

(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  
2022年8月25日(25.08.2022)



(10) 国際公開番号  
**WO 2022/176073 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*G05B 19/418* (2006.01) *G06Q 50/00* (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/005976
- (22) 国際出願日: 2021年2月17日(17.02.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岸田 明(KISHIDA Akira); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 掛田 知章(KAKEDA Tomoaki); 〒1008280 東京都千

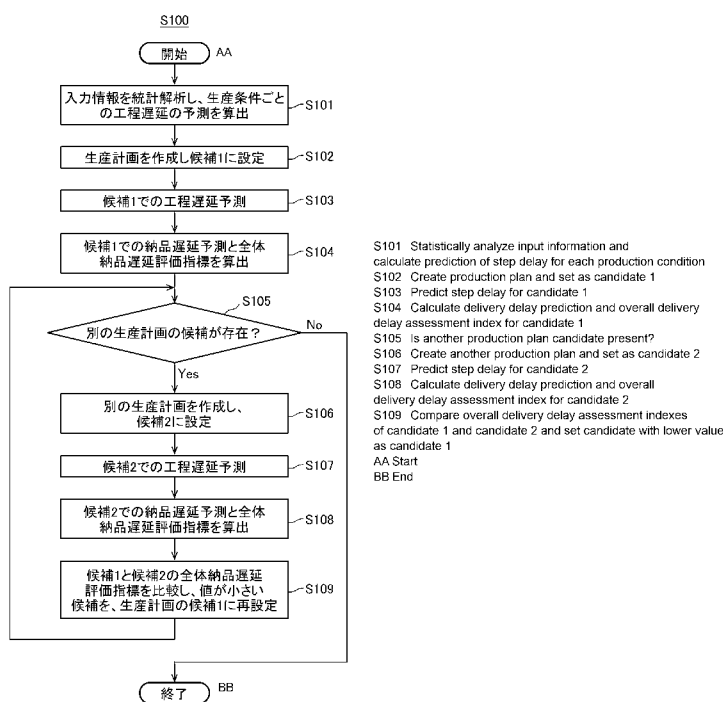
代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人磯野国際特許商標事務所(ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目1番18号 ヒューリック虎ノ門ビル 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: PRODUCTION PLANNING SUPPORT SYSTEM

(54) 発明の名称: 生産計画支援システム



(57) Abstract: This production planning support system (200) has a step delay analyzing unit (111) that analyzes conditions under which delays in the various steps of producing a product and delays in delivery occur and calculates an expected value of a conditional delay probability and number of delay days for each production condition relating to the steps to generate analyzed information, and a production plan creation/optimization unit (113) that creates a plurality of production plan candidates for the product, calculates, relating to all the steps constituting the production plan candidates,



WO 2022/176073 A1

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,  
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, WS, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

a delivery delay probability and number of delivery delay days of each product in the product plan candidates on the basis of the expected value of the conditional delay probability and the number of delay days based on the analyzed information, adds the delivery delay probability and the number of delay days of the products to calculate a delivery delay assessment index relating to the production plan candidates, and, among the product plan candidates, adopts the product plan candidates having the lowest delivery delay assessment index.

(57) 要約 : 生産計画支援システム (200) は、製品の各工程の遅延と納品の遅延が発生する条件を分析し、工程に関する生産条件ごとに、条件付きの遅延確率と遅延日数の期待値を算出して、分析情報とする工程遅延分析部 (111) と、製品の生産計画の候補を複数作成し、生産計画の候補を構成する全ての工程に関して、分析情報に基づく各工程の条件付きの遅延確率と遅延日数の期待値を元に、生産計画の候補における各製品の納品遅延確率と納品遅延日数の期待値を算出し、各製品の納品遅延確率と納品遅延日数の期待値を合算することで、生産計画の候補に関する納品遅延評価指標を算出し、生産計画の候補のうち、納品遅延評価指標が小さい生産計画の候補を採用する生産計画作成・最適化部 (113) と、を有する。

## 明 細 書

発明の名称：生産計画支援システム

### 技術分野

[0001] 本発明は、設計、調達、製造のプロセスに関する複数の工程からなる生産計画を行うための情報を生成する生産計画支援システムに関するものである。

### 背景技術

[0002] 本発明は、製造業における設計工程から調達、製造に関する生産計画の立案に関するものである。生産計画立案する既存の仕組みとして、Material RequirementステップS Planning (MRP) やAdvanced Planning and ステップScheduling (APステップS) といったものが存在し、これらは受注情報、需要予測や、リードタイム、設備の負荷等を考慮して資源調達計画や生産計画を行う。ただし、これらの仕組みは、生産計画の一部である工程や調達部品が遅延することは前提としていない。

[0003] 一方、特許文献1では、標準日程における納期に対して前倒しで調達される際にかかるコストと、標準日程における納期に対して遅延して調達される際にかかるコストと、に基づいて工程の全体のコストの期待値が最小となるような、生産計画システムが開示されている。

[0004] また、特許文献2では、工程の製造実績情報から統計処理を行うことにより、部材ごとの所要時間の確率分布を算出し、部材の納期に対する遅延確率を算出し、製造指令段階で製造遅延を予測できるようにした納期管理支援システムが開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2012-181626号公報  
特許文献2：特開2005-071136号公報

### 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に開示された生産管理システムは、調達品の遅延に伴うコストと調達品の納期の前倒しに伴うコストを比較して最適化を図るものであるため、工程の単純な前倒しを実施することがないケース、例えば、内製に関する工程の遅延対策で資源制約がある場合は、ある工程を前倒しすると別工程の資源が足りなくなるといったケースには対応できない。

[0007] また、特許文献2に開示された納期管理支援システムは、工程の遅延を予測することはできるが、予測結果をもとに、生産計画を立案しているわけではない。

[0008] 本発明は、前記の課題を解決するための発明であって、製品の生産計画において、納品遅延リスクの低い生産計画を作成することで、確実な顧客納品を実現することができる生産計画支援システ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

[0009] 前記目的を達成するため、本発明の生産計画支援システムは、受注情報、調達情報、制約条件情報、資源情報、倉庫情報、取引先情報、部品表情報、過去の生産計画情報、過去の生産実績情報と、を含むデータベースの情報に基づき、製品の各工程の遅延と納品の遅延が発生する条件を分析し、工程に関する生産条件ごとに、条件付きの遅延確率と遅延日数の期待値を算出して、分析情報とする工程遅延分析部と、前記製品の生産計画の候補を複数作成し、前記生産計画の候補を構成する全ての工程に関して、前記分析情報を基づく各工程の条件付きの遅延確率と遅延日数の期待値を元に、前記生産計画の候補における各製品の納品遅延確率と納品遅延日数の期待値を算出し、各製品の前記納品遅延確率と前記納品遅延日数の期待値を合算することで、前記生産計画の候補に関する納品遅延評価指標を算出し、前記生産計画の候補のうち、前記納品遅延評価指標が小さい生産計画の候補を採用する生産計画作成部と、を有することを特徴とする。本発明のその他の態様については、後記する実施形態において説明する。

## 発明の効果

[0010] 本発明によれば、製品の生産計画において、納品遅延リスクの低い生産計画を作成することで、確実な顧客納品を実現することができる。

## 図面の簡単な説明

- [0011] [図1]実施形態に係る生産計画支援システムの基本構成を示す図である。  
[図2]実施形態1に係る生産計画算出処理を示すフローチャートである。  
[図3]過去の生産計画情報の例を示す図である。  
[図4]過去の生産実績情報の例を示す図である。  
[図5]工程遅延分析部が分析した分析情報の例を示す図である。  
[図6]受注情報の例を示す図である。  
[図7]制約条件情報の例を示す図である。  
[図8]部品情報の例を示す図である。  
[図9]倉庫情報の例を示す図である。  
[図10A]生産計画作成・最適化部が最初に作成した生産計画の候補1の例を示す図である。  
[図10B]工程ごとの条件付きの遅延確率、遅延日数期待値の計算例を示す図である。  
[図10C]納品先ごとの条件付きの遅延確率、遅延日数期待値の計算例を示す図である。  
[図10D]納品先ごとの納品遅延評価指標と全体納品遅延評価指標の例を示す図である。  
[図11]評価パラメータ入力部で設定された、納入先ごとに設定される納品遅延確率と納品遅延日数期待値の重みづけパラメータである、納品遅延確率重み係数と納品遅延日数期待値重み係数を示す図である。  
[図12A]生産計画作成・最適化部が算出した生産計画の候補の例である。  
[図12B]生産計画作成・最適化部が算出した生産計画の他の候補の例である。  
[図12C]生産計画作成・最適化部が算出した生産計画の別の候補の例である。  
[図13]実施形態2に係る、納品遅延が発生した際にリスケジュールを考慮し

た生産計画算出処理を示すフローチャートである。

[図14]受注情報の例を示す図である。

[図15]取引先情報の例を示す図である。

[図16]調達情報の例を示す図である。

[図17A]分析情報に記憶された作業に関する各工程の遅延予測情報の例を示す図である。

[図17B]分析情報に記憶された部品に関する各取引先の遅延予測情報の例を示す図である。

[図18A]生産計画作成・最適化部が算出した、当初の生産計画を示す図である。

[図18B]図18Aの生産計画における遅延工程リストの例を示す図である。

[図19A]図18Aの生産計画を生産計画リストに登録した結果を示す図である。

[図19B]図19Aの生産計画に係るリスケジュール指標の結果を示す図である。

[図19C]図21の新しい生産計画の候補を追加登録した結果を示す図である。

[図20]工程遅延の前提条件における生産計画の例を示す図である。

[図21]図18Aとは別の新しい生産計画の候補で、製品3の部品3が納品されるタイミングだけが異なるケースの例を示す図である。

[図22]図21の生産計画の見直しを実施した例を示す図である。

[図23]生産リスク可視化部が表示部に警告表示した結果を示す図である。

[図24]実施形態3に係る生産計画算出処理を示すフローチャートである。

## 発明を実施するための形態

[0012] 本発明を実施するための実施形態について、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。

### <実施形態1>

図1は、本発明の実施形態に係る生産計画支援システム200の基本構成の例を示す図である。生産計画支援システム200は、記憶部100（データベース）、処理部120、通信I/F130、表示部140、入力部150を

有し、通信I/F 130を介してネットワークNWと接続されている。記憶部100には、受注情報101、生産計画情報102、生産実績情報103、調達情報104、制約条件情報105、資源情報106、倉庫情報107、取引先情報108、部品表情報109、分析情報110、生産計画リスト117、遅延工程リスト118等が記憶されている。処理部120は、工程遅延分析部111、工程遅延予測部112、生産計画作成・最適化部113、外部入出力部114、生産計画リスク可視化部115、評価パラメータ入力部116等を有する。なお、工程遅延予測部112、生産計画作成・最適化部113をまとめて、生産計画作成部としてもよい。

[0013] (記憶部100 (データベース))

外部入出力部114は、生産計画に必要な各種情報を、記憶部100に格納する。受注情報101には、顧客からの受注情報が格納される。調達情報104には、どの部品をどの取引先に発注し、いつ納品されたかといった調達情報が格納される。制約条件情報105には、工程間の先行後続関係や、工程がどの機械や人といった資源や場所を使用するのか、といった各工程に関する制約条件の情報を格納される。資源情報106には、人や機械といった生産に必要な資源をどれくらい保有しているかといった情報が格納される。倉庫情報107には、倉庫のスペースの大きさや積載可能な重量情報や倉庫に格納される部品や製品の実績と予定の情報が格納される。取引先情報108には、部品を発注する取引先の情報が格納される。部品表情報109には、各製品を構成する部品と、部品を製造する際の工程の情報が格納される。

[0014] 生産計画情報102には、生産計画作成・最適化部113が作成する生産計画の情報が格納される。生産実績情報103には、生産計画に基づき実行された生産実績の情報が格納される。分析情報110には、工程遅延分析部111が分析した情報が格納される。生産計画リスト117、遅延工程リスト118については、後記する。

[0015] (処理部120)

工程遅延分析部 111 は、受注情報 101、調達情報 104、制約条件情報 105、資源情報 106、取引先情報 108、部品表情報 109 を収集し、生産計画情報 102 と生産実績情報 103 とを比較し、各工程の遅延と納品の遅延が発生する条件を統計分析し、製品、取引先、部品、製造数量といった工程に関する生産条件ごとに、条件付きの遅延確率と遅延日数の期待値を算出し、分析情報 110 に情報を格納する。

[0016] 特許文献 2 において、部材の納期に対する遅延確率を用いている。これに対し、本実施形態においては、生産条件に関する条件付きの遅延確率にすることで、同じ製品の同じ工程であっても、作業者の違いや機械設備の違いによって、遅延確率や遅延時間の期待が変わることを考慮できるようにしている。

[0017] 工程遅延予測部 112 は、工程と、製品、取引先、部品、製造数量といったその工程に関する生産条件の情報を入力値として、その生産条件と合致する条件付きの遅延確率と遅延日数の期待値を、分析情報 110 から取得する。工程遅延予測部 112 は、取得した条件付きの遅延確率と遅延日数の期待値を、生産計画作成・最適化部 113 に、戻り値として渡す。

[0018] 生産計画作成・最適化部 113 は、受注情報 101、調達情報 104、制約条件情報 105、資源情報 106、取引先情報 108、部品表情報 109 から、いつどの工程をどのように実行するかを定める生産計画の候補を作成する。生産計画の候補は、受注情報 101 にある顧客から注文を受けた各製品が納期を満たすよう、各生産工程が組立される。

[0019] 生産計画作成・最適化部 113 は、作成した生産計画の候補を構成する全て工程に関して、各工程と各工程に関する生産条件の情報を工程遅延予測部 112 に入力し、その工程の条件付きの遅延確率と遅延日数の期待値を受け取る。これら各工程の条件付きの遅延確率と遅延日数の期待値を元に、生産計画作成・最適化部 113 は、生産計画の候補における各製品の納品遅延確率と納品遅延日数の予測値を算出する。

[0020] 生産計画作成・最適化部 113 は、評価パラメータ入力部 116 から、納



品遅延確率及び納品遅延日数に関する評価の重みづけパラメータを取得する。この重みづけパラメータは、顧客との納品遅延の損害金に関する契約が、納品遅延が発生したかしないかで決まる場合は、納品遅延確率に関する重みづけパラメータを大きな値にし、納品遅延日数に応じた損害金であるならば、納品遅延日数に関する評価の重みづけパラメータを大きな値に設定することで、顧客ごとの契約条件の違いを、納品遅延評価指標に反映できるようにしている。また、顧客ごとによる納品遅延の損害金額の違いも、重みづけパラメータの値を、顧客ごとに調整することで対応できるようにしている。

[0021] 生産計画作成・最適化部113は、この重みづけパラメータと、各製品の納品遅延確率及び納品遅延日数を掛け合わせ合算することで、生産計画の候補に関する納品遅延評価指標を算出する。

[0022] 続いて、生産計画作成・最適化部113は、同一の入力情報の条件下で先ほどとは異なる生産計画の候補を作成し、先ほどと同様な方法で納品遅延評価指標を算出する。前回の生産計画の候補と、新しい生産計画の候補の納品遅延評価指標を比較し、納品遅延評価指標の小さい生産計画の候補を採用する。この操作を、生産計画の候補がなくなるまで繰り返すことで、納品遅延評価指標が最も小さい生産計画の候補を、最適な生産計画として採用する。生産計画作成・最適化部113は、最適化した生産計画を生産計画情報102に記録するとともに、外部入出力部114から生産計画の情報を外部に出力する。

[0023] 外部入出力部114は、前記したように、生産計画に必要な各種情報を、記憶部100に格納するとともに、生産計画の情報を、ネットワークNWを介して外部に出力する。

[0024] 生産計画リスク可視化部115は、納品遅延評価指標が大きい工程と、納品遅延評価指標が小さい工程を判別できるように、表示部140の画面に可視化する。

[0025] 評価パラメータ入力部116は、入力部150を介して、前記したように、納品遅延確率及び納品遅延日数に関する評価の重みづけパラメータを取得

する。

[0026] 以下、生産計画支援システム200の処理の詳細を説明する。

図2は、実施形態1に係る生産計画算出処理S100を示すフローチャートである。フローチャートを、図3～図12Dを参照して説明する。

[0027] ステップS101において、工程遅延分析部111が、図1に記載の記憶部100に格納される各情報を収集し、その各情報を統計解析することで、各工程の生産条件ごとに、条件付きの遅延確率と遅延日数の期待値からなる分析情報110を生成する。

[0028] 図3は、過去の生産計画情報102の例の抜粋である。図4は、過去の生産実績情報103の例の抜粋である。図3と図4における製番は製造番号の略称で、製品ごとの個体識別番号である。図5は、工程遅延分析部111が分析した分析情報110の例を示す図である。この例では、工程遅延分析部111が、生産条件を作業員、製品、部品、工程ごととし、この生産条件ごとに条件付きの遅延確率と遅延日数期待値を分析情報110に記録・格納している。図5によれば、作業員A、製品1、工程2において、遅延確率、遅延日数期待値が「0」でないことがわかる。

[0029] ここで、前記したように、本実施形態では、条件付きの遅延確率、遅延日数期待値を採用している。生産条件に関する条件付きの遅延確率にすることで、同じ製品の同じ工程であっても、作業員の違いや機械設備の違いによって、遅延確率や遅延時間の期待が変わることを考慮できる。図3、図4の例で求め方を説明すると、図3の過去の生産計画情報102の例の場合、作業員A、製品1、工程2の工程は、9月2日、9月4日、9月6日、9月8日の4日間ある。しかし、図4の過去の生産実績情報103によれば、遅延が発生し、9月9日に、1日追加されている。この場合、図5の作業員A、製品1、工程2の工程において、遅延確率は1回/4回=0.25、遅延日数期待値は、1日/4日=0.25となる。一方、作業員B、製品1、工程2の工程は、9月2日、9月4日、9月6日、9月8日の4日間あるが、図4の過去の生産実績情報103によれば、遅延が発生していない。この場合、

図5の作業員B、製品1、工程2の工程において、遅延確率は0、遅延日数期待値は0となる。

[0030] 図2に戻り、ステップS102において、生産計画作成・最適化部113は、受注情報101、制約条件情報105、資源情報106、倉庫情報107、取引先情報108、部品表情報109の各入力情報から生産計画を作成する。

[0031] 図6は、受注情報101の例である。顧客から受け付ける発注日、納入予定日と、生産可能になる生産開始可能日と生産完了期限日が格納されている。図7は、制約条件情報105の例であり、製品1を生産する際の各工程間の順序制約や、生産担当できる作業員、標準工数や使用する機械設備の情報が定義されている。図7において、「先行工程」の欄から、製品1は工程1の後、工程2が実施され、「作業員」の欄から、作業員Aか作業員Bが対応でき、「標準工数」の欄から、標準工数が1日で、「機械設備」の欄から、機械設備は使用しないことがわかる。

[0032] 図8は、部品表情報109を示す図であり、各製品の部品と工程から生産されるかを示しており、図8において、「部品階層1」と「部品階層2」の欄から、製品1は部品1から構成され、「工程」の欄から、製品1は、部品1を必要とする工程1と、工程2とから生産されることがわかる。

[0033] 図9は、倉庫情報107を示す図であり、各倉庫における各棚において、各部品の在庫数量と、各部品を置くスペースが何個分あるかを示す空きスペースから構成されている。図9から部品1の在庫が存在しているため、製品1を生産するにあたり、部品1は取引先に発注せず在庫から割り当てできる。

[0034] 図10Aは、生産計画作成・最適化部113が、図1に記載の記憶部100に格納される各情報に基づき、最初に作成した生産計画の候補1（生産計画P11，P11A）である。納入先がA社向けの製品は、10月2日に工程1を、10月3日に工程2をそれぞれ作業員Aが実施する計画で、一方、納入先がB社向けの製品は、工程1を10月3日に、工程2を10月4日に作

業者Bが実施する計画となっている。この生産計画の候補1は、図5、図6、図7の情報と整合性を保っていることがわかる。なお、見やすさのため、図3とは異なり、図10Aは製品ごとの時系列での生産工程順で示している。

[0035] 図2に戻り、ステップS103において、生産計画作成・最適化部113は、図10Aの生産計画の候補における各工程の情報を工程遅延予測部112に入力し、入力された情報と合致する工程の条件付きの遅延確率と遅延日数期待値を取得する。図10Aの納入先がA社、製品1、工程1、作業員Aの場合、図5から工程の条件付きの遅延確率、遅延日数期待値ともに0となる。同様に、図5から、他の工程についても条件付きの遅延確率、遅延日数期待値を算出したものが、図10B（生産計画P11B）である。

[0036] ステップS104において、各工程の条件付きの遅延確率と遅延日数期待値から、生産計画作成・最適化部113は、各製品の納品遅延確率と納品遅延日数期待値を算出する。図10C（生産計画P11C）は、その算出結果を記載したものである。図10Bから、納入先がA社向けの製品に関しては、工程の条件付きの遅延確率が0でない工程は工程2のみであり、工程2の後続工程が存在しないため、納品遅延確率と納品遅延日数期待値は、それぞれ0.25となる。一方納入先がB社向けの製品に関しては、各工程の条件付きの遅延確率が0のため、納品遅延確率と納品遅延日数期待値も0となる。図10D（（生産計画P11D）の詳細は後記する。

[0037] 続いて、生産計画作成・最適化部113は、納品遅延確率と納品遅延日数期待値と、納品遅延確率重み係数と納品遅延日数期待値重み係数から、納品遅延評価指標を算出する。

[0038] 図11は、評価パラメータ入力部116で設定された、納入先ごとに設定される納品遅延確率と納品遅延日数期待値の重みづけパラメータ119である、納品遅延確率重み係数と納品遅延日数期待値重み係数を示す図である。図11の例では、納入先であるA社とB社どちらも同じ値が設定されているが、納入先ごとに設定することができる。

[0039] なお、図 1 1 における、工程遅延確率重み係数と工程遅延日数期待値重み係数は、工程遅延リスクの評価指標を算出するときの重み係数であり、工程遅延警告基準は、遅延リスクが高い工程を警告表示するためのパラメータであるが、これらについては後述する。

[0040] 本実施形態で導入した納入遅延評価指標について説明する。

ある納入先に対する、ある製品の納入遅延評価指標は、(1) 式で算出される。

$$\begin{aligned} \text{納品遅延評価指標} = & \text{納品遅延確率重み係数} \times \text{製品の納品遅延確率} \\ & + \text{納品遅延日数期待値重み係数} \times \text{製品の納品遅延日数期待値} \\ & \dots (1) \end{aligned}$$

[0041] また、生産計画の候補に関する全体納品遅延評価指標は、生産対象となる製品全ての納品遅延評価指標の合算値として、(2) 式で算出される。

$$\text{全体納品遅延評価指標} = \sum_{\text{生産対象の全製品}} \text{納品遅延評価指標} \dots (2)$$

[0042] 図 1 1 の例では、納品遅延確率重み係数と納品遅延日数期待値重み係数が全て 0.5 であり、納入先ごとの納品遅延確率と納品遅延日数期待値が図 1 0 C の値であるため、納入先ごとの納品遅延評価指標と全体納品遅延評価指標は、図 1 0 D (生産計画 P 1 1 D) に示す値となる。

[0043] 図 2 に戻り、ステップ S 1 0 5 において、生産計画作成・最適化部 1 1 3 は、別の生産計画の候補が存在するか否かを判定し、収集した受注情報 1 0 1 や制約条件情報 1 0 5 といった各情報と条件を満たす候補が存在しない場合 (ステップ S 1 0 5, No)、候補 1 を最適な生産計画として処理を終了する。

[0044] 別の生産計画の候補が存在する場合 (ステップ S 1 0 5, Yes)、生産計画作成・最適化部 1 1 3 は、ステップ S 1 0 6 において、この新しい候補を、候補 2 に設定する。生産計画作成・最適化部 1 1 3 は、ステップ S 1 0 2 で作成したから生産計画の候補 1 の工程順序を変更することで、別の生産計画の候補を生成する。

[0045] ステップ S 1 0 6、ステップ S 1 0 7、ステップ S 1 0 8 において、生産

計画作成・最適化部 113 は、生産計画の候補 2 に対して、ステップ S 102、ステップ S 103、ステップ S 104 と同様の処理を実行し、候補 2 における全体納品遅延評価指標を算出する。

[0046] ステップ S 109 において、生産計画作成・最適化部 113 は、生産計画の候補 1 と候補 2 の全体納品遅延評価指標を比較し、値が小さい生産計画の候補を、生産計画の候補 1 に再設定し、ステップ S 105 に戻る。

[0047] ステップ S 105 からステップ S 109 を、生産計画の候補がなくなるまで繰り返し実行することで、全体納品遅延評価指標が最も小さい生産計画が選択される。

[0048] 図 12A は、生産計画作成・最適化部 113 が算出した生産計画の候補（生産計画 P 12）の例である。図 12B は、生産計画作成・最適化部 113 が算出した生産計画の他の候補（生産計画 P 13）の例である。図 12C は、生産計画作成・最適化部 113 が算出した生産計画の別の候補（生産計画 P 14）の例である。

[0049] 図 12A、図 12B、図 12C は、ステップ S 105 からステップ S 109 の処理において、生産計画作成・最適化部 113 が算出する本実施形態での生産計画の候補である。図 12A～図 12C の生産計画と、図 10 の生産計画の候補の中から、全体納品遅延評価指標が一番小さい図 12C が、生産計画として選択される。

[0050] 以上の手続きにより、生産計画支援システム 200 は、製品の納品遅延リスクを最小化する生産計画を作成することができる。

[0051] なお、本実施形態では、図 2 のステップ S 103 において、生産計画の候補における工程の情報を工程遅延予測部 112 に入力し、入力した情報と合致する工程の条件付きの遅延確率と遅延日数期待値を取得しているが、ニューラルネットワークといった機械学習の方法を用いて、入力情報と類似した工程の条件付きの遅延確率と遅延日数期待値を取得してもよい。

[0052] <実施形態 2>

実施形態 2 では、実施形態 1 の方法に基づき作成した製品の納品遅延リス

クを最小化する生産計画の工程順序が複数存在する場合、納品遅延が発生した際にリスケジュールが可能な生産計画を選択することができる。

[0053] 図13は、実施形態2に係る、納品遅延が発生した際にリスケジュールを考慮した生産計画算出処理S200を示すフローチャートである。以下、このフローチャートを、図7～図9、図14～図23を参照して、詳細に説明する。

[0054] 図14は、受注情報101の例を示す図である。製品2、製品3、製品4の納入予定日は、いずれも11月5日である。製品2、製品3、製品4に関する制約条件情報105は図7に、部品表情報109は図8に、倉庫情報107は図9に示す。

[0055] 図15は、取引先情報108の例を示す図である。取引先情報108には、部品の取引先、取扱部品、取引先住所等が記載されている。図16は、調達情報104の例を示す図である。調達情報104には、部品2、部品3、部品4の発注日、納品予定等が記載されている。

[0056] 図14の受注情報101の製品2、製品3、製品4は、図8の部品表情報109から、部品1、部品2、部品3、部品4を必要とする。また、図9の倉庫情報107から、部品1と部品2は在庫があるので、それを生産に使用すればよく、部品3は在庫がないことがわかる。なお、部品2が図9に記載がないのは、倉庫に保管できない部品、つまり納品したらすぐに製造着手する必要がある部品であることを意味している。したがって、本実施形態例では、製品を生産するにあたり部品2と部品3を発注する必要がある。

[0057] 図13に戻り、ステップS201において、処理部120は、図2に記載の生産計画算出処理におけるステップS101からステップS109の各処理を実施し、製品の納品遅延リスクである全体納品遅延評価指標を最小化する生産計画を作成する。

[0058] 図17Aは、分析情報110に記憶された作業に関する各工程の遅延予測情報110aの例を示す図である。作業に関する各条件には、図17Aに示すように、作業員、機械設備、製品、部品、工程の組合せがあり、各組合せ

による遅延確率および遅延日数期待値が算出される。例えば、「作業員A、機械C、製品2、部品2、工程1」の場合には、遅延確率が0、遅延日数期待値が0であり、遅延が発生しないことがわかる。

[0059] 図17Bは、分析情報110に記憶された部品に関する各取引先の遅延予測情報110bの例を示す図である。図17Bは、工程遅延分析部111が図16の調達情報104から統計解析して算出した。図17Bにおいて、部品2、X社の場合、遅延確率が0.5、遅延日数期待値が0.5であるのは、図16において、4回の取引のうち2回遅れており、遅延確率は $2/4 = 0.5$ であり、延べ4日の納期に対し2日の遅れを生じているため、遅延日数期待値は $2/4 = 0.5$ となる。

[0060] 図18Aは、生産計画作成・最適化部113が算出した、当初の生産計画P21を示す図である。図18Bは、図18Aの生産計画における遅延工程リスト118の例を示す図である。ここでは、図18Aの生産計画P21を、図17Aと図17Bの遅延予測情報から、製品の納品遅延リスクを最小化する方法について説明する。なお、図18Aにおいて、部品が登録されている日付は、部品が納品され生産に使用可能となったタイミングを意味している。

[0061] 図13に戻り、ステップS202の処理では、ステップS201で算出した生産計画と全体納品遅延評価指標を、生産計画リスト117に登録する。図19Aは、図18Aの生産計画P21を、生産計画リスト117に登録した結果（生産計画リスト117a）を示す図である。ステップS202の処理時点では、図19Aのリスクスケジュール指標は、後続処理を実施した結果、値が更新されるため、初期値の0が設定されている。

[0062] 図13に戻り、ステップS203の処理では、生産計画リスト117に新規に登録された生産計画の各工程に関して、分析情報110から、工程の条件付きの遅延確率が0でない工程を抽出し、遅延工程リスト118に、条件付きの遅延確率と遅延日数期待値とともに格納する。

[0063] 図18Aには、納品遅延確率、納品遅延日数期待値等が記載されているが



、各工程の遅延確率および遅延日数期待値が示されていない。各工程の遅延確率および遅延日数期待値は、図17Aおよび図17Bを考慮して判断される。図17Aの作業に関する各工程の遅延予測情報110aから各工程の作業が遅れる条件付きの遅延確率は全て0であり、一方、図17Bの部品に関する各取引先の遅延予測情報110bから部品2のみ納品が遅延する確率が0.5であるため、部品2を使用する製品2の工程1のみ遅延するリスクがある。

[0064] 生産計画作成・最適化部113は、条件付きの遅延確率が0でない遅延工程と、その工程を特定するための関連情報を、遅延工程リスト118に登録する。図18Bは、図18Aの生産計画における遅延工程リスト118であり、遅延工程を特定する情報として、納入先と製品、日付の情報を格納している。また、その工程が遅れる条件付きの遅延確率と遅延日数期待値、行番を意味するNo.を格納している。

[0065] 図13に戻り、ステップS204とステップS205の処理で、生産計画作成・最適化部113は、遅延工程リスト118から工程を1つ選択し、遅延日数期待値分遅延したと仮定して生産計画を作成し直す。本実施形態例では、図18Bから、遅延工程は、納入先がC社、製品2の工程1のみが遅延工程リスト118に登録されているため、この工程が1日遅延したと設定する。ここで、図18Bでは、遅延日数期待値が0.5日であるが、本実施形態例では1日単位の工程を最小単位としているため、小数点以下を切り上げし、遅延日数を1日としている。

[0066] ステップS205の処理で、生産計画作成・最適化部113は、ステップS204の工程遅延を前提として、すなわち、納入先がC社、製品2の工程1が1日遅延し、11月3日に遅延したことを前提に、ステップS102からステップS109の処理を実行し、生産計画と全体納品遅延評価指標を算出する。図20はこの前提条件におけるステップS205の算出結果である。

[0067] 図18Aの当初の生産計画P21と、図20のステップS205の算出結果の生産計画P22とを比較する。図20の生産計画P22の場合、C社・

製品2は、1日ずれて11月3日、11月4日に計画され、D社・製品3は、作業者Aの関係から、1日ずれて11月4日、11月5日に計画され、E社・製品4は、作業者Aの関係から、工程2が1日ずれて11月5日に計画される。その結果として、D社・製品3およびE社・製品4の納品遅延確率が1、納品遅延日数期待値が1となる。これにより、納品遅延評価指標はそれぞれ1となり、全体納品遅延評価指標が2.0となる。なお、図20の表中の太線の枠は、図18Aからの変更箇所を示している。

[0068] ステップS206の処理で、生産計画作成・最適化部113は、リスクスケジュール指標の更新値を以下の(3)式から算出し、生産計画リストのリスクスケジュール指標に加算する。ここで、(3)式で、ステップS204で選択した工程の条件付きの遅延確率を乗算している理由は、ステップS204の工程の遅延の発生しやすさを考慮するためである。

[0069] リスクスケジュール指標の更新値

＝ステップS205で算出した全体納品遅延評価指標

×ステップS204で選択した工程の条件付きの遅延確率

・・・(3)

[0070] 本実施形態例では、図20から全体納品遅延評価指標は2.0であり、図18Bから工程の条件付きの遅延確率は0.5のため、リスクスケジュール指標の更新値は1.0となる。この値を、ステップS202で生産計画リスト117に登録した生産計画のリスクスケジュール指標に加算する。図19Bは、リスクスケジュール指標の更新値を、リスクスケジュール指標に加算した結果（生産計画リスト117b）である。

[0071] ステップS207の処理で、生産計画作成・最適化部113は、遅延工程リストの中に、未選択の工程があるか否かを判定する。未選択の工程がある場合（ステップS207、Yes）、ステップS204の処理に戻る。未選択の工程が存在しない場合（ステップS207、No）、ステップS208に進む。ここでは、図18Bに示す通り、遅延する工程は1つだけなので、ステップS208の処理に進む。本実施形態例では、遅延工程リストに登録

された工程は1つのみであるが、複数の工程がある場合は、各工程のリスクジュール指標の更新値が、リスクジュール指標に加算されることになる。

[0072] ステップS208の処理では、生産計画作成・最適化部113は、生産計画リスト117に登録されていない生産計画で、かつ、ステップS201で算出した生産計画の全体納品遅延評価指標が同じ値になる生産計画を探索する。図21は、図18Aとは別の新しい生産計画P23の候補で、図18Aとは製品3の部品3が納品されるタイミングだけが異なるケースである。なお、図21の表中の太線枠が変更箇所である。

[0073] ステップS209の処理で、生産計画作成・最適化部113は、探索した結果、新しい生産計画の候補があるか否かを判定し、新しい生産計画の候補が見つかった場合（ステップS209, Yes）、ステップS210の処理に進む。一方、生産計画作成・最適化部113は、新しい生産計画の候補がない場合（ステップS209, No）、ステップS211に進む。

[0074] ステップS210の処理で、生産計画作成・最適化部113は、ステップS208で探索した新しい生産計画の候補を、生産計画リスト117に追加登録した上、ステップS203の処理に戻る。図19Cは、図21の新しい生産計画P23の候補を追加登録した結果（生産計画リスト117c）を示す図である。ステップS202と同様に、No.2の新しい生産計画のリスクジュール指標には初期値の0が設定されている。

[0075] ステップS208の新しい生産計画の候補に対して、生産計画作成・最適化部113は、ステップS203からステップS207の処理を実施する。ステップS203の処理結果は、図18Aと同じであり、ステップS208の新しい生産計画の候補に対するステップS204とステップS205の処理結果を、図22の生産計画P24に示す。ステップS208の新しい生産計画P23の候補は、図21に示す通り、部品3の納品日が図18Aと比較して1日早いため、製品2の工程1と、製品3の工程1が交換可能である。このため、図22の生産計画P24では、工程1が遅延したときの全体納品遅延評価指標が0となる。

- [0076] すなわち、図 2 1 の生産計画 P 2 3 と、図 2 2 のステップ S 2 0 5 の算出結果の生産計画 P 2 4 とを比較する。図 2 2 の生産計画 P 2 4 の場合、C 社・製品 2 は、1 日ずれて 1 1 月 3 日、1 1 月 4 日に計画され、D 社・製品 3 は、作業 A が 1 1 月 2 日に作業ができるから、1 日前にずれて 1 1 月 2 日、1 1 月 3 日に計画され、E 社・製品 4 は、図 2 1 と同様に計画される。その結果として、C 社・製品 2、D 社・製品 3 および E 社・製品 4 の納品遅延確率が 0、納品遅延日数期待値が 0 となる。これにより、納品遅延評価指標はそれぞれ 0 となり、全体納品遅延評価指標が 0 となる。なお、図 2 2 の表中の太線の枠は、図 2 1 からの変更箇所を示している。
- [0077] リスケジュール指標の更新値は、図 2 1 の生産計画 P 2 3 の候補に関する遅延工程リストが図 1 8 B から工程の条件付きの遅延確率は 0.5 で、一方、全体納品遅延評価指標は 0 であるため、ステップ S 2 0 6 の計算を実行すると、0 の値になる。したがって、ステップ S 2 0 3 からステップ S 2 0 7 の処理を実施した結果、図 2 1 の生産計画 P 2 3 の候補のリスケジュール指標の値は 0 のままで、生産計画リストは図 1 9 C から値が更新されない。
- [0078] 続いて、ステップ S 2 0 8、ステップ S 2 0 9 の処理に進む。本実施形態例では、他の生産計画の候補が存在しないため、ステップ S 2 0 9 の判定処理で、ステップ S 2 1 1 に進む。
- [0079] ステップ S 2 1 1 の処理において、生産計画作成・最適化部 1 1 3 は、生産計画リスト 1 1 7 の中から、リスケジュール指標が最も小さい生産計画を選択する。ステップ S 2 0 1 からステップ S 2 1 1 までの一連の処理を実施した結果、生産計画リスト 1 1 7 は、図 1 9 C なので、リスケジュール指標の小さい図 1 9 C の No. 2 の生産計画が、納品遅延が発生した際にリスケジュールが可能な生産計画として算出される。
- [0080] 生産計画リスク可視化部 1 1 5 は、分析情報 1 1 0、生産計画リスト 1 1 7 の各情報から、評価パラメータ入力部 1 1 6 で指定した工程遅延警告基準より大きい工程を、ディスプレイ等の表示機器に警告表示する。なお、工程遅延警告基準は、下記 (4) 式から算出される。

## [0081] 工程遅延警告基準

$$= \text{工程遅延確率重み係数} \times \text{工程遅延確率}$$
$$+ \text{工程遅延日数期待値重み係数} \times \text{工程遅延日数期待値}$$
$$\dots (4)$$

[0082] 図23は、生産リスク可視化部が表示部に警告表示した結果（画面141）を示す図である。本実施形態例では、図10の評価パラメータ入力部116の設定値と、図17の分析情報から、製品2の工程1を工程遅延する可能性が高い工程として、実線枠として警告表示している。また、工程1が遅延したとき、工程を入れ替え可能な工程を点線枠で表示している。このような表示により、生産計画支援システム200は、利用者がどの工程が、遅延リスクが高いのか、遅延時の対応をわかりやすくしている。また、納品遅延確率、納品遅延日数期待値、納品遅延評価指標、全体納品遅延評価指標は、生産計画リスト117の情報から、工程を組み替えた時の値、すなわち図22の値に変更して表示している。

[0083] 以上の手続きにより、本実施形態に係る生産計画支援システム200は、納品遅延が発生した際にリスケジュールが可能な生産計画を算出することができる、また、生産計画リスク可視化により、遅延リスクの高い工程の把握と対応をするための機能を提供する。

## [0084] &lt;実施形態3&gt;

実施形態1および実施形態2に基づく生産計画の算出方法では、工程順序、資源の組合せ等に関して、すべての組合せに対して計算を実行するため、製品の数や工程の数が増加すると、計算量が膨大になり計算時間も大幅に長くなる場合がある。実施形態3では、本来複数の製品の生産計画を同時に作成するのに対して、製品単体の納品遅延リスク高いものから順に生産計画を作成し、資源等を割り当てすることで、計算量を減らしつつ、納品遅延リスクの低い生産計画を作成することを特徴とする。

[0085] 図24は、実施形態3に係る生産計画算出処理S300を示すフローチャートである。

ステップS301において、工程遅延分析部111が、図1に記載の記憶部100に格納される各情報を収集し、統計解析を行い、生産条件における工程遅延の予測情報を、分析情報110に格納する。

[0086] ステップS302の処理で、生産計画作成・最適化部113は、生産する製品単体ごとに生産計画を作成し、分析情報110から各製品単体の納品遅延確率を算出する。

ステップS303の処理で、生産計画作成・最適化部113は、納品遅延確率の高い製品順に、降順ソートする。

[0087] ステップS304の処理で、生産計画作成・最適化部113は、入力情報の条件下で、一番納品遅延確率の高い製品に関する生産計画を作成する。最初に生産計画を作成するにあたり、一番納品遅延確率の高い製品は、資源や工程の日程を自由に利用できる条件で生産計画が作成されるため、納品遅延確率が最も低い生産計画を作成することができる。

[0088] 続いて、ステップS305の処理で、生産計画作成・最適化部113は、外部入出力部114から設定される、製品単体で生産計画を作成する上限値に達していないかを確認し、達していない場合（ステップS305, No）、ステップS306の処理に進む。

[0089] ステップS306の処理では、生産計画作成・最適化部113は、2番目に納品遅延確率の高い製品に関して、ステップS304で使用されていない資源や工程の日程の範囲で、生産計画を作成する。作成後、生産計画作成・最適化部113は、ステップS305の処理に戻り、製品単体で生産計画を作成する上限値を超えない限り、ステップS306の処理を、繰り返し実施する。

[0090] 繰り返し処理を実施し、製品単体で生産計画を作成する上限値を超えた場合（ステップS305, Yes）、生産計画作成・最適化部113は、ステップS307に処理を進める。ステップS307では、生産計画作成・最適化部113は、残りの生産計画を作成していない製品全てに関して、ステップS304からステップS306で使用されていない資源や工程の日程の条

件下で、図2のステップS102からステップS109の処理を実行し、生産計画を作成する。

- [0091] 製品単体で生産計画を作成する上限値を、計算機で実行可能な数に制限することで、計算時間を抑えつつ、納品遅延リスクの低い生産計画を作成することができる。
- [0092] なお、本実施形態においては、納期遅延の確率や日数（納期遅延確率、納期遅延日数并期待値）を評価値に利用したが、納品遅延時のペナルティ金額を考慮して、遅延リスクを評価してもよい。
- [0093] 本実施形態の生産計画支援システム200は、過去の設計業務、調達業務、製造業務の生産計画に関する履歴情報と、設計、調達、製造の各工程で必要となる人材資源および機械設備に関する情報と、各工程間の先行後続関係を示す依存関係および人材資源や機械設備のある時間で使用可能な上限数を含む生産に関する制約条件と、各工程の一部もしくはすべての工程遅延が発生した履歴と、各工程により生産される製品の納品遅延の履歴が蓄積されている記憶部100に対して、記憶部100に蓄積されている生産計画に関する履歴情報と、工程遅延あるいは取引先からの部品納品遅延に関する履歴情報とから、生産の各工程における生産条件下ごとの条件付きの遅延確率と遅延時間の期待値を算出する工程遅延分析部111と、制約条件の元、各工程の実行順序と実行タイミングを組み替え、この生産計画における各工程、各生産条件と合致、もしくは類似した、条件付きの遅延確率と遅延時間の期待値を履歴情報から取得し、これらの値から製品の納品遅延が発生する確率と納品遅延日数の期待値を算出する工程遅延予測部112と、納期に関する納品遅延評価指標の重みづけパラメータを設定する評価パラメータ入力部116と、重みづけパラメータと製品の納品遅延が発生する確率と納品遅延日数の期待値から納品遅延評価指標を算出し、選択可能な工程順序の組合せの中から、納品遅延評価指標が最小となるような工程順序を作成する生産計画作成・最適化部113とを有する。
- [0094] 本実施形態によれば、生産計画において、過去の工程遅延の履歴情報から

工程遅延の発生リスクを予測し、設備や人といった資源の制約や、工程間の実行順序制約を守りながら、各工程の遅延リスクに基づき、製品の納品遅延リスクの最小化と、遅延が発生した際のリスクスケジュールを考慮するよう生産計画を立案することができる。

[0095] 工程遅延分析部 1 1 1 は、部品の取引先や顧客、部品種別等の違い、設計担当者や製造担当者、調達担当者の違い、製造順序の違いや、受注量の設計や部品納品といった工程遅延の発生確率と遅延時間を評価することができる。

[0096] 生産計画作成・最適化部 1 1 3 は、生産計画を作成するにあたり、前記の遅延評価結果を参照し、作成した生産計画における納品遅延予測を算出し、様々な生産計画の候補の中から最も納品遅延リスクの低い生産計画を選択し、これを出力することができる。

[0097] 本実施形態の生産計画支援システム 2 0 0 によれば、製品の生産計画において、納品遅延リスクの低い生産計画を作成することで、確実な顧客納品を実現することができる。

### 符号の説明

- [0098]
- |         |             |
|---------|-------------|
| 1 0 0   | 記憶部（データベース） |
| 1 0 1   | 受注情報        |
| 1 0 2   | 生産計画情報      |
| 1 0 3   | 生産実績情報      |
| 1 0 4   | 調達情報        |
| 1 0 5   | 制約条件情報      |
| 1 0 6   | 資源情報        |
| 1 0 7   | 倉庫情報        |
| 1 0 8   | 取引先情報       |
| 1 0 9   | 部品表情報       |
| 1 1 0   | 分析情報        |
| 1 1 0 a | 各工程の遅延予測情報  |



- 1 1 0 b 各取引先の遅延予測情報
- 1 1 1 工程遅延分析部
- 1 1 2 工程遅延予測部（生産計画作成部）
- 1 1 3 生産計画作成・最適化部（生産計画作成部）
- 1 1 4 外部入出力部
- 1 1 5 生産計画リスク可視化部
- 1 1 6 評価パラメータ入力部
- 1 1 7 生産計画リスト
- 1 1 8 遅延工程リスト
- 1 2 0 処理部
- 1 3 0 通信I/F
- 1 4 0 表示部
- 1 5 0 入力部
- 2 0 0 生産計画支援システム
- NW ネットワーク
- S 1 0 0, S 2 0 0, S 3 0 0 生産計画算出処理

## 請求の範囲

[請求項1] 受注情報、調達情報、制約条件情報、資源情報、倉庫情報、取引先情報、部品表情報、過去の生産計画情報、過去の生産実績情報と、を含むデータベースの情報に基づき、製品の各工程の遅延と納品の遅延が発生する条件を分析し、工程に関する生産条件ごとに、条件付きの遅延確率と遅延日数の期待値を算出して、分析情報とする工程遅延分析部と、

前記製品の生産計画の候補を複数作成し、前記生産計画の候補を構成する全ての工程に関して、前記分析情報に基づく各工程の条件付きの遅延確率と遅延日数の期待値を元に、前記生産計画の候補における各製品の納品遅延確率と納品遅延日数の期待値を算出し、各製品の前記納品遅延確率と前記納品遅延日数の期待値を合算することで、前記生産計画の候補に関する納品遅延評価指標を算出し、前記生産計画の候補のうち、前記納品遅延評価指標が小さい生産計画の候補を採用する生産計画作成部と、を有する

ことを特徴とする生産計画支援システム。

[請求項2] 前記生産計画作成部は、前記納品遅延評価指標が最小となるような工程順序の候補が複数存在する場合、前記遅延確率が0でない工程の遅延を模擬し、遅延が発生すると模擬された工程と、別の工程とを入れ替え可能性を評価し、遅延確率のある工程とそれ以外の工程を交換できるような工程順序を作成する

ことを特徴とする請求項1に記載の生産計画支援システム。

[請求項3] 前記生産計画作成部は、前記納品遅延確率が高い製品の生産計画を、優先的に生産計画に割り当てする

ことを特徴とする請求項1に記載の生産計画支援システム。

[請求項4] 前記生産計画支援システムは、さらに、

前記製品の納品遅延確率及び納品遅延日数期待値に関する評価の重み係数を入力する評価パラメータ入力部を有し、

前記納品遅延評価指標は、式（１）で算出されることを特徴とする請求項１に記載の生産計画支援システム。

式（１）

納品遅延評価指標＝納品遅延確率重み係数×製品の納品遅延確率  
＋納品遅延日数期待値重み係数×製品の納品遅延日数期待値

[請求項5]

過去の設計業務、調達業務、製造業務の生産計画に関する履歴情報と、設計、調達、製造の各工程で必要となる人材資源および機械設備に関する情報と、前記各工程間の先行後続関係を示す依存関係および人材資源や機械設備のある時間で使用可能な上限数を含む生産に関する制約条件と、前記各工程の一部もしくはすべての工程遅延が発生した履歴と、前記各工程により生産される製品の納品遅延の履歴が蓄積されている記憶部に対して、前記記憶部に蓄積されている生産計画に関する履歴情報と、工程遅延あるいは取引先からの部品納品遅延に関する履歴情報とから、生産の各工程における生産条件下ごとの条件付きの遅延確率と遅延時間の期待値を算出する工程遅延分析部と、

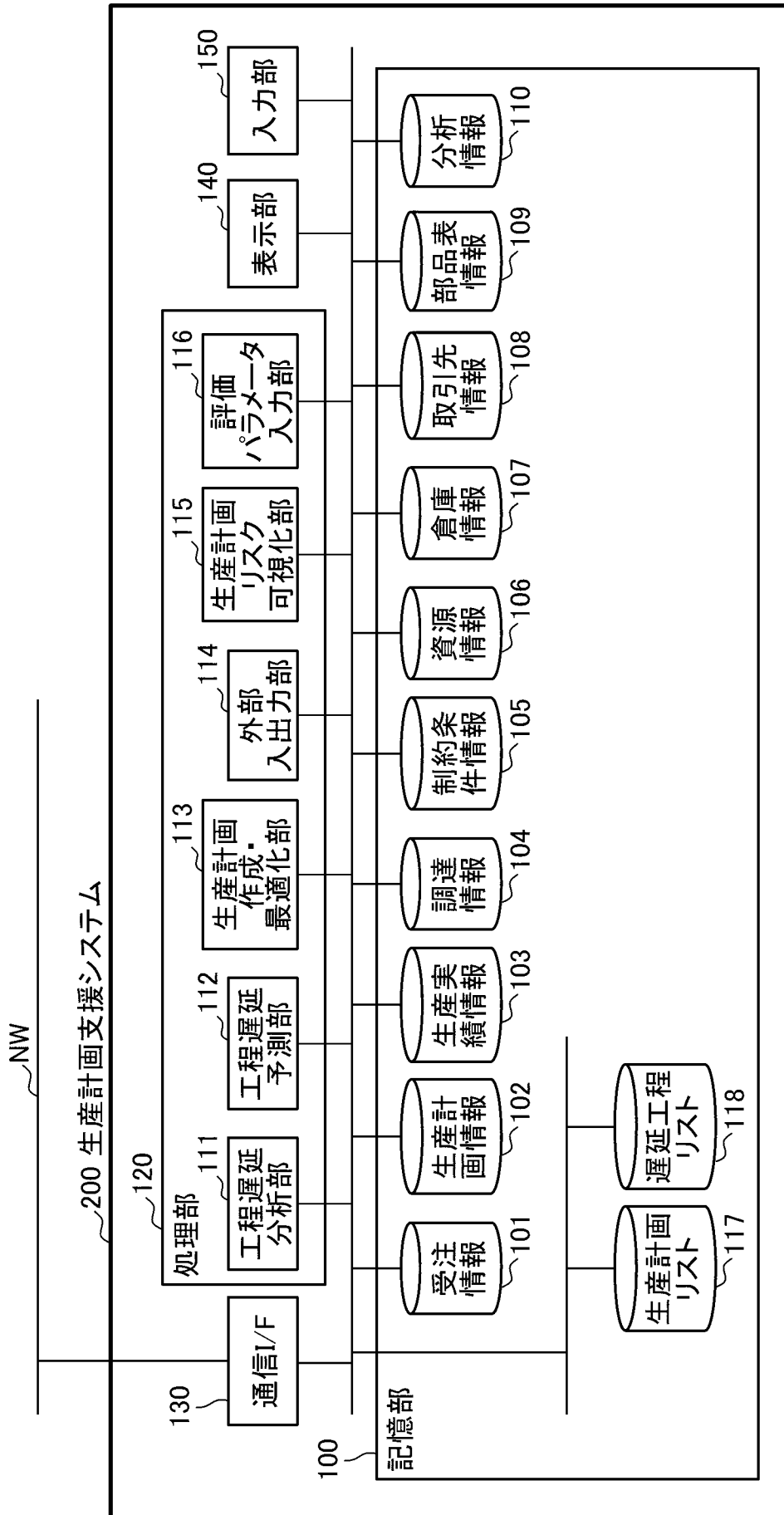
制約条件の元、前記各工程の実行順序と実行タイミングを組み替え、この生産計画における各工程、各生産条件と合致、もしくは類似した、条件付きの遅延確率と遅延時間の期待値を前記履歴情報から取得し、これらの値から製品の納品遅延が発生する確率と納品遅延日数の期待値を算出する工程遅延予測部と、

納期に関する納品遅延評価指標の重みづけパラメータを設定する評価パラメータ入力部と、

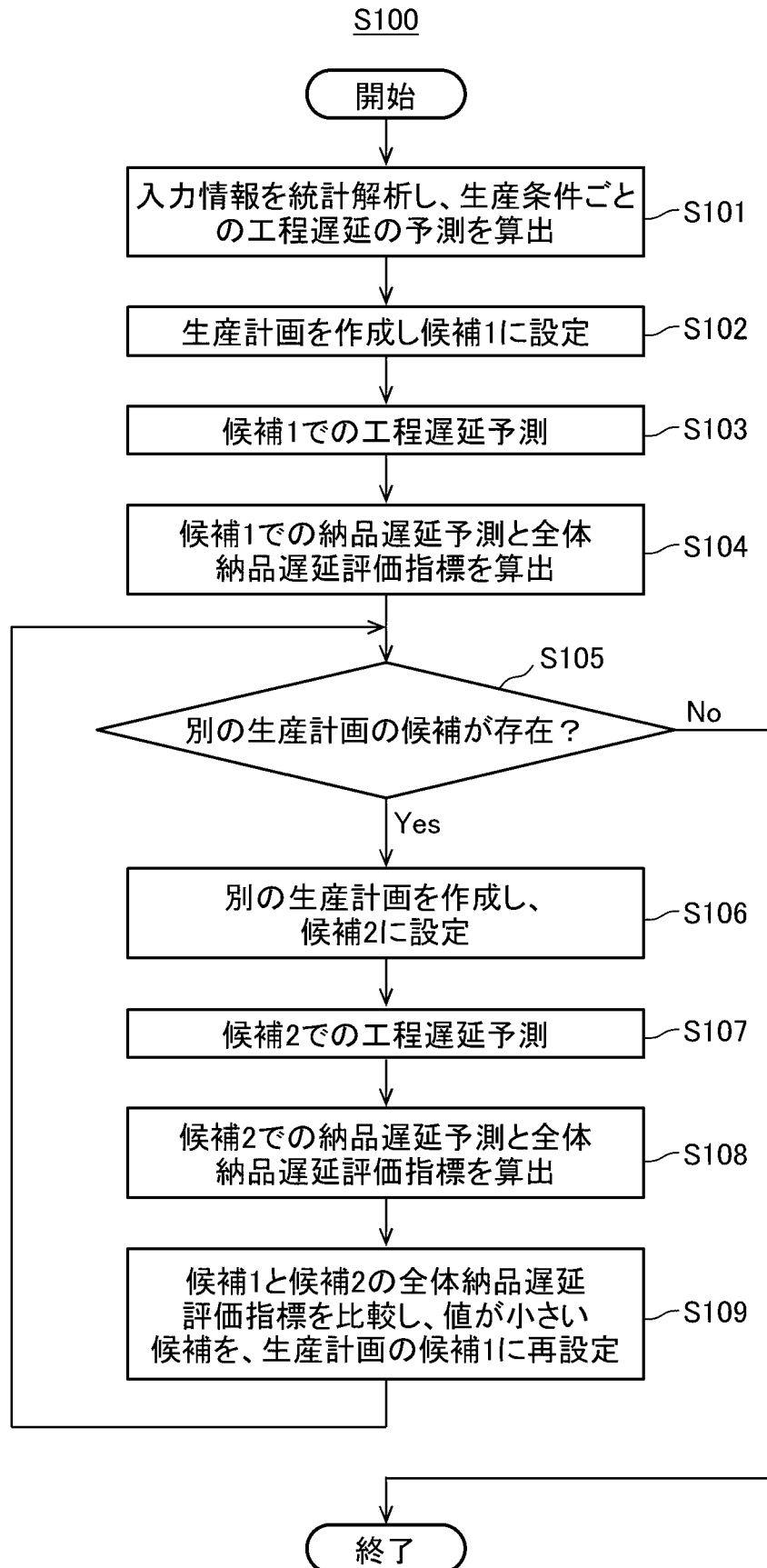
前記重みづけパラメータと製品の前記納品遅延が発生する確率と前記納品遅延日数の期待値から納品遅延評価指標を算出し、選択可能な工程順序の組合せの中から、前記納品遅延評価指標が最小となるような工程順序を作成する生産計画作成・最適化部とを有する

ことを特徴とする生産計画支援システム。

[図1]



[図2]



[図3]

102



作業者A	9月1日	製品1 製番1 部品1 工程1	9月2日	製品1 製番1 工程2	9月3日	製品1 製番3 部品1 工程1	9月4日	製品1 製番3 工程2	9月5日	製品1 製番5 部品1 工程1	9月6日	製品1 製番5 工程2	9月7日	製品1 製番7 部品1 工程1	9月8日	製品1 製番7 工程2
	作業者B	製品1 製番2 部品1 工程1	製品1 製番2 工程2	製品1 製番4 部品1 工程1	製品1 製番3 工程2	製品1 製番5 部品1 工程1	製品1 製番5 工程2	製品1 製番7 部品1 工程1	製品1 製番7 工程2							

[図4]

103



作業者A	9月1日	製品1 製番1 部品1 工程1	9月2日	製品1 製番1 工程2	9月3日	製品1 製番3 部品1 工程1	9月4日	製品1 製番3 工程2	9月5日	製品1 製番5 部品1 工程1	9月6日	製品1 製番5 工程2	9月7日	製品1 製番7 部品1 工程1	9月8日	製品1 製番7 工程2	9月9日	製品1 製番7 工程2
	作業者B	製品1 製番2 部品1 工程1	製品1 製番2 工程2	製品1 製番4 部品1 工程1	製品1 製番3 工程2	製品1 製番5 部品1 工程1	製品1 製番5 工程2	製品1 製番7 部品1 工程1	製品1 製番7 工程2	製品1 製番7 部品1 工程1	製品1 製番7 工程2	製品1 製番7 工程2	製品1 製番7 部品1 工程1	製品1 製番7 工程2	製品1 製番7 工程2	製品1 製番7 工程2	製品1 製番7 工程2	

[図5]

110

作業者	製品	部品	工程	遅延確率	遅延日数期待値
作業者A	製品1	部品1	工程1	0.0	0.0
作業者A	製品1		工程2	0.25	0.25
作業者B	製品1	部品1	工程1	0.0	0.0
作業者B	製品1		工程2	0.0	0.0

[図6]

101

納入先	製品	数量	発注日	納入 予定日	生産開始 可能日	生産完了 期限日
A社	製品1	1	10月1日	10月5日	10月2日	10月3日
B社	製品1	1	10月2日	10月6日	10月3日	10月4日

[図7]

105

製品	工程	先行工程	作業者	標準工数	機械設備
製品1	工程1		作業者A 作業者B	1日	-
製品1	工程2	工程1	作業者A 作業者B	1日	-
製品2	工程1		作業者A	1日	機械C
製品2	工程2	工程1	作業者B	1日	機械D
製品3	工程1		作業者A	1日	機械C
製品3	工程2	工程1	作業者B	1日	機械D
製品4	工程1		作業者B	1日	機械E
製品4	工程2	工程1	作業者B	1日	機械F



[図8]

109



製品	部品階層1	数量	部品階総2	数量	工程
製品1	部品1	1			工程1
製品1					工程2
製品2	部品2	1			工程1
製品2					工程2
製品3	部品3	1	部品1	1	工程1
製品3	部品4	1			工程2
製品4	部品4	1			工程1
製品4					工程2

[図9]

107



倉庫	棚	部品	在庫量	空きスペース
倉庫1	棚1	部品1	5	5
倉庫2	棚1	部品3	0	2
倉庫2	棚2	部品4	5	2

[図10A]

P11,P11A

納入先	製品	10月2日	10月3日	10月4日
A社	製品1	工程1 作業者A	工程2 作業者A	
B社	製品1		工程1 作業者B	工程2 作業者B

[図10B]

P11B

納入先	製品	10月2日	10月3日	10月4日
A社	製品1	工程1 作業者A 遅延確率:0.0 遅延日数期待値:0.0	工程2 作業者A 遅延確率:0.25 遅延日数期待値:0.25	
B社	製品1		工程1 作業者B 遅延確率:0.0 遅延日数期待値:0.0	工程2 作業者B 遅延確率:0.0 遅延日数期待値:0.0

[図10C]

P11C

納入先	製品	10月2日	10月3日	10月4日	納品 遅延確率	納品遅延 日数期待値
A社	製品1	工程1 作業者A	工程2 作業者A		0.25	0.25
B社	製品1		工程1 作業者B	工程2 作業者B	0	0

[図10D]

P11D

納入先	製品	10月2日	10月3日	10月4日	納品 遅延確率	納品遅延 日数期待値	納品遅延 評価指標	全体納品遅延 評価指標
A社	製品1	工程1 作業者A	工程2 作業者A		0.25	0.25	0.25	0.25
B社	製品1		工程1 作業者B	工程2 作業者B	0	0	0	0

[図11]

119  
↘

納入先	工程遅延確率 重み係数	工程遅延日数 期待値重み係数	納品遅延確率 重み係数	納品遅延日数 期待値重み係数	工程遅延 警告基準
A社	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
B社	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

[図12A]

P12

納入先	製品	10月2日	10月3日	10月4日	納品 遅延率	納品遅延 日数期待値	納品遅延 評価指標	全体納品遅延 評価指標
A社	製品1	工程1 作業者B	工程2 作業者B		0	0	0	0.25
B社	製品1		工程1 作業者A	工程2 作業者A	0.25	0.25	0.25	

[図12B]

P13



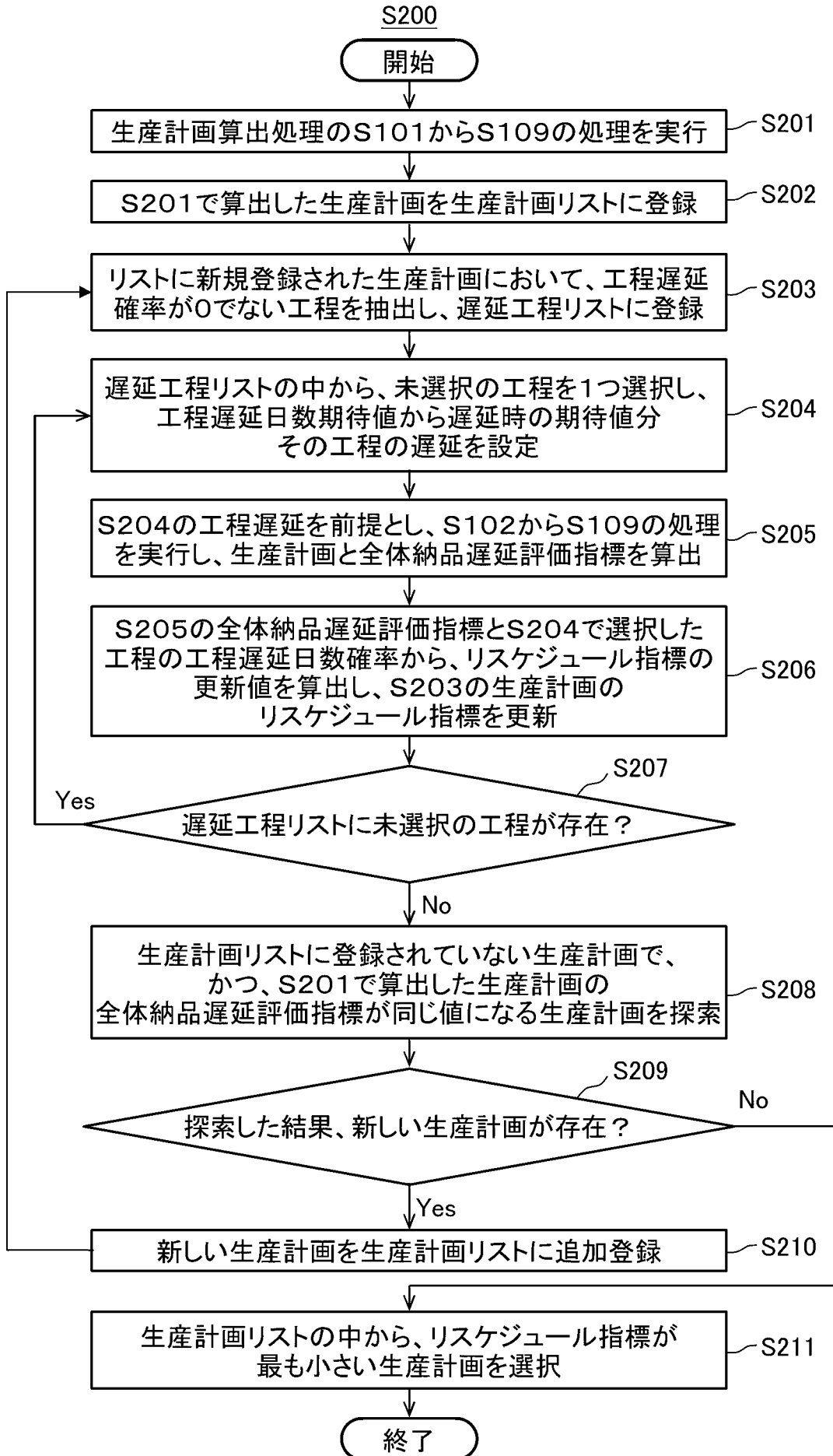
納入先	製品	10月2日	10月3日	10月4日	納品遅延 日数期待値	納品遅延 評価指標	全体納品遅延 評価指標
A社	製品1	工程1 作業者B	工程2 作業者A		0.25	0.25	0.71875
B社	製品1		工程1 作業者B	工程2 作業者A	0.4375	0.46875	

[図12C]

P14

納入先	製品	10月2日	10月3日	10月4日	納品 遅延 率	納品遅延 日数期待値	納品遅延 評価指標	全体納品遅延 評価指標
A社	製品1	工程1 作業者A	工程2 作業者B		0	0	0	0
B社	製品1		工程1 作業者A	工程2 作業者B	0	0	0	

[図13]





[図14]

101

顧客	製品	数量	発注日	納入 予定日	生産開始 可能日	生産完了 期限日
C社	製品2	1	11月1日	11月5日	11月2日	11月4日
D社	製品3	1	11月1日	11月5日	11月2日	11月4日
E社	製品4	1	11月1日	11月5日	11月2日	11月4日

[図15]

108

取引先	取扱部品	取引先住所
X社	部品2	XXXXXX
Y社	部品3	YYYYYY

[図16]

104

発注 部品	数量	発注先	発送先	発注日	納入 予定日	納品日
部品2	1	X社	ABC	9月1日	9月2日	9月2日
部品2	1	X社	ABC	9月5日	9月6日	9月6日
部品2	1	X社	ABC	9月10日	9月11日	9月12日
部品2	1	X社	ABC	9月15日	9月16日	9月17日
部品3	1	Y社	ABC	9月1日	9月2日	9月2日
部品3	1	Y社	ABC	9月5日	9月6日	9月6日
部品3	1	Y社	ABC	9月10日	9月11日	9月11日
部品3	1	Y社	ABC	9月15日	9月16日	9月16日

[図17A]

110a

作業者	機械設備	製品	部品	工程	遅延確率	遅延日数期待値
作業者	機械C	製品2	部品2	工程1	0.0	0.0
作業者A	機械C	製品3	部品3、部品1	工程1	0.0	0.0
作業者A	機械F	製品4	部品4	工程2	0.0	0.0
作業者B	機械D	製品2	部品4	工程2	0.0	0.0
作業者B	機械D	製品3		工程2	0.0	0.0
作業者B	機械E	製品4		工程1	0.0	0.0

[図17B]

110b

部品	取引先	遅延確率	遅延日数期待値
部品2	X社	0.5	0.5
部品3	Y社	0.0	0.0

[図18A]

P21

納入先	製品	11月2日	11月3日	11月4日	納品遅延 確率	納品遅延 日数期待値	納品遅延 評価指標	全体納品遅延 評価指標
C社	製品2	工程1 機械C 部品2 作業者A	工程1 作業者B		0	0	0	1.0
D社	製品3		工程1 機械C 部品3 部品1 作業者A	工程2 部品4 作業者B	0.5	0.5	0.5	
E社	製品4	工程1 機械D 部品4 作業者B		工程2 機械F 作業者A	0.5	0.5	0.5	

[図18B]

118



No	納入先	製品	日付	工程	遅延確率	遅延日数期待値
1	C社	製品2	11月2日	工程1	0.5	0.5

[図19A]

117a

No	納入先	製品	11月2日	11月3日	11月4日	納品遅延率	納品遅延日数	納品遅延評価指標	全体納品遅延評価指標	リスクスケジュール指標
1	C社	製品2	工程1 機械C 部品2 作業者A	工程2 作業者B		0	0	0	1.0	0
				工程1 機械C 部品3 部品1 作業者A	工程2 部品4 作業者B	0.5	0.5	0.5		
	E社	製品4	工程1 機械D 部品4 作業者B		工程2 機械F 作業者A	0.5	0.5	0.5		

[図19B]

117b

No	納入先	製品	11月2日	11月3日	11月4日	納品遅延率	納品遅延日数	納品遅延評価指標	全体納品遅延評価指標	リスクスケジュール指標
1	C社	製品2	工程1 機械C 部品2 作業者A	工程2 作業者B		0	0	0	1.0	1.0
				工程1 機械C 部品3 部品1 作業者A	工程2 部品4 作業者B	0.5	0.5	0.5		
	E社	製品4	工程1 機械D 部品4 作業者B		工程2 機械F 作業者A	0.5	0.5	0.5		

[図19C]

117c

No	納入先	製品	11月2日	11月3日	11月4日	納品遅延率	納品遅延日数	納品遅延評価指標	全体納品遅延評価指標	リスクシミュール指標	
1	C社	製品2	工程1 機械C 部品2 作業者A	工程2 作業者B		0	0	0	1.0	1.0	
				工程1 機械C 部品3 部品1 作業者A	工程2 部品4 作業者B	0.5	0.5				
		製品3			工程2 機械F 作業者A	0.5	0.5				
	E社	製品4	工程1 機械D 部品4 作業者B				0	0	0	1.0	0
				工程2 作業者B			0	0			
		製品2	工程1 機械C 部品2 作業者A				0	0			
2	D社	製品3	部品3	工程1 機械C 部品1 作業者A	工程2 部品4 作業者B	0.5	0.5	0.5	1.0	0	
	E社	製品4	工程1 機械D 部品4 作業者B			0.5	0.5	0.5			

[図20]

P22

遅延工程	納入先	製品	11月2日	11月3日	11月4日	11月5日	納品遅延率	納品遅延日数 期待値	納品遅延評価指標	全体納品遅延評価指標
工程1	C社	製品2	→	工程1 機械C 部品2 作業者A	工程2 作業者B		0	0	0	2.0
—	D社	製品3		部品3 →	工程1 機械C 部品1 作業者A	工程2 部品4 作業者B	1	1	1	
—	E社	製品4	工程1 機械D 部品4 作業者B		→	工程2 機械F 作業者A	1	1	1	



[図21]

P23

納入先	製品	11月2日	11月3日	11月4日	納品遅延 確率	納品遅延 日数期待値	納品遅延 評価指標	全体納品遅延 評価指標
C社	製品2	工程1 機械C 部品2 作業者A	工程2 作業者B		0	0	0	1.0
	製品3	部品3	工程1 機械C 部品1 作業者A	工程2 部品4 作業者B	0.5	0.5	0.5	
D社	製品4	工程1 機械D 部品4 作業者B		工程2 機械F 作業者A	0.5	0.5	0.5	

[図22]

P24  
↘

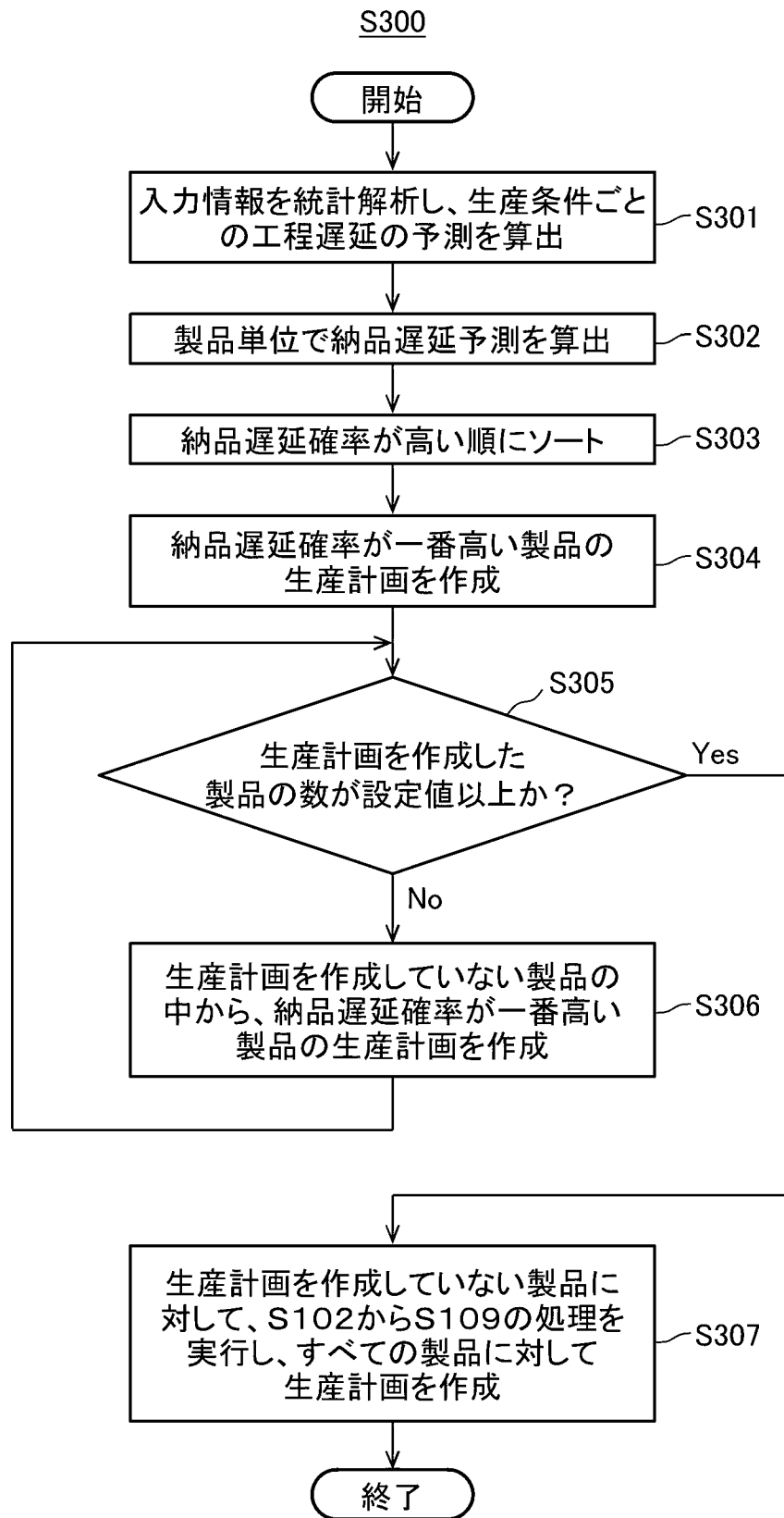
遅延工程	納入先	製品	11月2日	11月3日	11月4日	納品遅延率	納品遅延日数期待値	納品遅延評価指標	全体納品遅延評価指標
工程1	C社	製品2	→	工程1 機械C 部品2 作業者A	工程2 作業者B	0	0	0	0.0
—	D社	製品3	工程1 機械C 部品3 部品1 作業者A	工程2 部品4 作業者B	←	0	0	0	
—	E社	製品4	工程1 機械D 部品4 作業者B		工程2 機械F 作業者A	0	0	0	

[図23]

141

納入先	製品	11月2日	11月3日	11月4日	納品遅延率	納品遅延日数	納品遅延評価指標	全体納品遅延評価指標	リスクスケジュール指標
C社	製品2	工程1 機械C 部品2 作業者A	工程2 作業者B		0	0	0	0.0	
D社	製品3	部品3	工程1 機械C 部品3 部品1 作業者A	工程2 部品4 作業者B	0	0	0		
E社	製品4	工程1 機械D 部品4 作業者B		工程2 機械F 作業者A	0	0	0		

[図24]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2021/005976

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. G05B19/418 (2006.01) i, G06Q50/00 (2012.01) i  
 FI: G06F17/60, G05B19/418Z

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)

Int.Cl. G05B19/418, G06Q50/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-140145 A (HITACHI, LTD.) 24 June 2010 (2010-06-24), claims, fig. 1-17	1-5
Y	JP 2018-206181 A (HITACHI, LTD.) 27 December 2018 (2018-12-27), paragraph [0123]	1-5
A	JP 2012-181626 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 20 September 2012 (2012-09-20), entire text, all drawings	1-5
A	JP 2005-71136 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD.) 17 March 2005 (2005-03-17), entire text, all drawings	1-5
A	JP 2015-88141 A (HITACHI GE NUCLEAR ENERGY LTD.) 07 May 2015 (2015-05-07), paragraphs [0038], [0105]	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  
 08 April 2021

Date of mailing of the international search report  
 20 April 2021

Name and mailing address of the ISA/  
 Japan Patent Office  
 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
 Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer  
  
 Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/JP2021/005976

JP 2010-140145 A	24 June 2010	(Family: none)
JP 2018-206181 A	27 December 2018	US 2018/0357582 A1 paragraph [0157] CN 109002952 A
JP 2012-181626 A	20 September 2012	(Family: none)
JP 2005-71136 A	17 March 2005	(Family: none)
JP 2015-88141 A	07 May 2015	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G05B 19/418(2006.01)i; G06Q 50/00(2012.01)i FI: G06F17/60; G05B19/418 Z		
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）） G05B19/418; 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 - 2021年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2021年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2021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）		
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
Y	JP 2010-140145 A (株式会社日立製作所) 24.06.2010 (2010 - 06 - 24) [特許請求の範囲], 図1-17	1-5
Y	JP 2018-206181 A (株式会社日立製作所) 27.12.2018 (2018 - 12 - 27) 段落[0123]	1-5
A	JP 2012-181626 A (三菱重工業株式会社) 20.09.2012 (2012 - 09 - 20) 全文, 全図	1-5
A	JP 2005-71136 A (松下電工株式会社) 17.03.2005 (2005 - 03 - 17) 全文, 全図	1-5
A	JP 2015-88141 A (日立GEニュークリア・エナジー株式会社) 07.05.2015 (2015 - 05 - 07) 段落[0038], [0105]	1-5
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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 “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	08.04.2021	国際調査報告の発送日 20.04.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  山村 秀政 3U 3744  電話番号 03-3581-1101 内線 3364	

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号  
 PCT/JP2021/005976

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2010-140145 A	24.06.2010	(ファミリーなし)	
JP 2018-206181 A	27.12.2018	US 2018/0357582 A1 段落[0157] CN 109002952 A	
JP 2012-181626 A	20.09.2012	(ファミリーなし)	
JP 2005-71136 A	17.03.2005	(ファミリーなし)	
JP 2015-88141 A	07.05.2015	(ファミリーなし)	