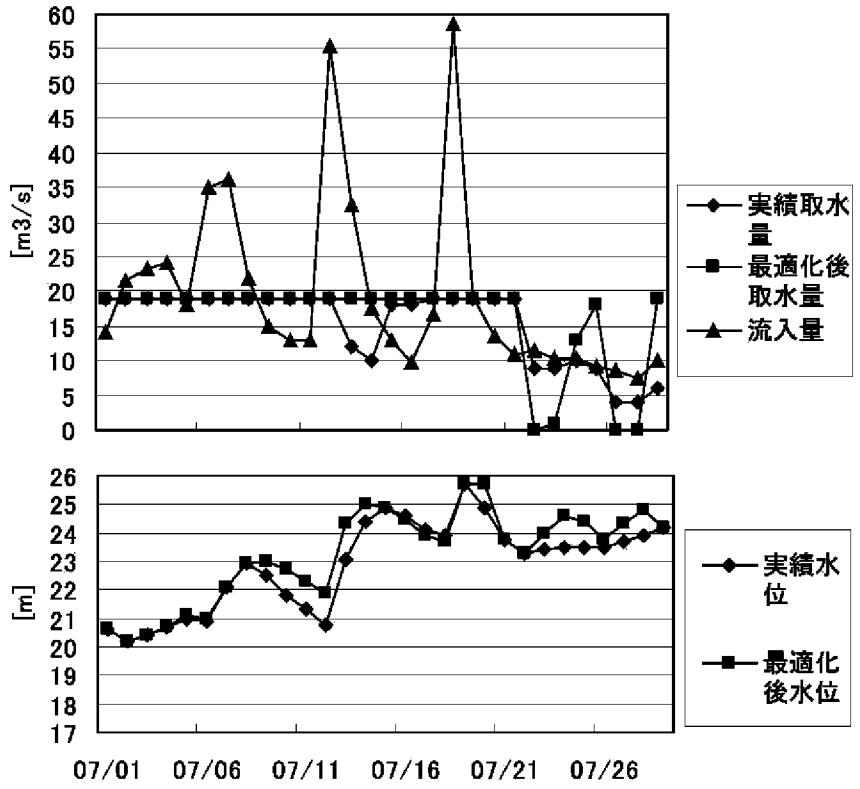
[図34]


開始
$H_1 \leftarrow H_{min}$
S3661
Pr ← F_1 の発生確率を取得する
S3662
第1 月までの 累積発電電力量
$E(1, H_1, F_1)$ の算出
S3663
ステージ の期待合計発電電力量 の計算
$EE(1, H_1) \leftarrow \sum_{F1} \Pr(F_1 \mid F_{12}) E(1, H_1, F_1)$
S3664
$H_1 \leftarrow H_1$ + 単位水位
S3665
NO
$H_1 > H_{max}$?
S3666
YES
終了

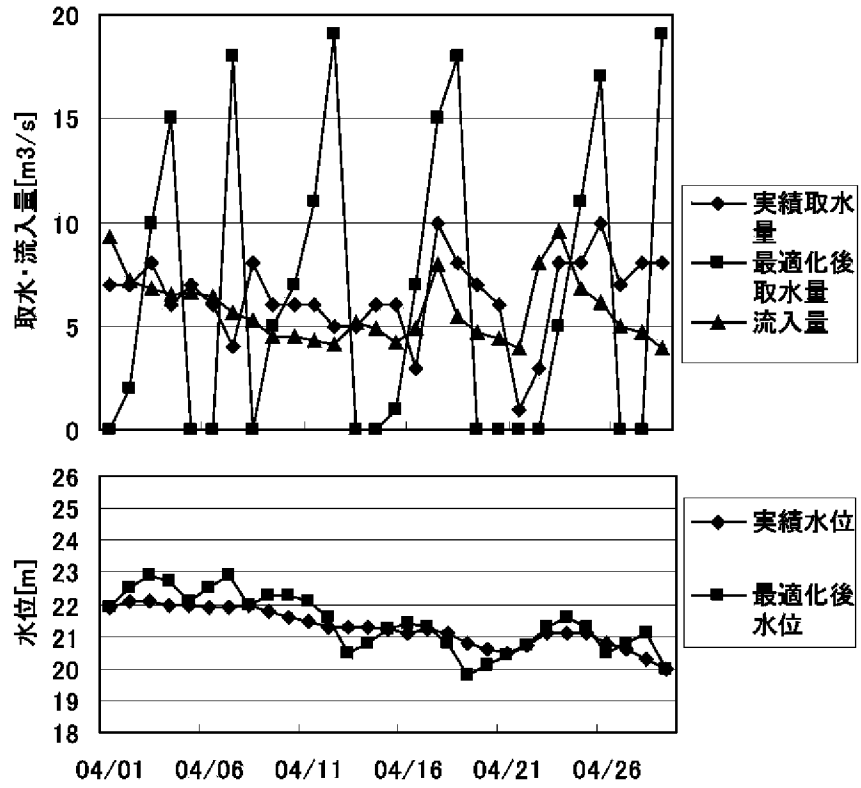
[図35]


60
641
最適実行
放流量上限値 200.0m3/s
611
第0日
第1日
第2日
第3日
第4日
第5日
第6日
運用水位 H[m]
Hmin [m]
Hmax [m]
貯水量V [m3/s・day]
612
651
652
621
622
613
⊿V [m3/s]
653
Vmax [m3/s・day]
631
Vmin [m3/s・day]
632
流入量 [m3/s]
633
維持流量 S0[m3/s]
623
普通放流量 S[m3/s]
655
取水量 Q[m3/s]
654
最低運転出力 (取水量換算) Q0min [m3/s]
2.4
Qmin [m3/s]
624
Qmax [m3/s]
625
hn [m]
656
Hout [m]
626
Hlos [m]
627
Pn [kW]
657
売電額 [k¥]
658
効率 η[%]
En [kWh]
660
電力価格 [¥/kWh]
659

[図36]

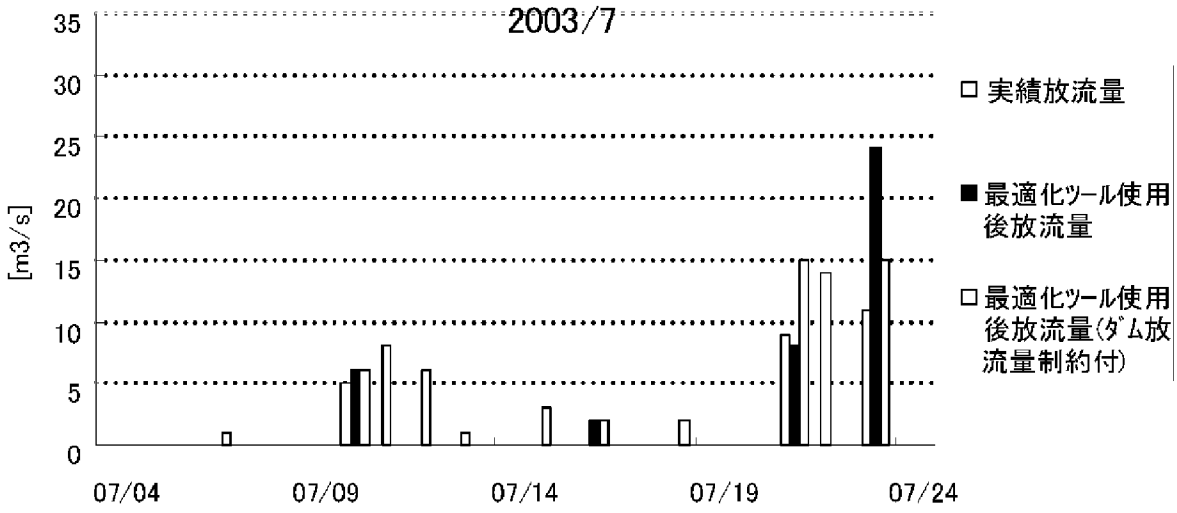

60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
[m3/s]
実績取水量
最適化後取水量
流入量
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
[m]
実績水位
最適化後水位
07/01
07/06
07/11
07/16
07/21
07/26

(a)


20
15
10
5
0
取水・流入量[m3/s]
実績取水量
最適化後取水量
流入量
26
25
24
23
22
21
20
19
18
水位[m]
実績水位
最適化後水位
04/01
04/06
04/11
04/16
04/21
04/26

(b)

[図37]


2003/7
35
30
25
20
15
10
5
0
[m3/s]
07/04
07/09
07/14
07/19
07/24
□ 実績放流量
■ 最適化ツール使用後放流量
□ 最適化ツール使用後放流量(ダム放流量制約付)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/070996

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G06Q50/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G06Q50/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Hiroshi ISHIKAWA, "Chosuichi Un'yo Keikaku Shuho no Kaizen", Hinshitsu Kanri, 1985, vol.36, 11 Gatsu special extra issue, pages 1848 to 1852	1-5
X	Yuki HAYASHI, "Markov-gata DP ni Motozuku Chosuichi Un'yo Keikakuho", Proceedings of the Annual Conference of Power & Energy Society, 2008.09 (received date), thesis no.118	1-5
A	KELMAN, J., Sampling Stchastic Dynamic Programming Applied to Reservoir Operation, Water Resources Research, 1990, Vol.26, No.3, p.447-454	1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 January, 2010 (20.01.10)	02 February, 2010 (02.02.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/070996

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	Ryuji OE, "Chosuichi no Tanki Oyobi Choki Un'yo Shien System no Kaihatsu", Enerugia Soken Rebyu, vol.17, The Chugoku Electric Power Co., Inc., Energia Economic and Technical Research Institute, 25 September 2009 (25.09.2009), pages 20 to 23	1-5
A	JP 2008-118810 A (Hitachi, Ltd.), 22 May 2008 (22.05.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2005-031821 A (Hitachi, Ltd.), 03 February 2005 (03.02.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2006-039838 A (Mitsubishi Electric Corp.), 09 February 2006 (09.02.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／０７０９９６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G06Q50/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G06Q50/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	石河博，貯水池運用計画手法の改善，品質管理，1985，第３６巻，１１月臨時増刊号，ｐ．１８４８－１８５２	１－５
X	林佑貴，マルコフ形ＤＰに基づく貯水池運用計画法，電気学会電力・エネルギー部門大会論文集，2008.09（受入日），論文Ｎｏ．１１８	１－５

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ２０．０１．２０１０	国際調査報告の発送日 ０２．０２．２０１０
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｌ　３１３６ 宮久保　博幸 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５６２

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ａ	KELMAN, J., Sampling Stchastic Dynamic Programming Applied to Reservoir Operation, Water Resources Research, 1990, Vol.26, No.3, p.447-454	１－５
Ｐ，Ｘ	大江隆二，貯水池の短期および長期運用支援システムの開発，エネルギア総研レビュー，第１７号，中国電力株式会社エネルギア総合研究所，2009.09.25，ｐ．２０－２３	１－５
Ａ	JP 2008-118810 A（株式会社日立製作所）2008.05.22，全文，全図（ファミリーなし）	１－５
Ａ	JP 2005-031821 A（株式会社日立製作所）2005.02.03，全文，全図（ファミリーなし）	１－５
Ａ	JP 2006-039838 A（三菱電機株式会社）2006.02.09，全文，全図（ファミリーなし）	１－５