

(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
2020年9月10日(10.09.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/179072 A1

(51) 国際特許分類:
G06Q 40/04 (2012.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/009197

(22) 国際出願日: 2019年3月7日(07.03.2019)

(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: 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED)
[JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 清水 俊宏 (SHIMIZU, Toshihiro); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 本田 巧 (HONDA, Takumi); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 中村 章仁 (NAKAMURA, Akihito); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 小

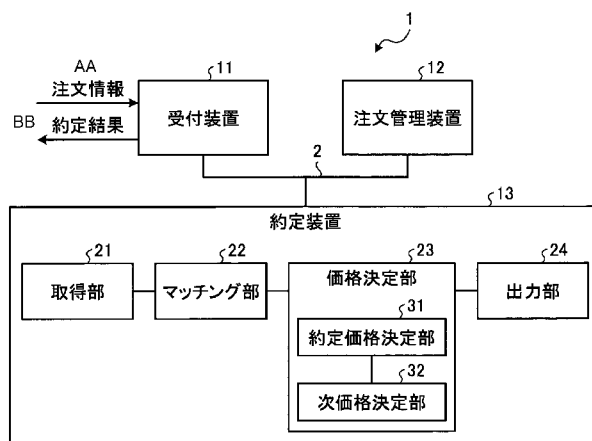
崎 資広 (KOSAKI, Motohiro); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 桑原 章紘 (KUWABARA, Akihiro); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 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, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: TRANSACTION PROGRAM, TRANSACTION METHOD, AND TRANSACTION DEVICE

(54) 発明の名称: 取引プログラム、取引方法及び取引装置



11 Reception device
12 Order management device
13 Contract device
21 Acquisition unit
22 Matching unit
23 Price determination unit
24 Output unit
31 Contract price determination unit
32 Next price determination unit
AA Order information
BB Contract results

(57) Abstract: An acquisition unit (21) of a contract device (13) acquires information about selling orders and buying orders for each stock name from an order management device (12). Further, a matching unit (22) matches selling orders with buying orders. At this time the matching unit (22) establishes a match if the price is equal to a bid price or is more favorable to the investor than the bid price, regardless of the current value. Further, on the basis of each match established by the matching unit (22), a contract price determination unit (31) determines a contract price for the match.

(57) 要約: 約定装置 (13) の取得部 (21) が、注文管理装置 (12) から銘柄ごとに、売り注文と買い注文の情報を取得する。そして、マッチング部 (22) が、売り注文と買い注文のマッチングを行う。このとき、マッチング部 (22) は、現在値にとらわれず、指値又は指値より投資家にとって有利な価格であればマッチングを行う。そして、約定価格決定部 (31) が、マッチング部 (22) によるマッチングに基づいて、マッチングごとに約定価格を決定する。

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, 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, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：取引プログラム、取引方法及び取引装置

技術分野

[0001] 本発明は、取引プログラム、取引方法及び取引装置に関する。

背景技術

[0002] 株などの取引においては、板寄せとザラ場がある。板寄せとは、注文を受け付けてから売買開始までの注文をまとめ、売買を成立させて始値を決定する取引である。ザラ場とは、すでに発注されている注文と新たに発注された注文、あるいは、新たに発注された注文同士で売買を成立させる取引である。

[0003] 取引には、売り注文の売り指値及び売り注文数と買い注文の買い指値及び買い注文数を示す板情報が用いられる。図28は、株取引における板情報の一例を示す図である。図28において、中列は指値の価格、左列は価格に対応する売り注文の枚数、右列は価格に対応する買い注文の枚数を示す。ここで、1枚は単位株数である。例えば、102円を売り指値とする売り注文の枚数は4であり、102円を買い指値とする買い注文の枚数は3である。

[0004] 株取引の板寄せでは、約定装置は、売り注文の安い順、買い注文の高い順に順番に売り注文と買い注文を約定させる。そして、約定装置は、売り注文と買い注文が同一価格となったところで約定をやめ、この時の価格を現在値とする。そして、約定した全ての取引は全て現在値で行われる。

[0005] 図29は、株取引の板寄せを説明するための図である。図29に示すように、約定装置は、まず、98円の売り4件と104円の買い4件を約定させる。次に、約定装置は、99円の売り3件と102円の買い3件を約定させる。次に、約定装置は、99円の売り2件と101円の買い2件を約定させる。そして、約定装置は、100円の売り3件と100円の買い3件を約定させ、約定を終了する。この場合、約定装置は、合計で12件を100円で約定させ、現在値を100円とする。

- [0006] なお、従来技術として、投資家の利便性を改善し、オークション取引市場におけるシステムの負荷を低減する取引システムがある。この取引システムは、注文情報データベースと、オークション相場報道インタフェースと、価格情報データベースと、価格情報管理部と、注文情報管理部とを備える。
- [0007] 注文情報データベースは、取引参加者識別情報と、金融商品の銘柄と、注文数量と、売買区分と、を指定した注文データを記憶する。オークション相場報道インタフェースは、オークション取引市場における金融商品の取引を管理するオークション取引市場システムから、オークション取引市場で約定した金融商品の銘柄と約定価格と数量とを記述した相場情報を受信する。価格情報データベースは、オークション相場報道インタフェースにより受信された相場情報を蓄積する。
- [0008] 価格情報管理部は、相場情報が受信されるごとに受信された相場情報に記述された銘柄の金融商品の出来高加重平均価格を価格情報データベースに基づき計算する。そして、価格情報管理部は、第1の価格関係及び第2の関係のうちいずれか一方が成立するか否かを判定する。ここで、第1の関係は、今回計算された出来高加重平均価格が今回受信された相場情報に記述された約定価格より小さくかつ前回計算された出来高加重平均価格が前回受信された相場情報に記述された約定価格より大きい関係である。第2の関係は、今回計算された出来高加重平均価格が今回受信された相場情報に記述された約定価格より大きくかつ前回計算された出来高加重平均価格が前回受信された相場情報に記述された約定価格より小さい関係である。
- [0009] そして、注文情報管理部は、注文情報データベースにおいて第1の価格関係または第2の価格関係が成立した銘柄を指定した注文データの約定処理を執行し、約定した注文データの取引価格を今回受信された相場情報に記述された約定価格と同一価格に設定する。
- [0010] また、従来技術として、動的なアルゴリズム取引に用いられるアルゴリズム要素の膨大な組合せに対処し、オンライン取引を行うアルゴリズム取引システムがある。このアルゴリズム取引システムは、個別シミュレーション実

行手段と、制御手段と、選別手段と、発注手段とを備える。

[0011] 個別シミュレーション実行手段は、アルゴリズム要素群における一のアルゴリズム要素による取引の個別シミュレーションを実行することにより、一の時間帯の約定結果を得る。制御手段は、一日の取引における全ての時間帯それぞれについてアルゴリズム要素群のそれぞれのアルゴリズム要素を適用し、時間帯数とアルゴリズム要素数との積に相当する回数の個別シミュレーションを行うよう個別シミュレーション実行手段を制御する。

[0012] 選別手段は、制御手段により制御された個別シミュレーション実行手段から得られる時間帯ごとの約定結果に基づいて、アルゴリズム要素の最良の組合せを選別する。発注手段は、選別手段により選別されたアルゴリズム要素の最良の組合せによりオンライン発注を行う。

[0013] また、従来技術として、商品及び金融商品で構成される品目のグループの中から2つの品目を取引することを容易にするためのシステムがある。このシステムは、品目を取引することを望む少なくとも2つのエージェントと、取引の実行を可能にする該2エージェント間の取引チャンネルと、フロー制限と、中央コンピュータとで構成される。フロー制限には、取引される品目についてのフロー制限及び該取引される品目の精算時に交換されるべき何らかの基礎となる商品についてのフロー制限がある。中央コンピュータは、2エージェントに結合され、該エージェントのフロー制限に合わせて現在取引可能な買値付及び売値付の価格とサイズを各エージェントに通知する。

先行技術文献

特許文献

[0014] 特許文献1：特開2011-150652号公報

特許文献2：特開2011-215908号公報

特許文献3：特表2004-537076号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0015] 図29に示した板寄せには、現在値より高い売り注文と、現在値より安い買い注文と、現在値の売り注文又は現在値の買い注文のいずれかが決済されずに保留になるため、保留分は板に残ってしまい、約定数が少ないという問題がある。

[0016] 本発明は、1つの側面では、板寄せにおける約定数を増やすことを目的とする。

課題を解決するための手段

[0017] 1つの態様では、取引プログラムは、コンピュータに、売り指値ごとの売り注文数と買い指値ごとの買い注文数を取得する処理を実行させる。そして、取引プログラムは、コンピュータに、取得した売り指値ごとの売り注文数と買い指値ごとの買い注文数に基づいて、売り注文と買い注文の組のうち該売り注文の売り指値が該買い注文の買い指値以下である組を約定させる処理を実行させる。そして、取引プログラムは、コンピュータに、約定ごとに約定価格を決定する処理を実行させる。

発明の効果

[0018] 本発明は、1つの側面では、板寄せにおける約定数を増やすことができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]図1は、実施例1に係る約定装置による板寄せの例を示す図である。

[図2]図2は、図1に示した約定の約定価格の設定例を示す図である。

[図3]図3は、図1に示した約定の次の株価の設定例を示す図である。

[図4]図4は、実施例1に係る取引システムの構成を示す図である。

[図5]図5は、約定装置による処理のフローを示すフローチャートである。

[図6]図6は、第1のマッチング方法によるマッチング例を示す図である。

[図7]図7は、第1のマッチング方法による処理のフローを示すフローチャートである。

[図8]図8は、第2のマッチング方法による約定例を示す図である。

[図9]図9は、第2のマッチング方法による処理のフローを示すフローチャー

トである。

[図10]図10は、第3のマッチング方法を説明するための図である。

[図11]図11は、第3のマッチング方法による処理のフローを示すフローチャートである。

[図12]図12は、交配ルールの一例を示す図である。

[図13]図13は、第4のマッチング方法による処理のフローを示すフローチャートである。

[図14A]図14Aは、ネットワークフローの最大フロー問題を説明するための図である。

[図14B]図14Bは、板のネットワークフローとしての定式化を説明するための図である。

[図14C]図14Cは、図14Bに示したネットワークフローの最大フローを示す図である。

[図15]図15は、第5のマッチング方法による処理のフローを示すフローチャートである。

[図16]図16は、不利な価格の注文のより有利な価格の注文への置き換え例を示す図である。

[図17]図17は、買い注文を高い方からk件に寄せる例を示す図である。

[図18]図18は、交差の除去を説明するための図である。

[図19A]図19Aは、実施例2に係るマッチング部が最大約定数を特定する処理のフローを示すフローチャートである。

[図19B]図19Bは、m件の約定が可能であるか否かを判定する処理のフローを示すフローチャートである。

[図20]図20は、株式取引の二部グラフ表現を説明するための図である。

[図21]図21は、最大約定数kの特定方法を説明するための図である。

[図22]図22は、優先度を満たす最大マッチングを示す図である。

[図23]図23は、最大約定数kの特定方法を説明するための図である

[図24]図24は、優先度を満たす最大マッチングを示す図である。

[図25]図25は、実施例3に係るマッチング部による処理のフローを示すフローチャートである。

[図26]図26は、実施例1～実施例3に係るマッチング部による処理時間の例を示す図である。

[図27]図27は、実施例に係る約定プログラムを実行するコンピュータのハードウェア構成を示す図である。

[図28]図28は、株取引における板情報の一例を示す図である。

[図29]図29は、株取引の板寄せを説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下に、本願の開示する取引プログラム、取引方法及び取引装置の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施例は開示の技術を限定するものではない。

実施例 1

[0021] まず、実施例1に係る約定装置による板寄せ方式について説明する。実施例1に係る約定装置は、現在値にとらわれず、指値又は指値より投資家にとって有利な価格であれば約定させる。ここで、投資家にとって有利な価格とは、売り注文の場合は売り指値より高く、買い注文の場合には買い指値より安い価格である。

[0022] 図1は、実施例1に係る約定装置による板寄せの例を示す図である。図1に示すように、実施例1に係る約定装置は、98円売りの4件と98円買いの4件、99円売りの5件と100円買いの5件、100円売りの3件と102円買いの3件、103円売りの3件と104円買いの3件の合計15件を約定させる。図29に示した場合と比較して、実施例1に係る約定装置による板寄せ方式では、約定数が3件増える。

[0023] このように、実施例1に係る約定装置による板寄せでは、どの売り注文とどの買い注文を約定させるかに自由度ができるため、約定数の最大化や約定値段差の最小化などの約定方式の選択が可能になる。また、実施例1に係る約定装置による板寄せでは、約定価格は売り指値以上買い指値以下の任意の

値が設定可能である。例えば、売り指値を s 円、買い指値を b ($s \leq b$) 円、現在値を p 円とすると、実施例 1 に係る約定装置は、区間 $[s, b]$ に p が含まれるなら約定価格も p 円とし、区間 $[s, b]$ に p が含まれないなら約定価格を p 円に最も近い値とする。すなわち、実施例 1 に係る約定装置は、 $p < s$ であれば約定価格を s 円、 $b < p$ であれば約定価格を b 円とする。

[0024] 図 2 は、図 1 に示した約定の約定価格の設定例を示す図である。図 2 に示すように、98 円売りの 4 件と 98 円買いの 4 件の約定価格は、 $s = 98$ 、 $b = 98 < p = 100$ であるので、98 円であり、99 円売りの 5 件と 100 円買いの 5 件の約定価格は、 $s = 99$ 、 $b = 100 = p$ であるので、100 円である。また、100 円売りの 3 件と 102 円買いの 3 件の約定価格は、 $s = 100 = p$ 、 $b = 102$ であるので、100 円であり、103 円売りの 3 件と 104 円買いの 3 件の約定価格は、 $p < s = 103$ 、 $b = 104$ であるので、103 円である。

[0025] また、実施例 1 に係る約定装置は、全ての約定価格の平均値を次の株価とする。図 3 は、図 1 に示した約定の次の株価の設定例を示す図である。図 3 に示すように、次の株価は、 $(98 \times 4 + 100 \times 5 + 100 \times 3 + 103 \times 3) / 15 \div 100.07$ 円である。

[0026] 次に、実施例 1 に係る取引システムの構成について説明する。図 4 は、実施例 1 に係る取引システムの構成を示す図である。図 4 に示すように、実施例 1 に係る取引システム 1 は、受付装置 11 と、注文管理装置 12 と、約定装置 13 とを有する。受付装置 11 と注文管理装置 12 と約定装置 13 は内部ネットワーク 2 で接続される。

[0027] 受付装置 11 は、注文情報を受け付け、注文管理装置 12 に送信する。注文情報には、例えば、注文者を識別する注文者識別子、銘柄、売り買いの区別、指値、株数などが含まれる。受付装置 11 は、例えば、外部ネットワークを介して情報処理装置から送信される注文情報を受信する。情報処理装置は、例えば、投資家がマウスやキーボードを用いて入力した注文に基づいて注文情報を送信する。

- [0028] また、受付装置 1 1 は、注文管理装置 1 2 から約定結果を受信して情報処理装置へ送信する。約定結果には、例えば、注文者識別子、銘柄、売り買いの区別、約定価格、約定株数などが含まれる。受付装置 1 1 は、例えば、注文者識別子に対応付けられた IP アドレスを用いて、注文情報の送信元の情報処理装置に約定結果を送信する。
- [0029] 注文管理装置 1 2 は、注文情報を例えば注文を識別する注文識別子を付加して管理する。注文管理装置 1 2 は、板寄せ開始までに受付装置 1 1 により受け付けられた注文情報を全て記憶し、板寄せ開始時に、銘柄ごとに売り指値と売り注文数、買い指値と買い注文数を約定装置 1 3 に送信する。
- [0030] また、注文管理装置 1 2 は、銘柄ごとに約定情報を約定装置 1 3 から受信し、注文情報を更新する。また、注文管理装置 1 2 は、約定情報に基づいて約定結果を作成し、受付装置 1 1 に送信する。約定情報には、1 つ以上の約定について、例えば、売り指値、買い指値、約定価格、約定株数などが含まれる。
- [0031] 約定装置 1 3 は、板寄せにおいて、内部ネットワーク 2 を介して注文管理装置 1 2 から、銘柄ごとに、売り注文と買い注文の情報を受信し、売り注文と買い注文を約定させ、約定価格と次の株価を決定する。各売り注文の情報には、売り指値と売り注文数が含まれ、各買い注文の情報には、買い指値と買い注文数が含まれる。また、約定装置 1 3 は、内部ネットワーク 2 を介して、銘柄ごとに、約定情報を注文管理装置 1 2 に送信する。
- [0032] 約定装置 1 3 は、取得部 2 1 と、マッチング部 2 2 と、価格決定部 2 3 と、出力部 2 4 とを有する。取得部 2 1 は、内部ネットワーク 2 を介して注文管理装置 1 2 から、銘柄ごとに、売り注文と買い注文の情報を受信する。
- [0033] マッチング部 2 2 は、銘柄ごとに売り注文と買い注文のマッチングを行う。マッチング部 2 2 は、現在値にとらわれず、指値又は指値より投資家にとって有利な価格であればマッチングを行う。なお、マッチング部 2 2 によるマッチング方法の詳細については後述する。
- [0034] 価格決定部 2 3 は、マッチング部 2 2 によるマッチングに基づいて、マッ

チングごとの約定価格と銘柄ごとの次の株価を決定する。価格決定部 2 3 は、約定価格決定部 3 1 と次価格決定部 3 2 とを有する。

[0035] 約定価格決定部 3 1 は、売り指値を s 円、買い指値を b ($s \leq b$) 円、現在値を p 円とすると、区間 $[s, b]$ に p が含まれる場合には、約定価格も p 円とする。一方、区間 $[s, b]$ に p が含まれない場合には、約定価格決定部 3 1 は、約定価格を p 円に最も近い値、すなわち、 $p < s$ であれば約定価格を s 円、 $b < p$ であれば約定価格を b 円とする。

[0036] 次価格決定部 3 2 は、約定価格決定部 3 1 により決定された約定価格に基づいて、次の株価を決定する。例えば、次価格決定部 3 2 は、全ての約定価格の平均値を次の株価とする。

[0037] 出力部 2 4 は、銘柄ごとに約定情報を注文管理装置 1 2 に内部ネットワーク 2 を介して送信する。

[0038] 次に、約定装置 1 3 による処理のフローについて説明する。図 5 は、約定装置 1 3 による処理のフローを示すフローチャートである。なお、約定装置 1 3 は、銘柄ごとに図 5 に示す処理を行う。図 5 に示すように、約定装置 1 3 は、板寄せの開始時に注文管理装置 1 2 から売り注文と買い注文の情報を受信する（ステップ S 1）。

[0039] そして、約定装置 1 3 は、売買のマッチングを決定する（ステップ S 2）。約定装置 1 3 は、現在値にとらわれず、指値又は指値より投資家にとって有利な価格であればマッチングを行う。そして、約定装置 1 3 は、マッチングごとに約定価格を決定し（ステップ S 3）、次の株価を決定する（ステップ S 4）。そして、約定装置 1 3 は、注文管理装置 1 2 に、約定情報を送信する（ステップ S 5）。

[0040] このように、約定装置 1 3 は、現在値にとらわれず、指値又は指値より投資家にとって有利な価格であれば売買のマッチングを行い、マッチングごとに約定価格を決定するので、約定数を増やすことができる。

[0041] 次に、マッチング部 2 2 によるマッチング方法の詳細について説明する。マッチング部 2 2 は、以下の 5 つのマッチング方法のうちのいずれかのマッ

チング方法を用いて売り注文と買い注文のマッチングを行う。第1のマッチング方法では、マッチング部22は、全探索によるマッチングを行う。

[0042] 具体的には、マッチング部22は、売り注文j件のリストAと買い注文j件のリストBを作成する。そして、マッチング部22は、Aのj件とBのj件の組み合わせを1つ選択し、j件全てについて売り指値が買い指値以下である組み合わせをマッチング候補として記録する記録処理を行う。マッチング部22は、この記録処理を、Aのj件とBのj件の組み合わせを変えながら全組み合わせについて実行する。さらに、マッチング部22は、この記録処理を、A又はBを変更しながら、AとBの全組み合わせについて実行する。さらに、マッチング部22は、この記録処理を、マッチング件数jを1からuまで変化させながら行う。ここで、uは、売り注文数と買い注文数の小さい方である。

[0043] そして、マッチング部22は、マッチング候補の中から最適なマッチングを選択する。ここで、最適なマッチングとは、例えば、売り指値の平均が最も安い、買い指値の平均が最も高い、マッチング数が最大である、同一証券会社間のマッチングが少ないなどがある。

[0044] 図6は、第1のマッチング方法によるマッチング例を示す図である。図6では、j=12である。図6では、98円の4件の売り注文と98円の4件の買い注文、99円の5件の売り注文と100円の5件の買い注文、100円の2件の売り注文と101円の2件の買い注文、101円の1件の売り注文と102円の1件の買い注文が1つのマッチング候補である。

[0045] 図7は、第1のマッチング方法による処理のフローを示すフローチャートである。図7に示すように、マッチング部22は、jを1とし（ステップS11）、売り注文j件のリストAと買い注文j件のリストBを作成する（ステップS12）。そして、マッチング部22は、Aのj件とBのj件の組み合わせを1つ選択し（ステップS13）、j件全てについて売り指値が買い指値以下であるか否かを判定する（ステップS14）。そして、マッチング部22は、j件全てについて売り指値が買い指値以下である場合には、選択

した組み合わせをマッチング候補として記録する（ステップS 1 5）。

[0046] そして、マッチング部2 2は、Aのj件とBのj件の全組み合わせを選択したか否かを判定し（ステップS 1 6）、選択していない組み合わせがある場合には、ステップS 1 3へ戻る。一方、全組み合わせを選択した場合には、マッチング部2 2は、AとBの全組み合わせを選択したか否かを判定し（ステップS 1 7）、AとBの組み合わせで選択していないものがある場合には、A又はBを変更し（ステップS 1 8）、ステップS 1 3へ戻る。

[0047] 一方、AとBの全組み合わせを選択した場合には、マッチング部2 2は、jに1を加え（ステップS 1 9）、jがu以下であるか否かを判定する（ステップS 2 0）。そして、マッチング部2 2は、jがu以下である場合には、ステップS 1 2へ戻り、jがu以下でない場合には、マッチング候補から最適なマッチングを1つ選択する（ステップS 2 1）。

[0048] このように、マッチング部2 2は、全探索によるマッチングを行うことで、マッチング候補を特定することができる。

[0049] 第2のマッチング方法では、マッチング部2 2は、ランダムな選択によるマッチングを行うことで売り注文と買い注文を約定させる。具体的には、マッチング部2 2は、売り注文j件のリストAと買い注文j件のリストBを作成する。そして、マッチング部2 2は、AとBからランダムに1件ずつ選択して売り指値が買い指値以下であるかを判定し、AとBのj件全てについて売り指値が買い指値以下である組み合わせをマッチング候補として記録する記録処理を行う。マッチング部2 2は、この記録処理を、A又はBを変更しながら、AとBの全組み合わせについて実行する。さらに、マッチング部2 2は、この記録処理を、マッチング件数jを1からuまで変化させながら行う。そして、マッチング部2 2は、マッチング候補の中から最適なマッチングを選択する。

[0050] 図8は、第2のマッチング方法による約定例を示す図である。図8では、j = 1 1である。図8では、9 8円の2件の売り注文と1 0 1円の2件の買い注文、9 9円の5件の売り注文と1 0 0円の5件の買い注文、1 0 0円の

3件の売り注文と104円の3件の買い注文、101円の1件の売り注文と102円の1件の買い注文が1つのマッチング候補である。

[0051] 図9は、第2のマッチング方法による処理のフローを示すフローチャートである。図9に示すように、マッチング部22は、 j を1とし（ステップS31）、売り注文 j 件のリストAと買い注文 j 件のリストBを作成する（ステップS32）。そして、マッチング部22は、Aの1件とBの1件をランダムに選択し（ステップS33）、売り指値が買い指値以下であるか否かを判定する（ステップS34）。なお、マッチング部22は、選択した1件をA、Bから削除する。

[0052] そして、マッチング部22は、売り指値が買い指値以下でない場合には、ステップS37へ進み、売り指値が買い指値以下である場合には、 j 件全てについて当該判定を行ったか否かを判定する（ステップS35）。そして、マッチング部22は、当該判定を行っていない売り注文及び買い注文がA及びBそれぞれにある場合には、ステップS33に戻り、 j 件全てについて当該判定を行った場合には、ランダムに選択した j 件の組み合わせをマッチング候補として記録する（ステップS36）。

[0053] そして、マッチング部22は、AとBの全組み合わせを選択したか否かを判定し（ステップS37）、AとBの組み合わせで選択していないものがある場合には、A又はBを変更し（ステップS38）、ステップS33へ戻る。

[0054] 一方、AとBの全組み合わせを選択した場合には、マッチング部22は、 j に1を加え（ステップS39）、 j が u 以下であるか否かを判定する（ステップS40）。そして、マッチング部22は、 j が u 以下である場合には、ステップS32へ戻り、 j が u 以下でない場合には、マッチング候補から最適なマッチングを1つ選択する（ステップS41）。

[0055] このように、マッチング部22は、ランダムな選択によるマッチングを行うことで、マッチング候補を特定することができる。

[0056] 第3のマッチング方法では、マッチング部22は、分岐限定法によるマッ

チングを行う。具体的には、マッチング部22は、売り注文と買い注文のマッチングにおいて深さ優先探索を行い、ある探索点でより深い探索を行っても最適なマッチングは得られないと判定すると、より深い探索を行わない。

[0057] 図10は、第3のマッチング方法を説明するための図である。図10では、マッチング部22は、102円の4件の売り注文と104円の4件の買い注文、101円の1件の売り注文と102円の1件の買い注文、100円の2件の売り注文と101円の2件の買い注文の順に探索を行う。そして、マッチング部22は、次に98円の4件の売り注文と100円の4件の買い注文を探索した際に、これ以上深い探索を行っても最適なマッチングは得られないと判定し、98円の4件の売り注文と100円の4件の買い注文を削除する。そして、99円の5件の売り注文と100円の5件の買い注文から次の探索を行う。

[0058] 図11は、第3のマッチング方法による処理のフローを示すフローチャートである。図11に示すように、マッチング部22は、空のスタック $S = \{ \}$ を作成し（ステップS51）、 S の内容を精査して最適解が見つかる可能性があるか否かを判定する（ステップS52）。

[0059] そして、最適解が見つかる可能性があるとは判定した場合には、マッチング部22は、まだマッチングしていない売り注文 s と買い注文 b が存在するかどうかを判定し（ステップS53）、存在する場合には、 S に (s, b) を追加し（ステップS54）、ステップS52へ戻る。一方、まだマッチングしていない売り注文 s と買い注文 b が存在しない場合には、マッチング部22は、 S をマッチングと決定する（ステップS55）。

[0060] また、ステップS52において最適解が見つかる可能性はないと判定した場合には、マッチング部22は、 S の先頭を削除し（ステップS56）、ステップS52へ戻る。

[0061] このように、マッチング部22は、枝刈りを行うことで探索効率を向上することができる。

[0062] 第4のマッチング方法では、マッチング部22は、遺伝的アルゴリズムを

用いて売り注文と買い注文のマッチングを行う。具体的には、マッチング部 22 は、2つのマッチング案の交配ルールを決めておき、交配ルールによって2つのマッチング案を交配させ、次世代のマッチング案を作る。マッチング部 22 は、次世代のマッチング案の作成を繰り返すことで、よりよいマッチング案を作成する。マッチング部 22 は、例えば、数千世代のマッチング案を作成する。

[0063] 図 12 は、交配ルールの一例を示す図である。図 12 に示すように、マッチング部 22 は、2つのマッチング案をまとめることで次世代のマッチング案を作る。ただし、2つのマッチング案をまとめることでマッチングがかち合う場合には、マッチング部 22 は、調整する。例えば、図 12 では、交配により、102 円の 4 件の売り注文と 104 円の 4 件の買い注文のマッチングと、103 円の 3 件の売り注文と 104 円の 3 件の買い注文のマッチングがかち合う。このような場合、マッチング部 22 は、例えば、かち合わないように各マッチングの注文件数を減らすなどの調整を行う。

[0064] 図 13 は、第 4 のマッチング方法による処理のフローを示すフローチャートである。図 13 に示すように、マッチング部 22 は、第一世代を生成する（ステップ S61）。マッチング部 22 は、例えば、売り 1 件と買い 1 件によるマッチングを一定の数生成して第一世代とする。

[0065] そして、マッチング部 22 は、前世代の 2 個体をランダムに選んで交配させて次の世代を生成する（ステップ S62）。そして、マッチング部 22 は、マッチングを吟味し、より優れたものを残す（ステップ S63）。そして、マッチング部 22 は、所定の世代に到達したか否かを判定し（ステップ S64）、到達していない場合には、ステップ S62 に戻り、到達した場合には、所定の世代をマッチング結果とする。

[0066] 第 5 のマッチング方法では、マッチング部 22 は、板をネットワークフローとして定式化することで、マッチング数を最大化するマッチングを行う。図 14A は、ネットワークフローの最大フロー問題を説明するための図である。図 14A に示すように、最大フロー問題とは、グラフの辺に沿って頂点

s（ソース）から頂点 t（シンク）までできるだけ多く水を流すには、どの辺にどのくらいの量を流すようにすればよいかを求める問題である。ただし、図 1 4 A（a）に示すように、各辺には水を流せる最大容量が設定されている。図 1 4 A（b）は、解を示し、各辺の分数は、分母が容量で分子が流量である。図 1 4 A（b）では、s から t まで最大 1 0 の水が流れる。

[0067] 図 1 4 B は、板のネットワークフローとしての定式化を説明するための図である。図 1 4 B に示すように、マッチング部 2 2 は、s（ソース）、t（シンク）、売り指値、買い指値に応じた頂点を作成する。そして、マッチング部 2 2 は、売り頂点と買い頂点との間の容量は ∞ （制約なし）とし、s から売り頂点への辺の容量は、売り頂点の売り指値の売り注文数とし、買い頂点から t への辺の容量は、買い頂点の買い指値の買い注文数とする。

[0068] 図 1 4 B では、s から 9 8 円の売り頂点への辺の容量は 5 であり、s から 9 9 円の売り頂点への辺の容量は 0 であり、s から 1 0 0 円の売り頂点への辺の容量は 3 である。また、s から 1 0 1 円の売り頂点への辺の容量は 2 であり、s から 1 0 2 円の売り頂点への辺の容量は 1 である。

[0069] 同様に、9 8 円の買い頂点から t への辺の容量は 1 であり、9 9 円の買い頂点から t への辺の容量は 4 であり、1 0 0 円の買い頂点から t への辺の容量は 1 0 である。また、1 0 1 円の買い頂点から t への辺の容量は 2 であり、1 0 2 円の買い頂点から t への辺の容量は 3 である。

[0070] 図 1 4 C は、図 1 4 B に示したネットワークフローの最大フローを示す図である。図 1 4 C では、各辺の流量がマッチング数を示し、マッチング数の合計は 1 1 である。例えば、9 8 円売りの 1 件と 9 8 円買いの 1 件、9 8 円売りの 4 件と 9 9 円買いの 4 件、1 0 0 円売りの 3 件と 1 0 0 円買いの 3 件、1 0 1 円売りの 2 件と 1 0 1 円買いの 2 件、1 0 2 円売りの 1 件と 1 0 2 円買いの 1 件の合計 1 1 件のマッチングが行われる。

[0071] マッチング部 2 2 は、最大フロー問題を解くアルゴリズムとして、Hopcroft-Karp、Dinic、Edmonds-Karp などのアルゴリズムを用いる。頂点数を V、辺数を E とすると、Hopcroft-K

arp の計算量は $O(E\sqrt{V})$ であり、 $Dinic$ の計算量は $O(V^2E)$ であり、 $Edmonds-Karp$ の計算量は $O(VE^2)$ である。

[0072] 図15は、第5のマッチング方法による処理のフローを示すフローチャートである。図15に示すように、マッチング部22は、売り注文と買い注文をもとにネットワークフローを作成する（ステップS71）。そして、マッチング部22は、最大フローを生成し（ステップS72）、最大フローの流量からマッチングを抽出する（ステップS73）。

[0073] このように、マッチング部22は、板をネットワークフローとしての定式化することで、マッチング数が最大のマッチングを特定することができる。

[0074] 上述してきたように、実施例1では、約定装置13の取得部21が、注文管理装置12から銘柄ごとに、売り注文と買い注文の情報を取得する。そして、マッチング部22が、売り注文と買い注文のマッチングを行う。このとき、マッチング部22は、現在値にとらわれず、指値又は指値より投資家にとって有利な価格であればマッチングを行う。そして、約定価格決定部31が、マッチング部22によるマッチングに基づいて、マッチングごとに約定価格を決定する。したがって、約定装置13は、板寄せにおける約定数を増やすことができる。

[0075] また、実施例では、マッチング部22は、全探索を行うので、売り注文と買い注文のマッチングを行うことができる。

[0076] また、実施例では、マッチング部22は、売り注文と買い注文をランダムに選択してマッチングを行うので、売り注文と買い注文のマッチングを行うことができる。

[0077] また、実施例では、マッチング部22は、マッチングの探索において枝刈りを行うので、最適なマッチングを効率よく特定することができる。

[0078] また、実施例では、マッチング部22は、遺伝的アルゴリズムを用いてマッチングを行うので、優れた特徴を備えるマッチングを特定することができる。

[0079] また、実施例では、マッチング部22は、板をネットワークフローとして

定式化することで、マッチングを行うので、マッチング数が最大であるマッチングを特定することができる。

実施例 2

- [0080] ところで、売り注文と買い注文のマッチングにおいて、不利な価格の注文が残っている場合、マッチングのペアを構成する注文をより有利な価格の注文に置き換えることができる。ここで、有利な価格とは、売り注文では安い価格を表し、買い注文では高い価格を表す。有利な価格の注文は優先的に約定される。
- [0081] 図 1 6 は、不利な価格の注文のより有利な価格の注文への置き換え例を示す図である。図 1 6 (a) は、あるマッチングを示し、図 1 6 (b) は、より有利な価格の注文を消化するマッチングを示す。図 1 6 (a) に示すマッチングでは、9 6 円売りの 1 件と 9 6 円買いの 1 件のマッチング、9 9 円売りの 1 件と 9 9 円買いの 1 件のマッチングがある。
- [0082] この 2 件のマッチングは、図 1 6 (b) に示すように、売り注文はより安い売り注文に置き換え、買い注文はより高い買い注文に置き換えることによって、より有利な価格のマッチングに置き換えられる。すなわち、9 6 円売りの 1 件と 9 6 円買いの 1 件のマッチングは、9 6 円売りの 1 件と 9 9 円買いの 1 件のマッチングに置き換えられ、9 9 円売りの 1 件と 9 9 円買いの 1 件のマッチングは、9 7 円売りの 1 件と 9 9 円買いの 1 件のマッチングに置き換えられる。
- [0083] すなわち、マッチングできる最大約定数 k を特定することができれば、有利な価格を全消化するマッチングを特定することができる。そこで、実施例 2 では、まず k を特定し、 k の特定後に売り注文と買い注文のマッチングを決定するマッチング部 2 2 について説明する。
- [0084] 実施例 2 に係るマッチング部 2 2 は、売り注文を安い方から全てマッチングさせる。マッチング相手の買い注文は、 s 円の売り注文に対して、 s 円以上の最小の買い注文とする。そして、実施例 2 に係るマッチング部 2 2 は、買い注文が尽きてマッチングできなくなったときのマッチング数を k とする

。そして、実施例2に係るマッチング部22は、買い注文を高い方からk件に寄せる。

[0085] 図17は、買い注文を高い方からk件に寄せる例を示す図である。図17では、 $k = 2$ であり、93円売りの1件とマッチングがとれた95円買いの1件が、98円買いの1件に寄せられる。

[0086] 実施例2に係るマッチング部22は、二分探索を用いてkを特定する。例えば、1件がマッチングし、 $r (> 1)$ 件はマッチングしない場合に、実施例2に係るマッチング部22は、次に $(1 + r) / 2$ 件がマッチングするかを判定する。そして、実施例2に係るマッチング部22は、マッチングする場合には、次に1を $(1 + r) / 2$ で置き換え、マッチングしない場合には、 r を $(1 + r) / 2$ で置き換える。このような処理を1と r が連続する数になるまで繰り返すことによって、実施例2に係るマッチング部22は、kを特定する。

[0087] なお、実施例2に係るマッチング部22は、交差は除去する。図18は、交差の除去を説明するための図である。交差とは、2つのマッチング s_1 円売りと b_1 円買い、 s_2 円売りと b_2 円買いがあつて、 $s_1 \leq s_2$ 、 $b_1 \geq b_2$ となっている場合である。このような交差がある場合、マッチング部22は、 s_1 円売りと b_2 円買い、 s_2 円売りと b_1 円買いに変更することで交差を除去する。

[0088] 図18に示す交差除去が可能であるためには、交差除去後のマッチング成立条件 $s_2 \leq b_1$ 、 $s_1 \leq b_2$ が成立すればよい。除去前のマッチング成立条件から $s_1 \leq b_1$ 、 $s_2 \leq b_2$ であるので、 $s_2 \leq b_2 \leq b_1$ 、 $s_1 \leq s_2 \leq b_2$ が成立し、 $s_1 \leq s_2 \leq b_2 \leq b_1$ が成立する。すなわち、 $s_2 \leq b_1$ 、 $s_1 \leq b_2$ が成立する。

[0089] 図19Aは、実施例2に係るマッチング部22が最大約定数を特定する処理のフローを示すフローチャートである。図19Aに示すように、実施例2に係るマッチング部22は、 $l = 0$ 、 $r = (\text{売り注文数と買い注文数の最大値}) + 1$ とする（ステップS81）。

[0090] そして、実施例2に係るマッチング部22は、 r と $l + 1$ が等しいか否かを判定し（ステップS82）、 r と $l + 1$ が等しくない場合には、 $m = (l$

+ r) / 2 とする (ステップ S 8 3)。そして、実施例 2 に係る マッチング部 2 2 は、m 件の約定は可能か否かを判定し (ステップ S 8 4)、m 件の約定が可能である場合には、l の値を m で置き換え (ステップ S 8 5)、m 件の約定が可能でない場合には、r の値を m で置き換える (ステップ S 8 6)。そして、実施例 2 に係る マッチング部 2 2 は、ステップ S 8 2 へ戻る。

[0091] また、ステップ S 8 2 において、r と l + 1 が等しい場合には、実施例 2 に係る マッチング部 2 2 は、l を最大約定数として特定する (ステップ S 8 7)。

[0092] 図 1 9 B は、m 件の約定が可能であるか否かを判定する処理のフローを示すフローチャートである。実施例 2 に係る マッチング部 2 2 は、売り注文のうち安い方から m 件の売り指値を $s_1 \leq s_2 \leq \dots \leq s_m$ とし、買い注文のうち高い方から m 件の買い指値を $b_1 \leq b_2 \leq \dots \leq b_m$ とする (ステップ S 9 1)。

[0093] そして、実施例 2 に係る マッチング部 2 2 は、 s_i が b_i 以下であるか否かを判定する (ステップ S 9 2) 処理を、i を 1 から 1 ずつ増加しながら繰り返し、 s_i が b_i 以下でない i を見つけた場合には、m 件の約定は可能でないと判定する (ステップ S 9 3)。一方、i を m まで増加させても s_i が b_i 以下である場合には、実施例 2 に係る マッチング部 2 2 は、m 件の約定は可能であると判定する (ステップ S 9 4)。

[0094] このように、実施例 2 に係る マッチング部 2 2 は、二分探索を用いて最大約定数を特定するので、効率よく最大約定数を特定することができる。

[0095] 上述してきたように、実施例 2 に係る マッチング部 2 2 は、二分探索を用いて最大約定数 k を特定する。そして、実施例 2 に係る マッチング部 2 2 は、売り注文を安い順に最大約定数抽出し、買い注文を高い順に最大約定数抽出して、抽出した売り注文と買い注文を安い順にマッチングさせる。したがって、実施例 2 に係る マッチング部 2 2 は、売り注文と買い注文を高速にマッチングさせて約定させることができる。

実施例 3

- [0096] 実施例3では、二分探索を用いて最大約定数 k を特定したが、マッチング部22は、二部グラフを用いて最大約定数 k を特定してもよい。そこで、二部グラフを用いて最大約定数 k を特定するマッチング部22について説明する。
- [0097] 図20は、株式取引の二部グラフ表現を説明するための図である。図20(a)は板の例を示し、図20(b)は図20(a)の二部グラフ表現を示し、図20(c)は指値の重複を重みで表現した場合を示す。
- [0098] 図20(b)に示すように、株式取引の二部グラフ表現は、売り指値を示す頂点集合と買い指値を示す頂点集合から成る。また、株式取引の二部グラフ表現では、売り指値 $\leq$ 買い指値である頂点間にのみ辺が存在する。
- [0099] 実施例3に係るマッチング部22は、各頂点集合から辺を共有する頂点ペアを頂点の重複がないように選択するとき、頂点ペアの数の最大値を最大約定数 k として特定する。図21は、最大約定数 k の特定方法を説明するための図である。
- [0100] 実施例3に係るマッチング部22は、売り注文、買い注文の最安値を示す頂点から開始し、売り注文、又は、買い注文の頂点なくなるまで頂点を進める処理を繰り返すことで最大約定数 k を特定する。頂点を進める処理では、実施例3に係るマッチング部22は、売り指値と買い指値を比較し、売り指値 $>$ 買い指値の場合には買い注文の頂点を進め、売り指値 $\leq$ 買い指値の場合には k の値を+1し、両方の注文の頂点を進める。なお、 k の初期値は0である。
- [0101] 図21(a)に示すように、実施例3に係るマッチング部22は、頂点を進める処理を95円売りと93円買いから開始する。そして、実施例3に係るマッチング部22は、売り指値95円と買い指値93円を比較し、売り指値 $>$ 買い指値であるので、買い注文の頂点を進め、図21(b)に示すように、買い注文の頂点を95円買いとする。
- [0102] そして、実施例3に係るマッチング部22は、売り指値95円と買い指値95円を比較し、売り指値 $\leq$ 買い指値であるので、 k の値を+1し、両方の

注文の頂点を進め、図 2 1 (c) に示すように、売り注文の頂点を 9 6 円売りとし、買い注文の頂点を次の 9 5 円買いとする。同様の処理を繰り返すことで、図 2 1 (d) に示すように、買い注文の頂点がなくなり、実施例 3 に係るマッチング部 2 2 は、 $k = 5$ を特定する。

[0103] そして、実施例 3 に係るマッチング部 2 2 は、売り注文の頂点を売り指値が安い順に k 個抽出し、買い注文の頂点を買い指値が高い順に k 個抽出する。そして、実施例 3 に係るマッチング部 2 2 は、指値が小さい順に頂点ペアを作成することで優先度を満たす最大マッチングを特定する。ここで、優先度は、売り指値では安いほど高く、買い指値では高いほど高い。

[0104] 図 2 2 は、優先度を満たす最大マッチングを示す図である。図 2 2 に示すように、売り注文の頂点は 9 5 円から 9 7 円まで安い順に 5 個抽出され、買い注文の頂点は 9 9 円から 9 5 円まで高い順に 5 個抽出される。そして、指値が小さい順に、売り指値 9 5 円と買い指値 9 5 円、売り指値 9 6 円と買い指値 9 6 円、売り指値 9 7 円と買い指値 9 8 円、売り指値 9 7 円と買い指値 9 9 円、売り指値 9 7 円と買い指値 9 9 円の 5 個の頂点ペアが作成される。

[0105] 図 2 0 (c) に戻って、指値の重複を重みで表現した場合は、二部グラフ表現は、売り指値と重みを示す頂点集合と買い指値と重みを示す頂点集合から成る。この場合にも、売り指値 $\leq$ 買い指値である頂点間にのみ辺が存在する。

[0106] 実施例 3 に係るマッチング部 2 2 は、各頂点集合から辺を共有する頂点ペアを頂点の重複が重み以下になるように選択するとき、頂点ペアの数の最大値を最大約定数 k として特定する。図 2 3 は、最大約定数 k の特定方法を説明するための図である。

[0107] 実施例 3 に係るマッチング部 2 2 は、売り注文、買い注文の最安値を示す頂点から開始し、売り注文、又は、買い注文の頂点がなくなるまで頂点を進める処理を繰り返すことで最大約定数 k を特定する。頂点を進める処理では、実施例 3 に係るマッチング部 2 2 は、売り指値と買い指値を比較し、売り指値 $>$ 買い指値の場合には買い注文の頂点を進め、売り指値 $\leq$ 買い指値の場

合には k の値を $+1$ し、両方の重みを -1 し、重みが 0 になった場合、注文の頂点を進める。なお、 k の初期値は 0 である。

[0108] 図23(a)に示すように、実施例3に係るマッチング部22は、頂点を進める処理を95円売りと93円買いから開始する。そして、実施例3に係るマッチング部22は、売り指値95円と買い指値93円を比較し、売り指値 $>$ 買い指値であるので、買い注文の頂点を進め、図23(b)に示すように、買い注文の頂点を95円買いとする。

[0109] そして、実施例3に係るマッチング部22は、売り指値95円と買い指値95円を比較し、売り指値 $\leq$ 買い指値であるので、 k の値を $+1$ し、両方の重みを -1 する。すると、売り指値95円の重みが 0 になるので、実施例3に係るマッチング部22は、売り注文の頂点を進め、図23(c)に示すように、売り注文の頂点を96円売りとする。同様の処理を繰り返すことで、図23(d)に示すように、買い注文の頂点がなくなり、実施例3に係るマッチング部22は、 $k=5$ を特定する。

[0110] そして、実施例3に係るマッチング部22は、売り注文の頂点を売り指値が安い順に重みの合計が k になるように抽出し、買い注文の頂点を買い指値が高い順に重みの合計が k になるように抽出する。そして、実施例3に係るマッチング部22は、指値が小さい順に重みの制限の下に頂点ペアを作成することで優先度を満たす最大マッチングを特定する。

[0111] 図24は、優先度を満たす最大マッチングを示す図である。図24に示すように、売り注文の頂点は95円から97円まで安い順に3個抽出され、買い注文の頂点は99円から95円まで高い順に4個抽出される。そして、指値が小さい順に、売り指値95円と買い指値95円、売り指値96円と買い指値96円、売り指値97円と買い指値98円、売り指値97円と買い指値99円の4個の頂点ペアが作成される。売り指値95円と買い指値95円の頂点ペアの重みは1であり、売り指値96円と買い指値96円の頂点ペアの重みは1であり、売り指値97円と買い指値98円の頂点ペアの重みは1であり、売り指値97円と買い指値99円の頂点ペアの重みは2である。

- [0112] 図25は、実施例3に係るマッチング部22による処理のフローを示すフローチャートである。図25に示すように、実施例3に係るマッチング部22は、初期化処理を行う（ステップS101）。初期化処理には、売り注文の指値によるソート、買い注文の指値によるソート、カウンタの初期化（値を0とする）がある。
- [0113] そして、実施例3に係るマッチング部22は、売り注文の売り指値と買い注文の買い指値を取得する（ステップS102）。ここで、実施例3に係るマッチング部22は、現在参照している注文の指値を取得する。最初は、最も安い売り指値の注文と最も安い買い指値の注文が参照される。
- [0114] そして、実施例3に係るマッチング部22は、買い指値は売り指値以上であるか否かを判定し（ステップS103）、買い指値が売り指値以上でない場合には、ステップS107へ進む。一方、買い指値が売り指値以上である場合には、実施例3に係るマッチング部22は、カウンタを1増加し（ステップS104）、次の売り注文を参照する（ステップS105）。
- [0115] そして、実施例3に係るマッチング部22は、売り注文があるか否かを判定し（ステップS106）、売り注文がない場合には、ステップS109へ進み、売り注文がある場合には、次の買い注文を参照する（ステップS107）。そして、実施例3に係るマッチング部22は、買い注文があるか否かを判定し（ステップS108）、買い注文がある場合には、ステップS102へ戻る。
- [0116] 一方、買い注文がない場合には、実施例3に係るマッチング部22は、売り注文を安い順にカウンタの値分抽出し（ステップS109）、買い注文を高い順にカウンタの値分抽出する（ステップS110）。そして、実施例3に係るマッチング部22は、抽出した売り注文と買い注文を安い順にマッチングさせる（ステップS111）。
- [0117] このように、実施例3に係るマッチング部22は、カウンタを用いて最大約定数を特定し、売り注文を安い順に最大約定数抽出し、買い注文を高い順に最大約定数抽出して、安い順にマッチングさせる。したがって、実施例3

に係るマッチング部22は、売り注文と買い注文を高速にマッチングさせることができる。

[0118] 二部グラフに関して一般的な最大マッチングアルゴリズムの計算量は $O(EV)$ であるが、実施例3に係るマッチング部22によるマッチングの計算量は $O(V)$ である。ここで、 E は辺の数であり、 V は頂点の数である。また、二部グラフに関して一般的な最大マッチングアルゴリズムでは優先度を含めることはできないが、実施例3に係るマッチング部22によるマッチングでは優先度を含めることができる。

[0119] 上述してきたように、実施例3に係るマッチング部22は、売り注文と買い注文を安い方から順番にどちらかがなくなるまで参照して売り指値が買い指値以下の数を数えることで最大約定数を特定するので、高速に最大約定数を特定することができる。

[0120] 図26は、実施例1～実施例3に係るマッチング部22による処理時間の例を示す図である。実施例1では、第5のマッチング方法が用いられる。横軸は指値数である。縦軸は、処理時間（秒）であり、基数が10の対数軸である。図26に示すように、実施例3に係るマッチング部22の処理時間が最も短く、実施例2に係るマッチング部22の処理時間が次に短い。

[0121] なお、実施例1～3では、約定装置13について説明したが、約定装置13が有する構成をソフトウェアによって実現することで、同様の機能を有する約定プログラムを得ることができる。そこで、約定プログラムを実行するコンピュータについて説明する。

[0122] 図27は、実施例に係る約定プログラムを実行するコンピュータのハードウェア構成を示す図である。図27に示すように、コンピュータ50は、メインメモリ51と、CPU (Central Processing Unit) 52と、LAN (Local Area Network) インタフェース53と、HDD (Hard Disk Drive) 54とを有する。また、コンピュータ50は、スーパーIO (Input Output) 55と、DVI (Digital Visual Interface) 56と、ODD (Optical Disk Drive) 57とを有する。

- [0123] メインメモリ51は、プログラムやプログラムの実行途中結果等を記憶するメモリである。CPU52は、メインメモリ51からプログラムを読み出して実行する中央処理装置である。CPU52は、メモリコントローラを有するチップセットを含む。
- [0124] LANインタフェース53は、コンピュータ50をLAN経由で他のコンピュータに接続するためのインタフェースである。HDD54は、プログラムやデータを格納するディスク装置であり、スーパーIO55は、マウスやキーボード等の入力装置を接続するためのインタフェースである。DVI56は、液晶表示装置を接続するインタフェースであり、ODD57は、DVDの読み書きを行う装置である。
- [0125] LANインタフェース53は、PCIエクスプレス（PCIe）によりCPU52に接続され、HDD54及びODD57は、SATA（Serial Advanced Technology Attachment）によりCPU52に接続される。スーパーIO55は、LPC（Low Pin Count）によりCPU52に接続される。
- [0126] そして、コンピュータ50において実行される約定プログラムは、コンピュータ50により読み出し可能な記録媒体の一例であるDVDに記憶され、ODD57によってDVDから読み出されてコンピュータ50にインストールされる。あるいは、約定プログラムは、LANインタフェース53を介して接続された他のコンピュータシステムのデータベース等に記憶され、これらのデータベースから読み出されてコンピュータ50にインストールされる。そして、インストールされた約定プログラムは、HDD54に記憶され、メインメモリ51に読み出されてCPU52によって実行される。
- [0127] また、実施例では、取引システム1が受付装置11と注文管理装置12と約定装置13とを有する場合について説明したが、受付装置11と注文管理装置12と約定装置13の機能を1つにまとめて取引装置を構成してもよい。あるいは、受付装置11と注文管理装置12の機能を1つにまとめるなど、任意の2つの機能を1つにまとめて1つの装置としてもよい。
- [0128] また、実施例では、株を取引する場合について説明したが、取引システム

1 は、他の有価証券や品物を取引してもよい。

符号の説明

[0129]	1	取引システム
	2	内部ネットワーク
	1 1	受付装置
	1 2	注文管理装置
	1 3	約定装置
	2 1	取得部
	2 2	マッチング部
	2 3	価格決定部
	2 4	出力部
	3 1	約定価格決定部
	3 2	次価格決定部
	5 0	コンピュータ
	5 1	メインメモリ
	5 2	C P U
	5 3	L A Nインタフェース
	5 4	H D D
	5 5	スーパー I O
	5 6	D V I
	5 7	O D D

請求の範囲

- [請求項1] コンピュータに、
売り指値ごとの売り注文数と買い指値ごとの買い注文数を取得し、
取得した売り指値ごとの売り注文数と買い指値ごとの買い注文数に
基づいて、売り注文と買い注文の組のうち該売り注文の売り指値が該
買い注文の買い指値以下である組を約定させ、
約定ごとに約定価格を決定する
処理を実行させることを特徴とする取引プログラム。
- [請求項2] 前記約定させる処理は、約定数及び各約定数における売り注文と買
い注文の組み合わせに関して全探索を行うことで売り注文と買い注文
とを約定させることを特徴とする請求項1に記載の取引プログラム。
- [請求項3] 前記約定させる処理は、約定数に関しては全探索を行い、売り注文
と買い注文の組み合わせに関してはランダムな選択を行いながら売り
注文と買い注文とを約定させることを特徴とする請求項1に記載の取
引プログラム。
- [請求項4] 前記約定させる処理は、分岐限定を用いて枝刈りを行いながら売り
注文と買い注文とを約定させることを特徴とする請求項1に記載の取
引プログラム。
- [請求項5] 前記約定させる処理は、売り注文と買い注文の組み合わせを1つ以
上有する集合を1つの世代として遺伝的アルゴリズムを用いて売り注
文と買い注文とを約定させることを特徴とする請求項1に記載の取引
プログラム。
- [請求項6] 前記約定させる処理は、各売り指値を売り頂点、各買い指値を買い
頂点とし、ソースから売り頂点への辺の容量を該売り頂点の売り指値
の売り注文数とし、買い頂点からシンクへの辺の容量を該買い頂点の
買い指値の注文数とし、売り頂点と買い頂点の間の辺の容量を無限と
するネットワークにおいてソースからシンクに流す水を最大にする場
合の各辺の流量を計算して約定させることを特徴とする請求項1に記

載の取引プログラム。

[請求項7] 前記約定させる処理は、最大約定数を特定し、売り注文を安い順に最大約定数抽出し、買い注文を高い順に最大約定数抽出して、抽出した売り注文と買い注文を安い順に約定させることを特徴とする請求項1に記載の取引プログラム。

[請求項8] 前記最大約定数を特定する処理は、二分探索を用いて前記最大約定数を特定することを特徴とする請求項7に記載の取引プログラム。

[請求項9] 前記最大約定数を特定する処理は、売り注文と買い注文を安い方から順番にどちらかがなくなるまで参照して売り指値が買い指値以下の数を数えることで前記最大約定数を特定することを特徴とする請求項7に記載の取引プログラム。

[請求項10] コンピュータが、
売り指値ごとの売り注文数と買い指値ごとの買い注文数を取得し、
取得した売り指値ごとの売り注文数と買い指値ごとの買い注文数に基づいて、売り注文と買い注文の組のうち該売り注文の売り指値が該買い注文の買い指値以下である組を約定させ、
約定ごとに約定価格を決定する
処理を実行することを特徴とする取引方法。

[請求項11] 前記約定させる処理は、各売り指値を売り頂点、各買い指値を買い頂点とし、ソースから売り頂点への辺の容量を該売り頂点の売り指値の売り注文数とし、買い頂点からシンクへの辺の容量を該買い頂点の買い指値の注文数とし、売り頂点と買い頂点の間の辺の容量を無限とするネットワークにおいてソースからシンクに流す水を最大にする場合の各辺の流量を計算して約定させることを特徴とする請求項10に記載の取引方法。

[請求項12] 前記約定させる処理は、最大約定数を特定し、売り注文を安い順に最大約定数抽出し、買い注文を高い順に最大約定数抽出して、抽出した売り注文と買い注文を安い順に約定させることを特徴とする請求項

10に記載の取引方法。

[請求項13] 売り指値ごとの売り注文数と買い指値ごとの買い注文数を取得する取得部と、

前記取得部により取得された売り指値ごとの売り注文数と買い指値ごとの買い注文数に基づいて、売り注文と買い注文の組のうち該売り注文の売り指値が該買い注文の買い指値以下である組を約定させる約定部と、

前記約定部により約定された約定ごとに約定価格を決定する決定部と

を有することを特徴とする取引装置。

[請求項14] 前記約定部は、各売り指値を売り頂点、各買い指値を買い頂点とし、ソースから売り頂点への辺の容量を該売り頂点の売り指値の売り注文数とし、買い頂点からシンクへの辺の容量を該買い頂点の買い指値の注文数とし、売り頂点と買い頂点の間の辺の容量を無限とするネットワークにおいてソースからシンクに流す水を最大にする場合の各辺の流量を計算して約定させることを特徴とする請求項13に記載の取引装置。

[請求項15] 前記約定部は、最大約定数を特定し、売り注文を安い順に最大約定数抽出し、買い注文を高い順に最大約定数抽出して、抽出した売り注文と買い注文を安い順に約定させることを特徴とする請求項13に記載の取引装置。

[図1]

売	価格	買
	104	1
	103	
4	102	
1	101	2
	100	
	99	
	98	5

1. 98円売りの4件と98円買いの4件
2. 99円売りの5件と100円買いの5件
3. 100円売りの3件と102円買いの3件
4. 103円売りの3件と104円買いの3件

合計15件の約定

売	価格	買
	104	4
3	103	
4	102	3
1	101	2
3	100	5
5	99	
4	98	9

[図2]

売	価格	買
	104	4
3	103	
4	102	3
1	101	2
3	100	5
5	99	
4	98	9

現在値が100円の時

1. 98円売りの4件と98円買いの4件: 98円
2. 99円売りの5件と100円買いの5件: 100円
3. 100円売りの3件と102円買いの3件: 100円
4. 103円売りの3件と104円買いの3件: 103円

[図3]

売	価格	買
	104	4
3	103	
4	102	3
1	101	2
3	100	5
5	99	
4	98	9

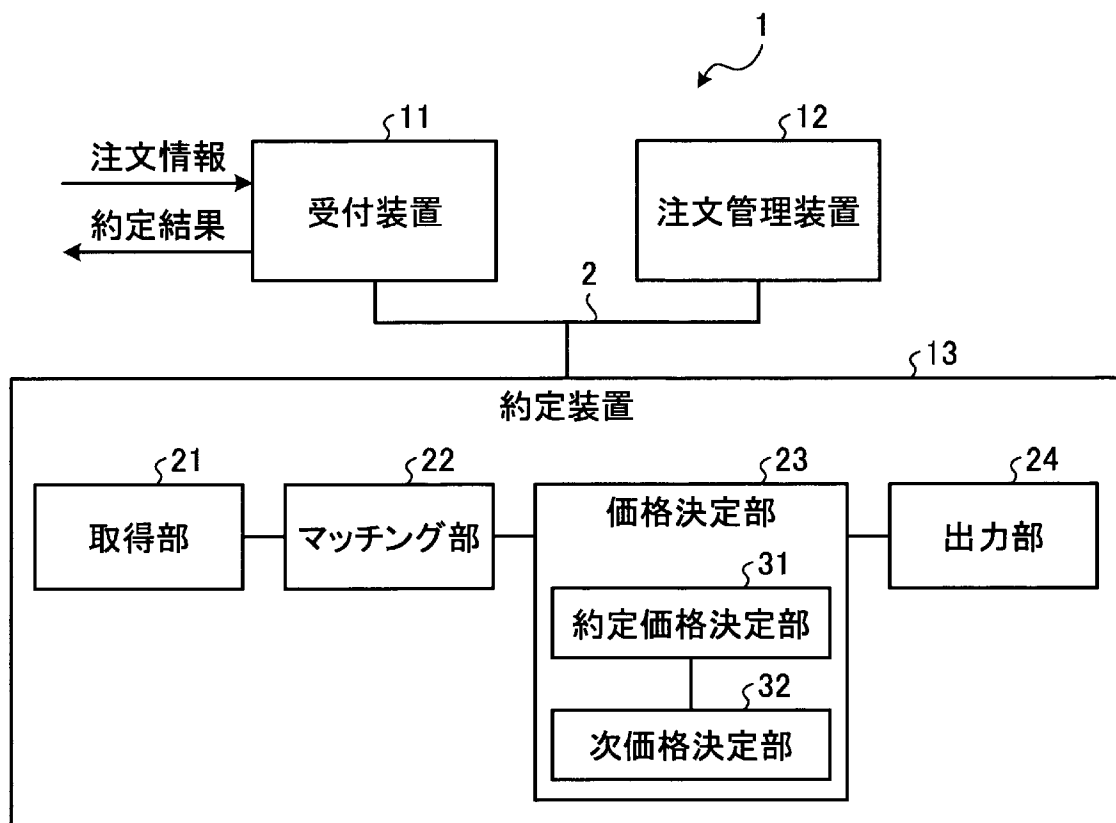
現在値が100円の時

1. 98円売りの4件と98円買いの4件: 98円
2. 99円売りの5件と100円買いの5件: 100円
3. 100円売りの3件と102円買いの3件: 100円
4. 103円売りの3件と104円買いの3件: 103円

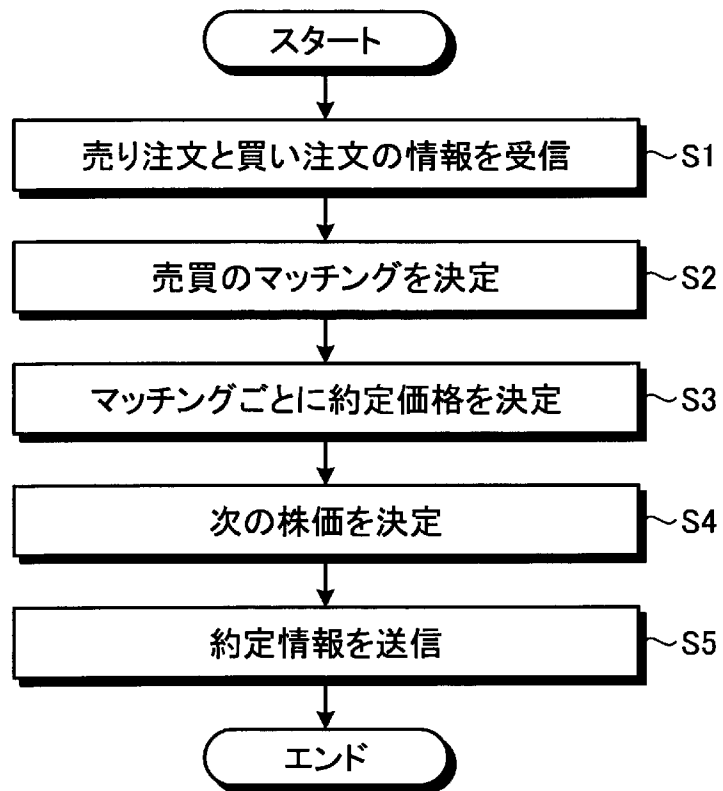
株価は

$$\frac{98 \times 4 + 100 \times 5 + 100 \times 3 + 103 \times 3}{15} \div 100.07 \text{円}$$

[図4]



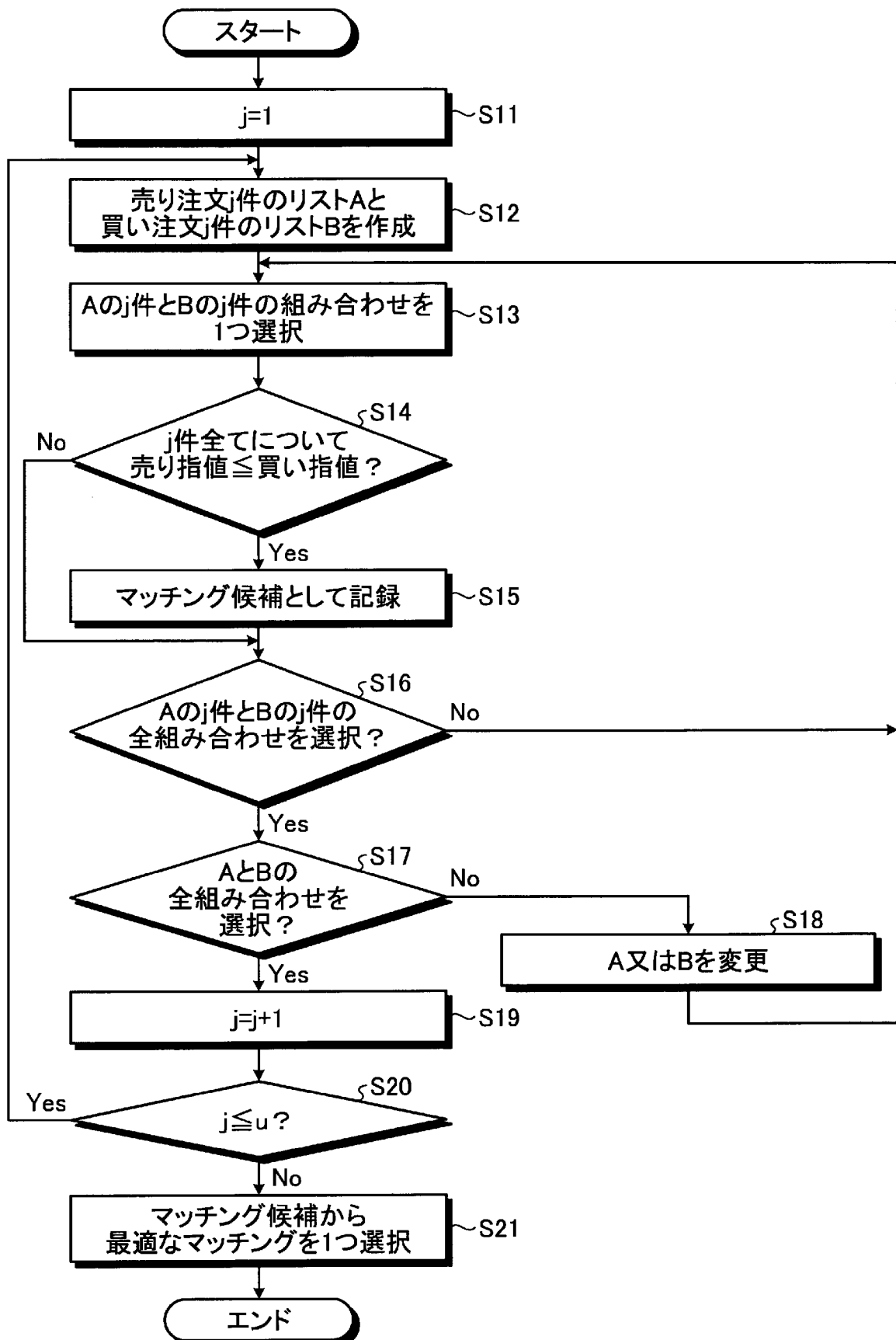
[図5]



[図6]

売	価格	買
	104	4
3	103	
4	102	3
1	101	2
3	100	5
5	99	
4	98	9

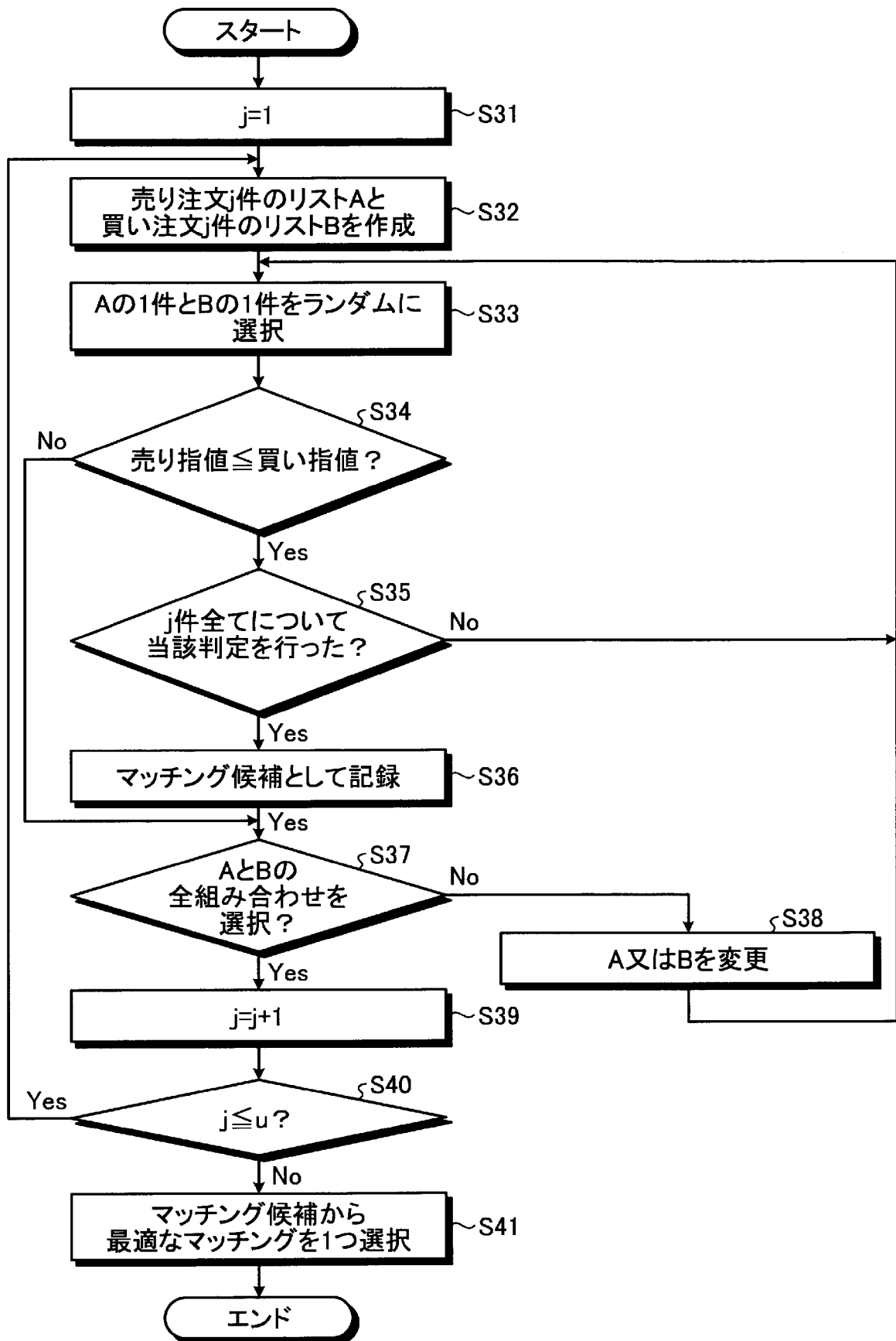
[図7]



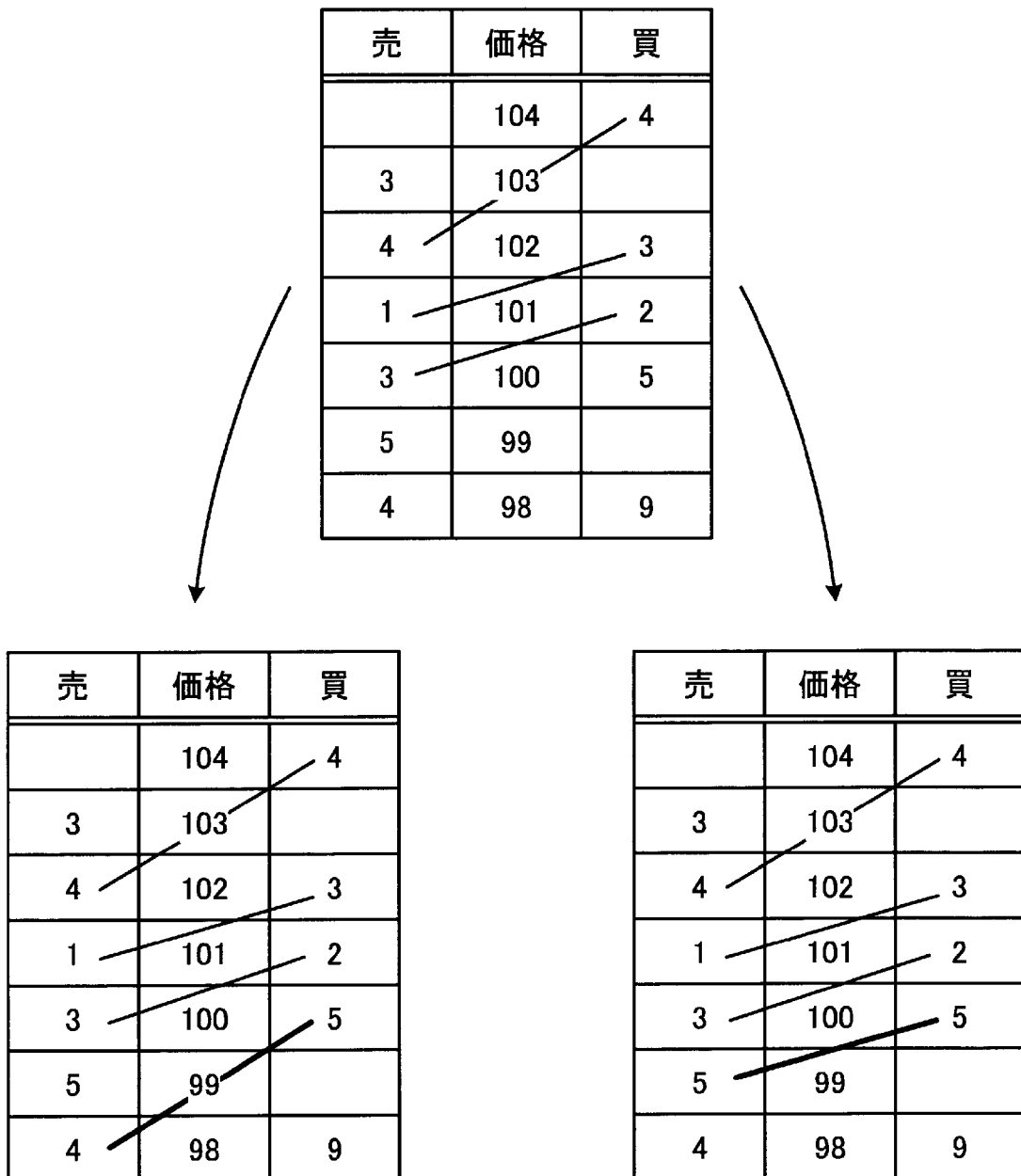
[図8]

売	価格	買
	104	4
3	103	
4	102	3
1	101	2
3	100	5
5	99	
4	98	9

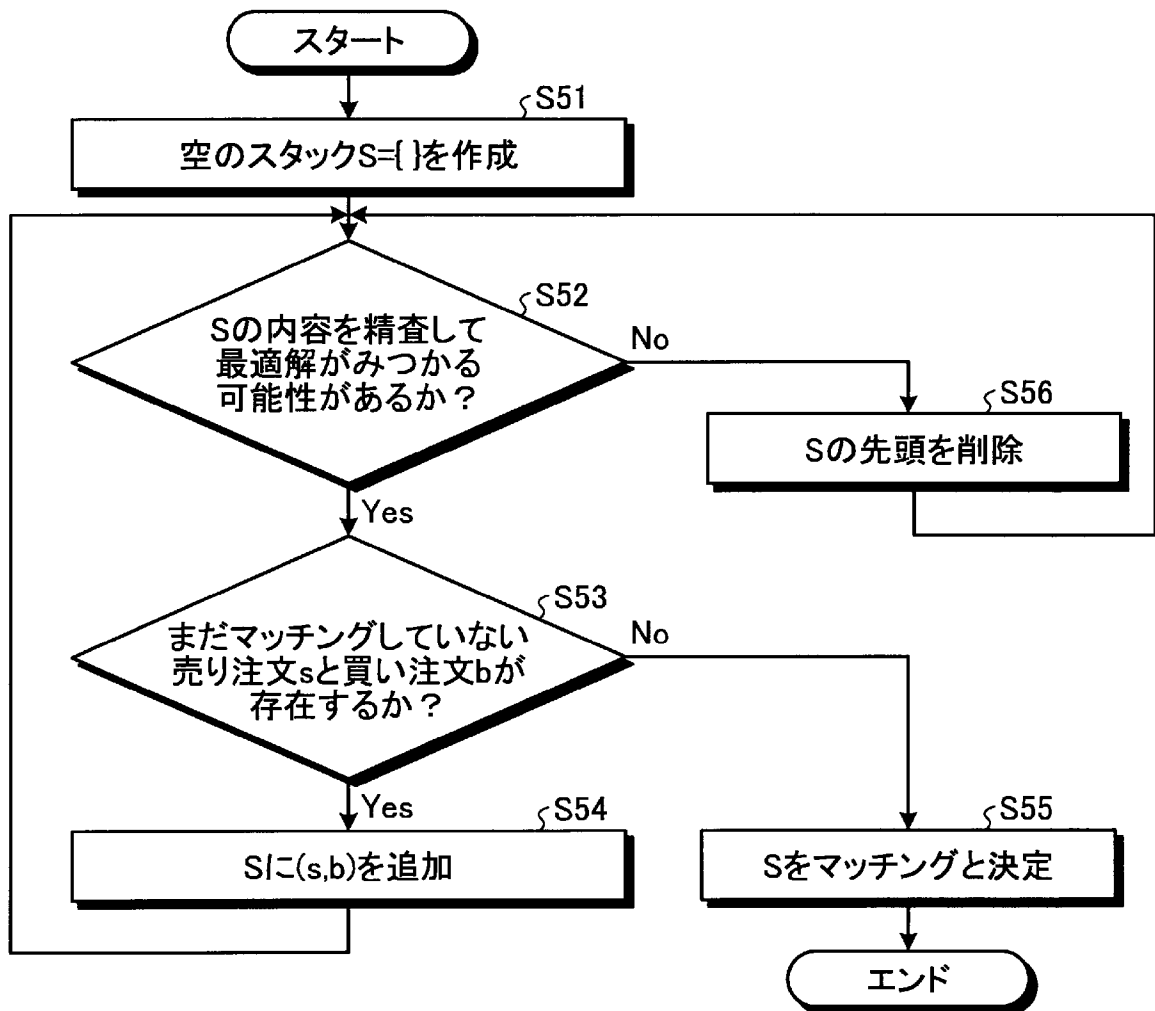
[図9]



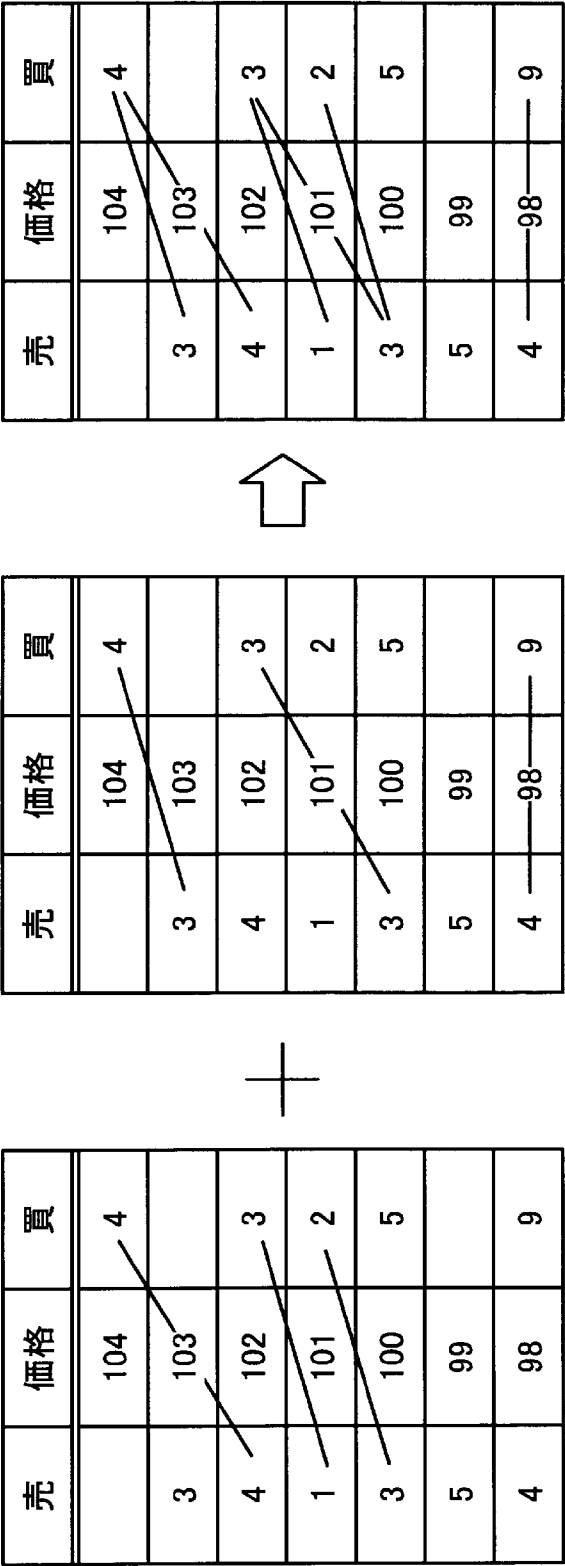
[図10]



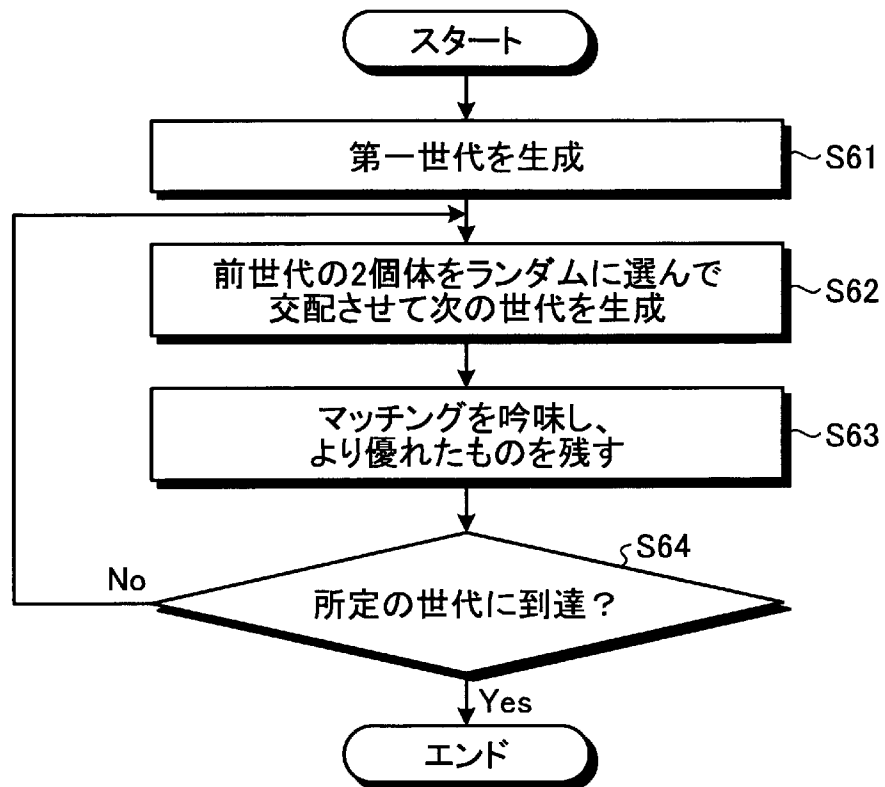
[図11]



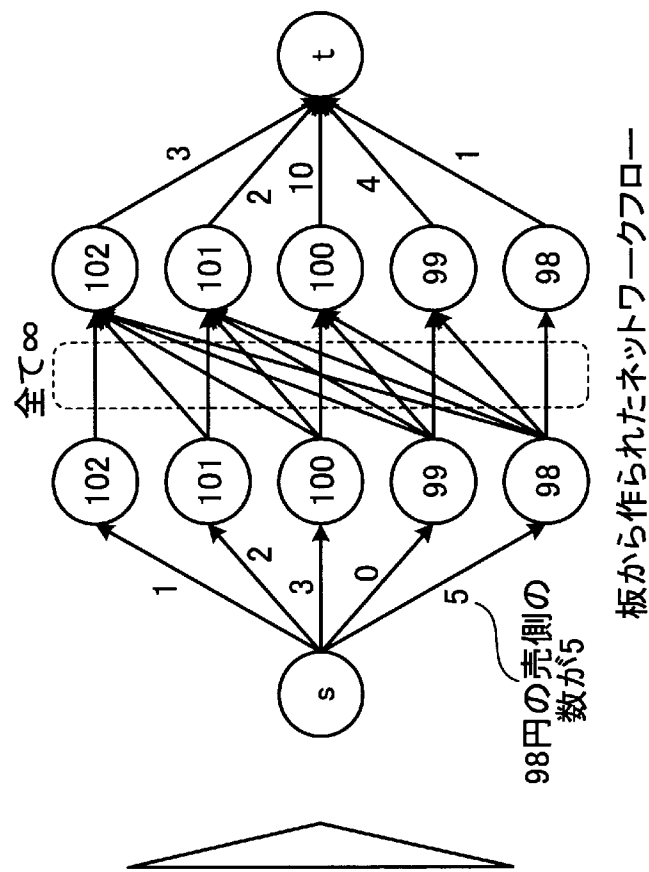
[図12]



[図13]



[図14B]

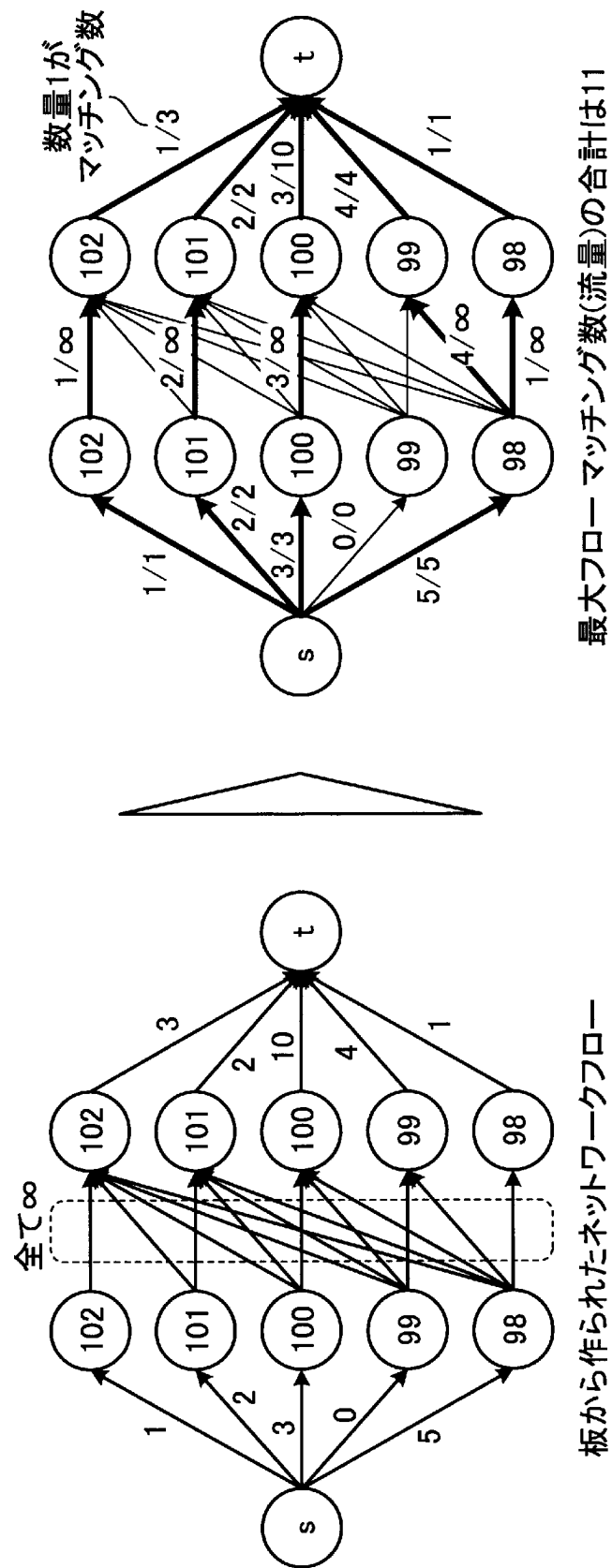


売	価格	買
1	...	
2	102	3
3	101	2
	100	10
	99	4
5	98	1
	...	

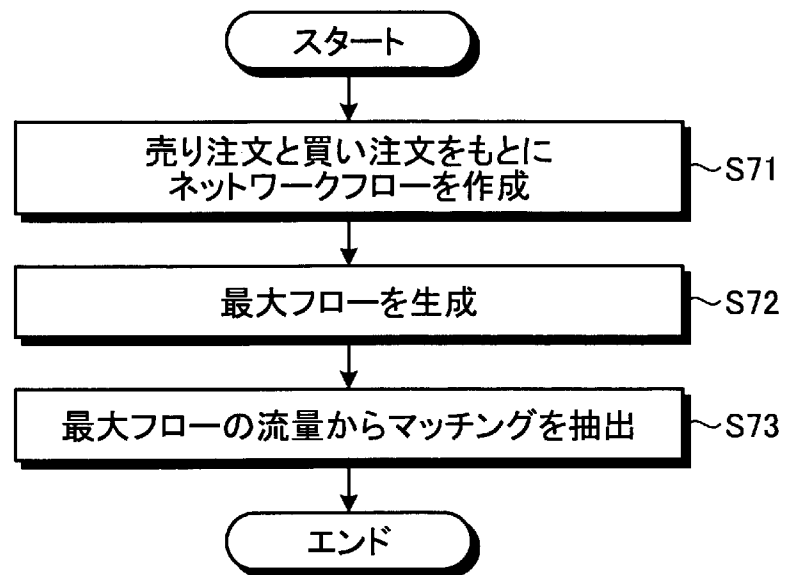
板に登録された注文

板から作られたネットワークフロー

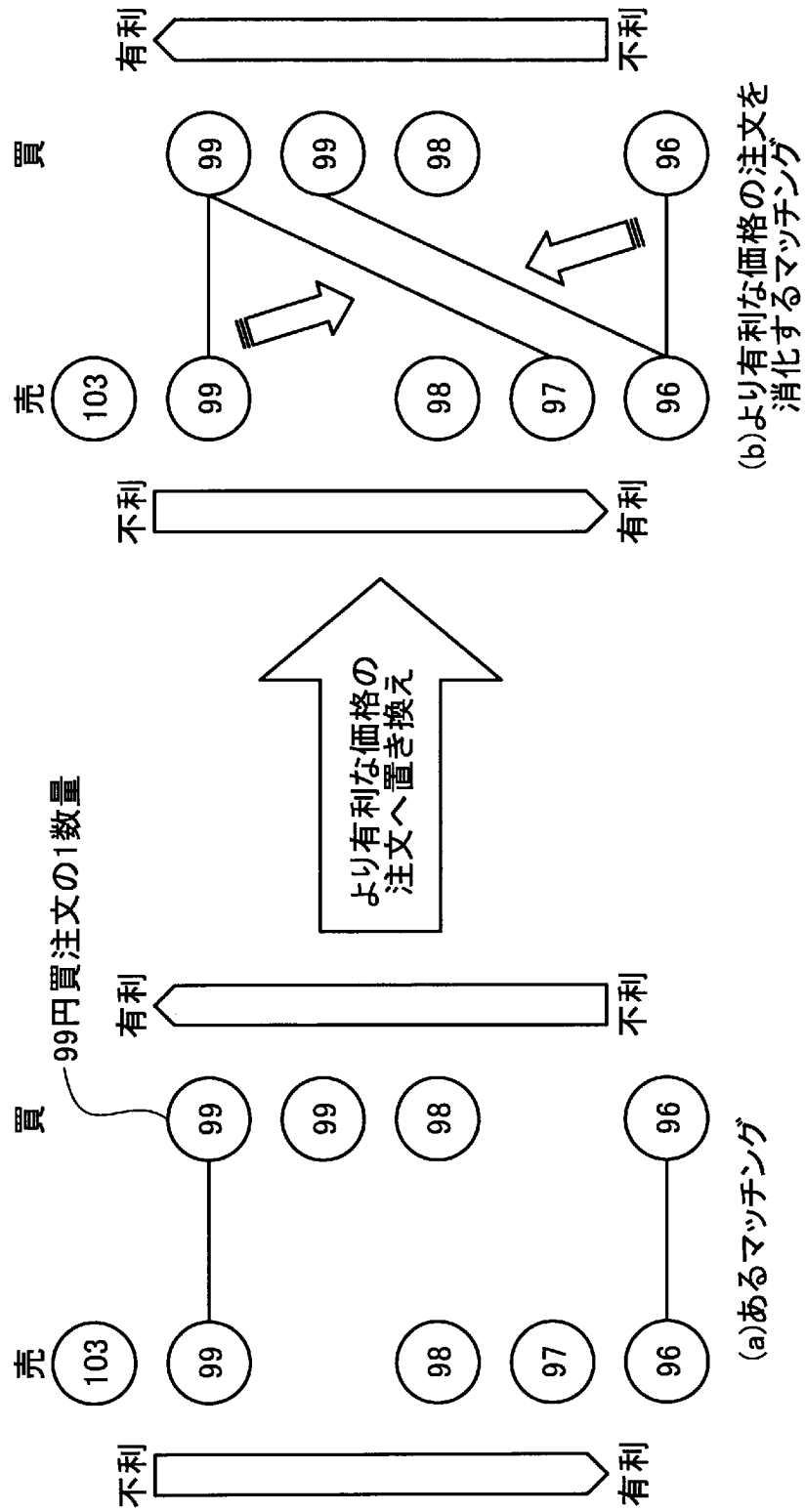
[図14C]



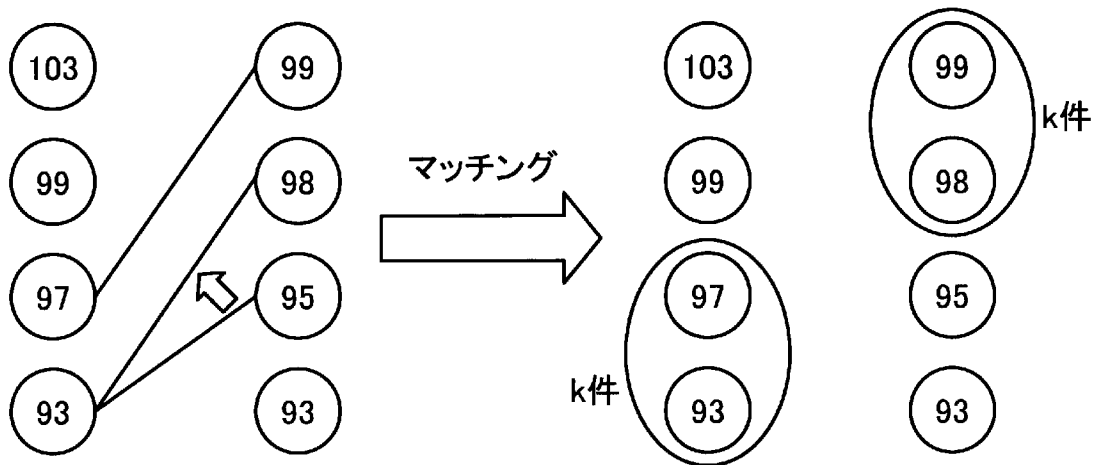
[図15]



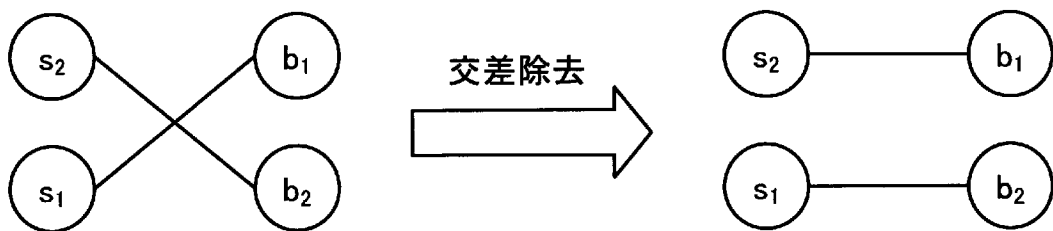
[図16]



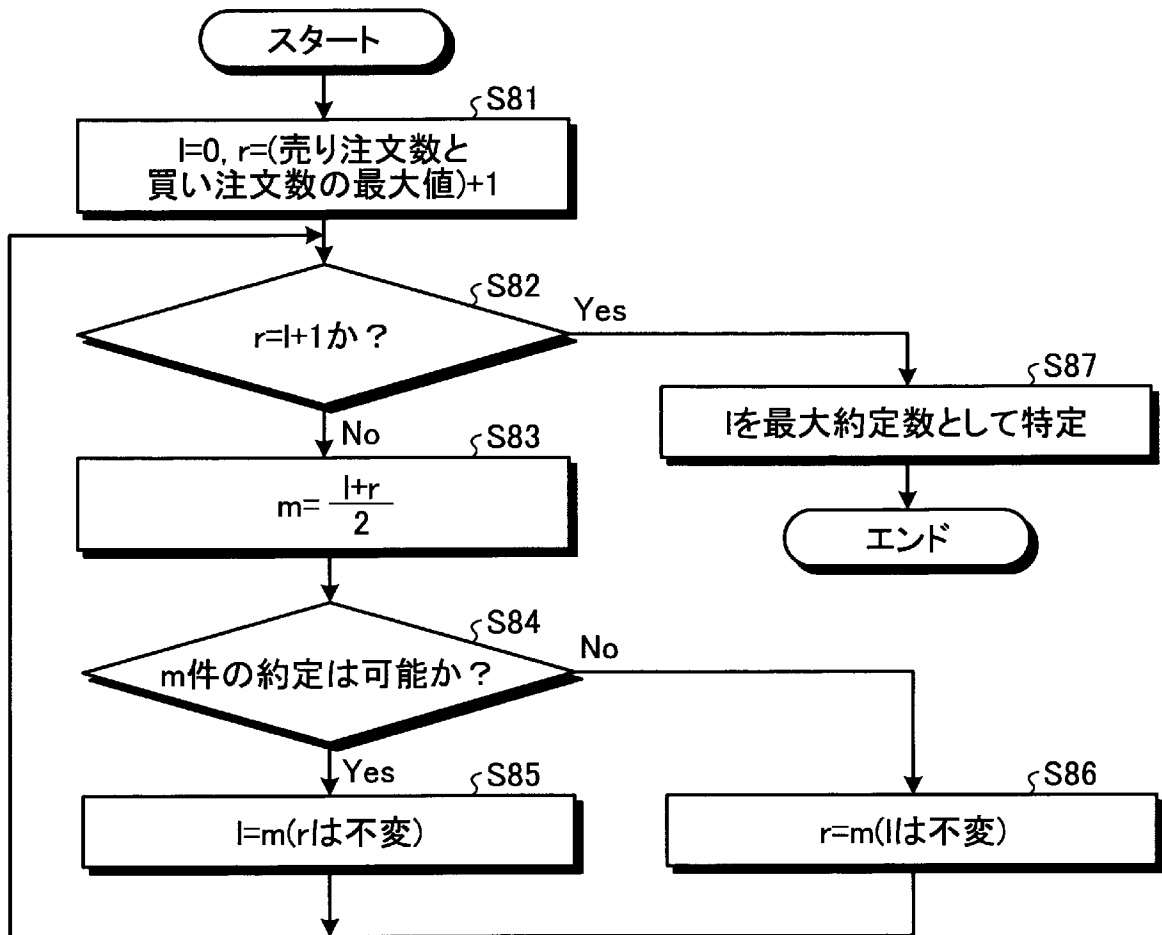
[図17]



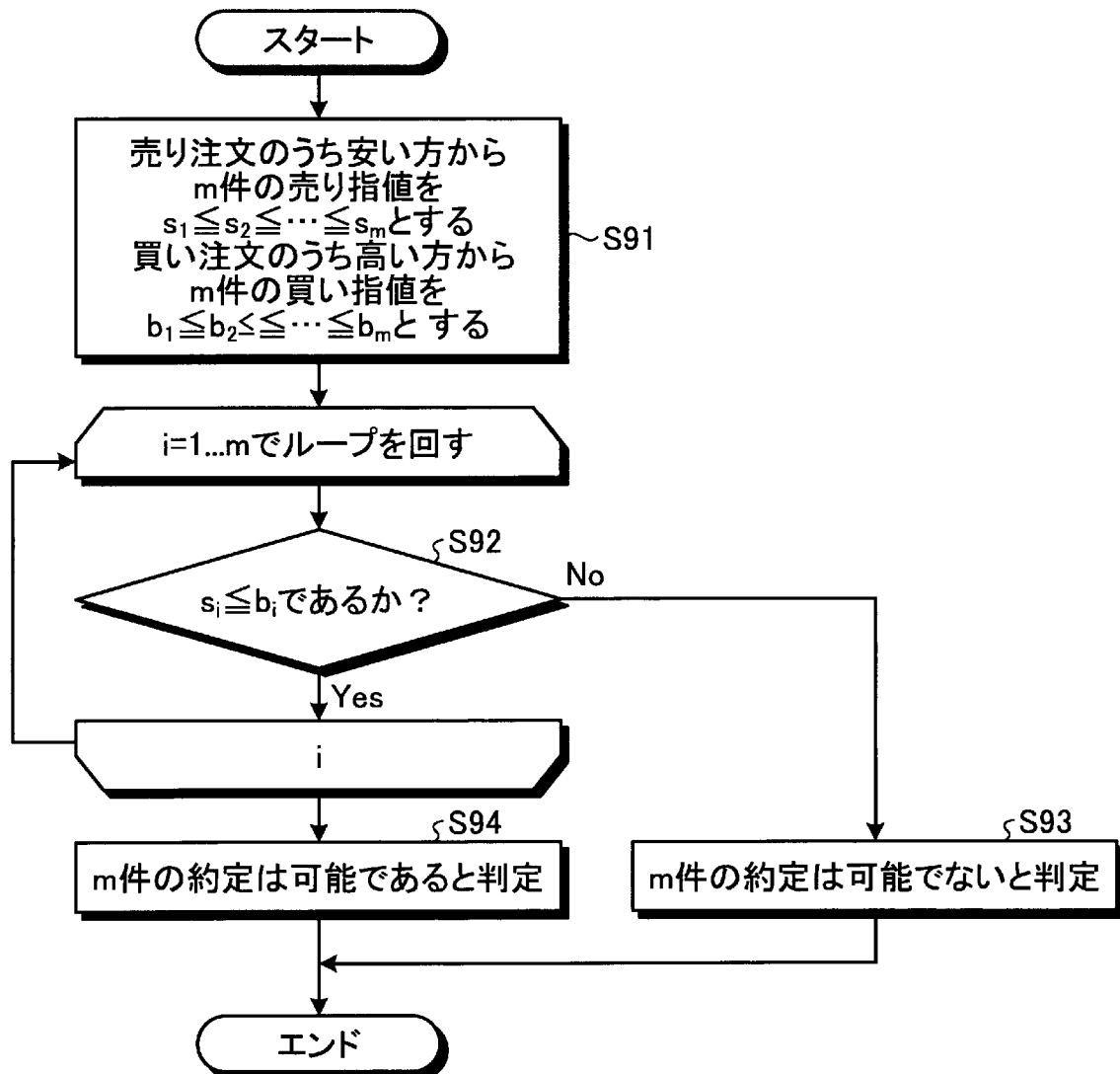
[図18]



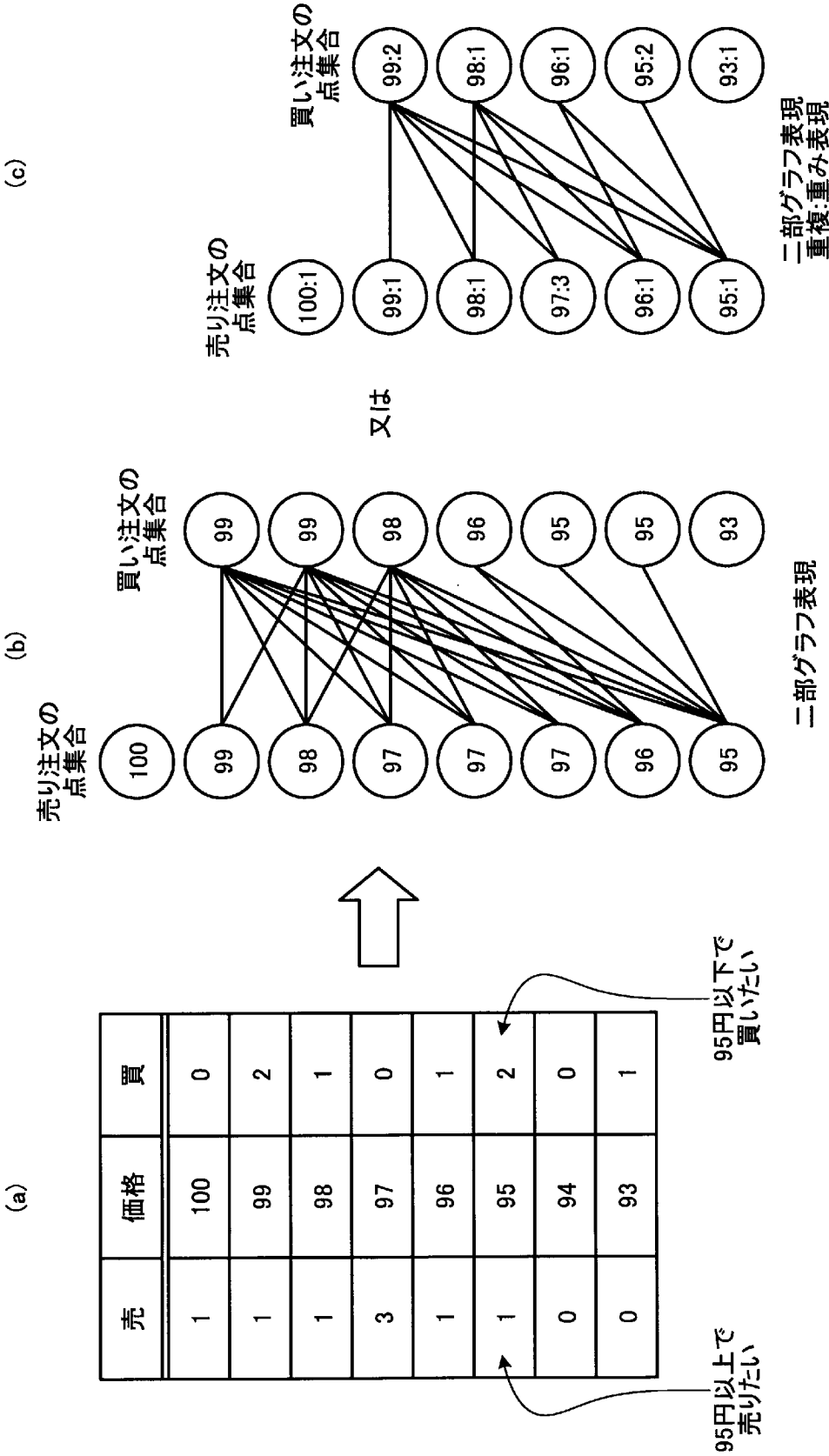
[図19A]



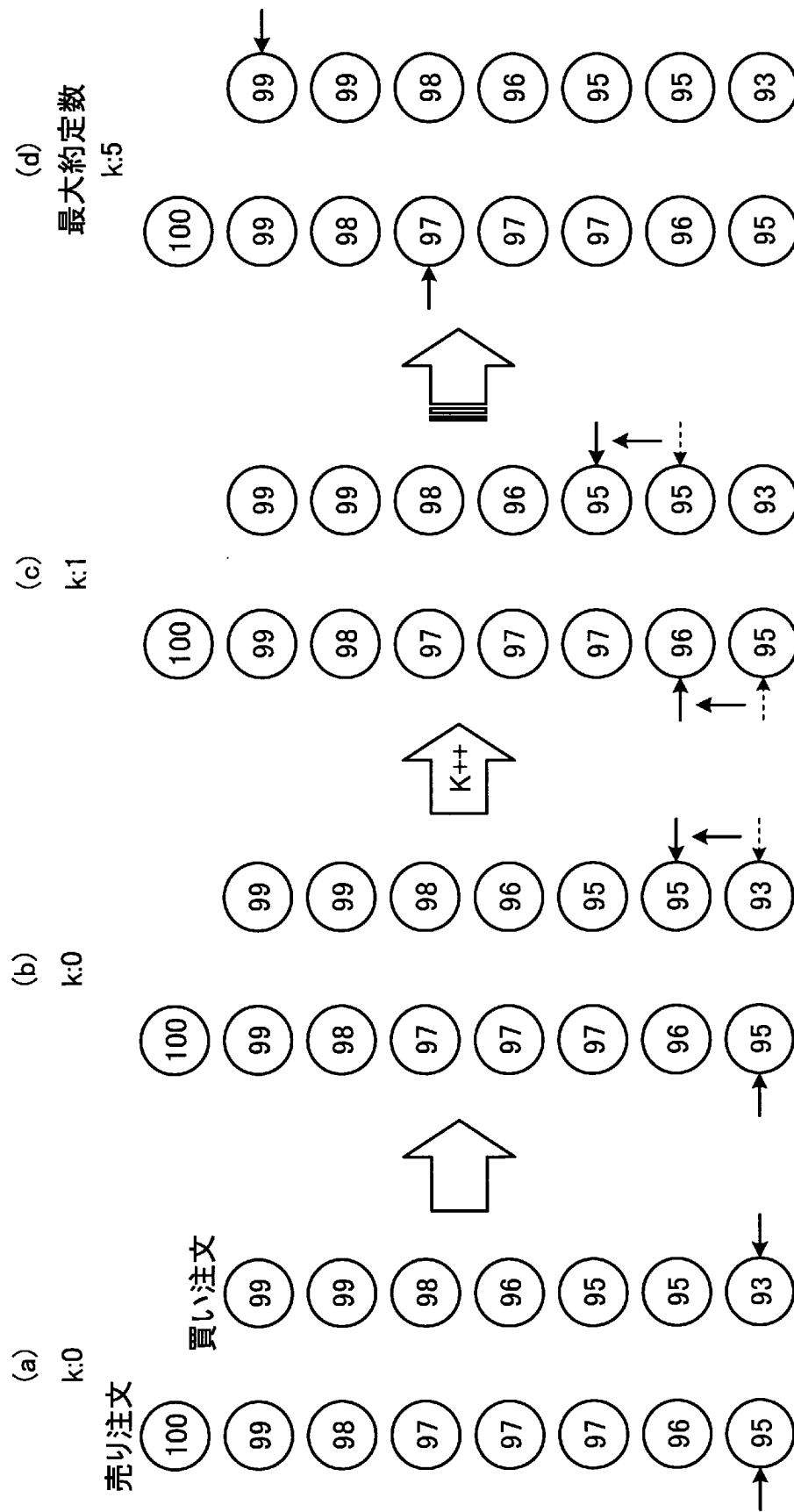
[図19B]



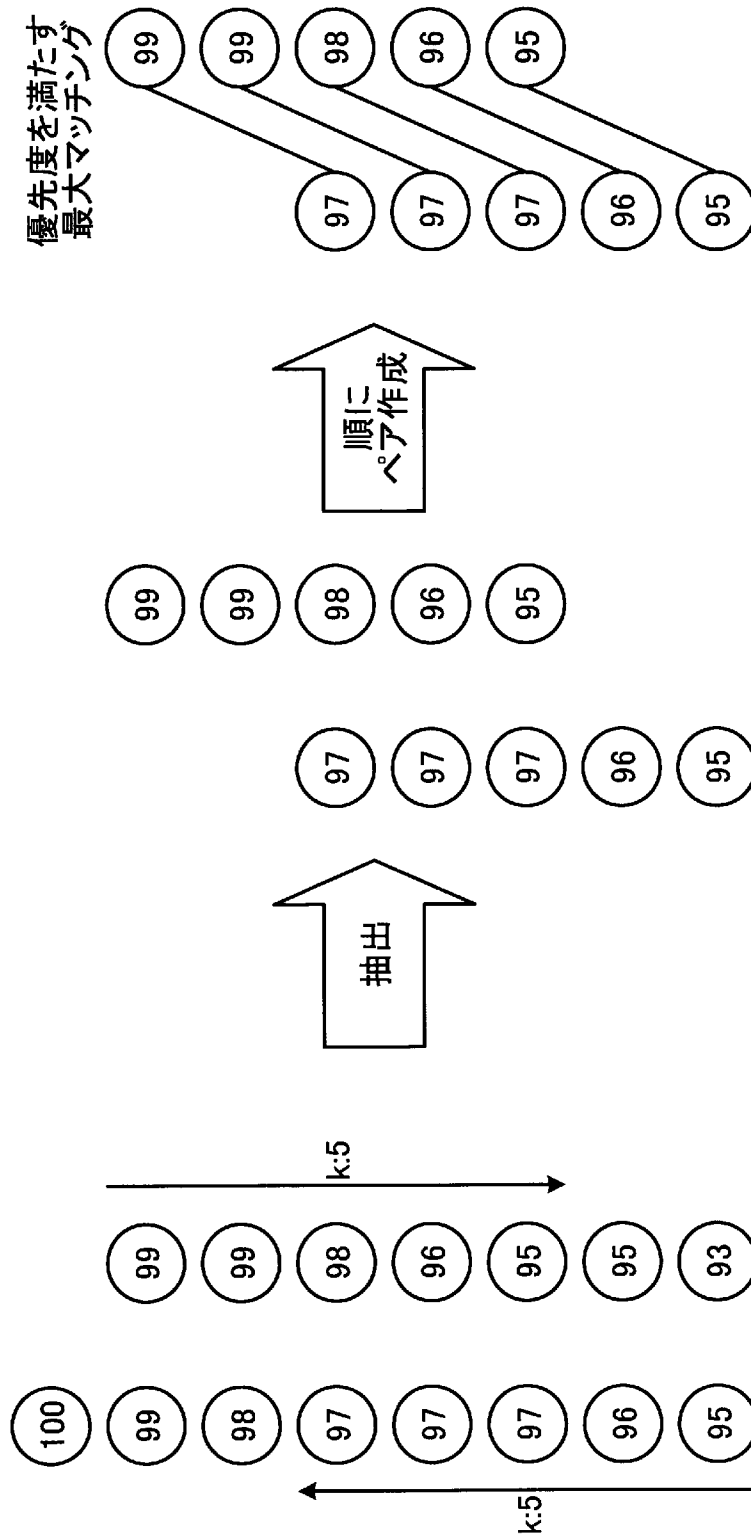
[図20]



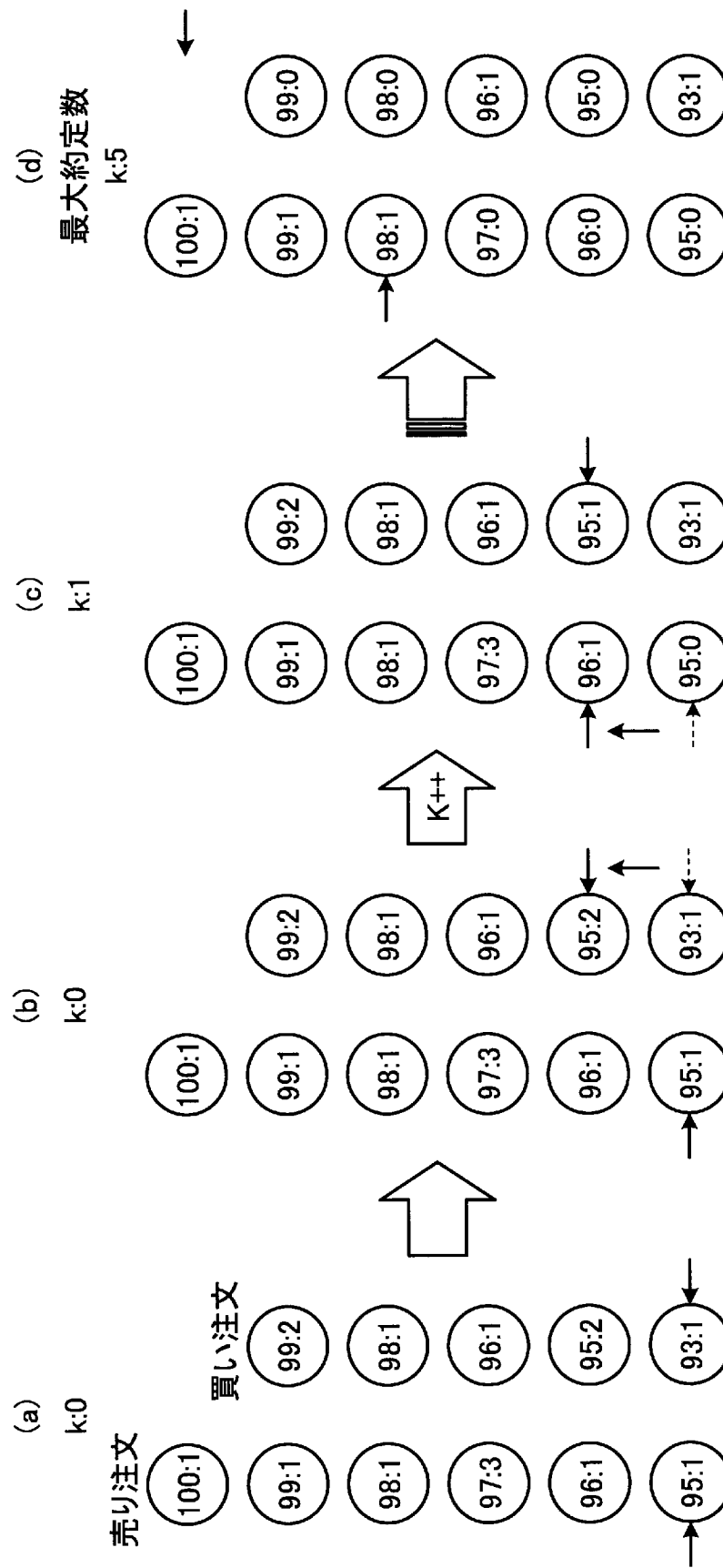
[図21]



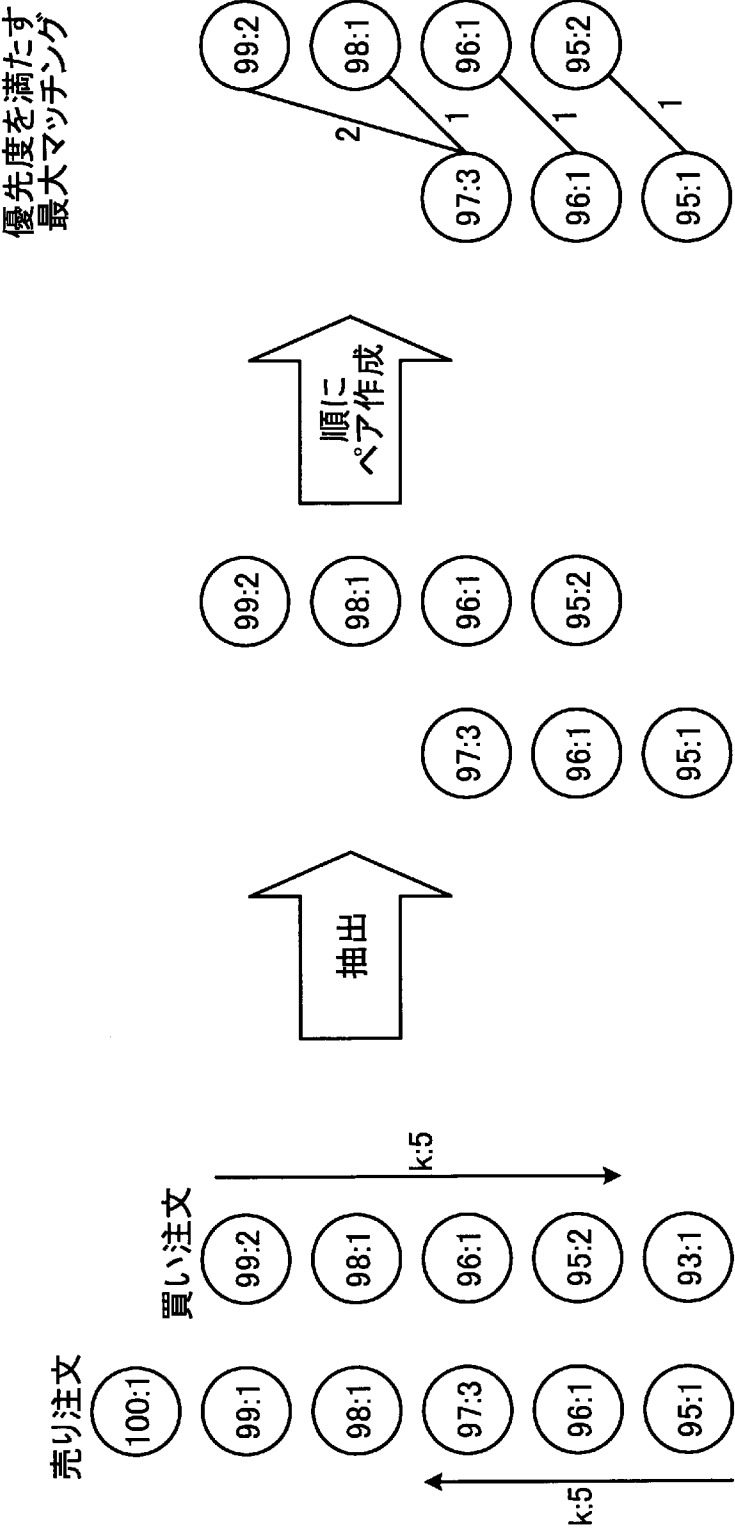
[図22]



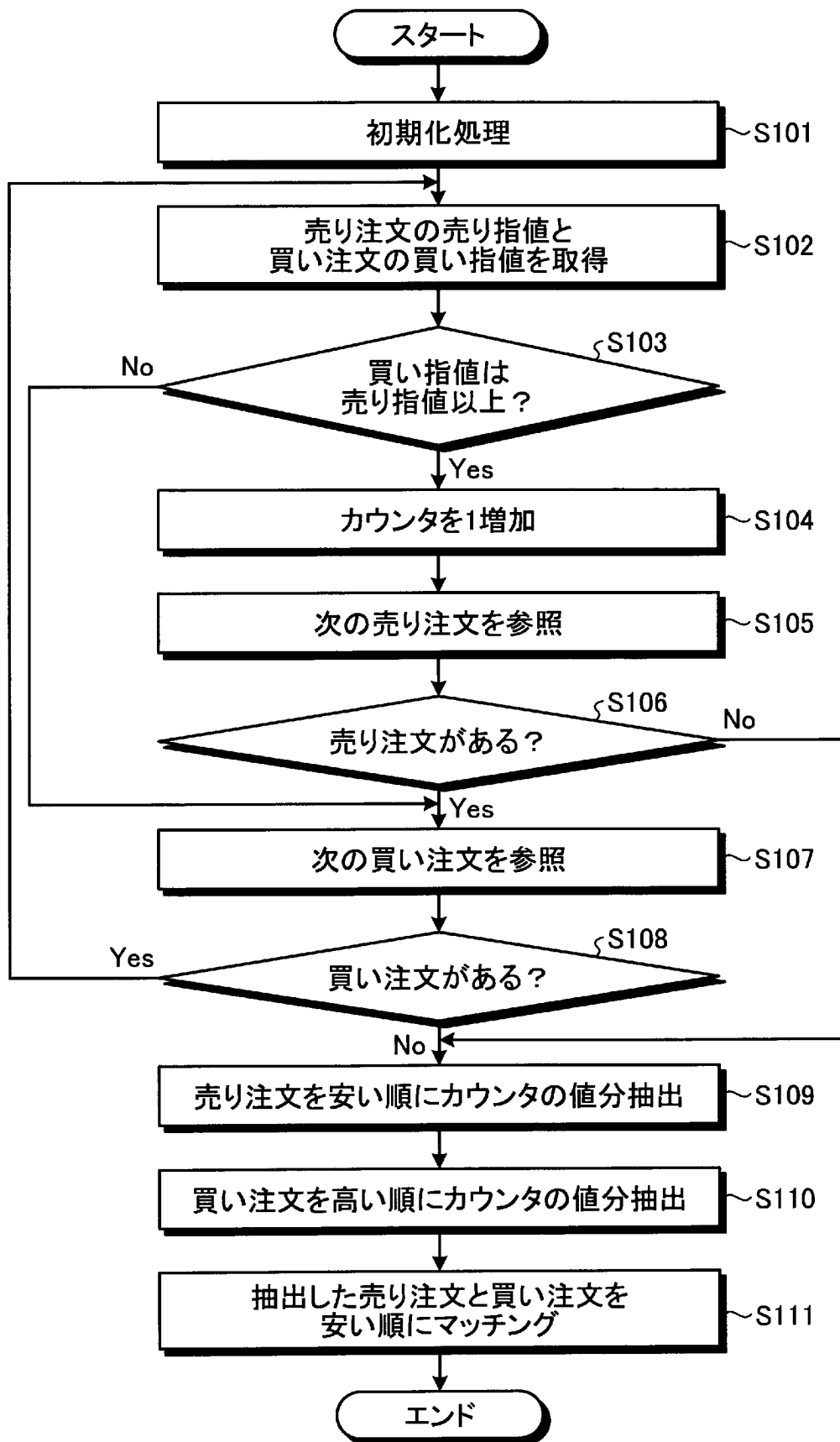
[図23]



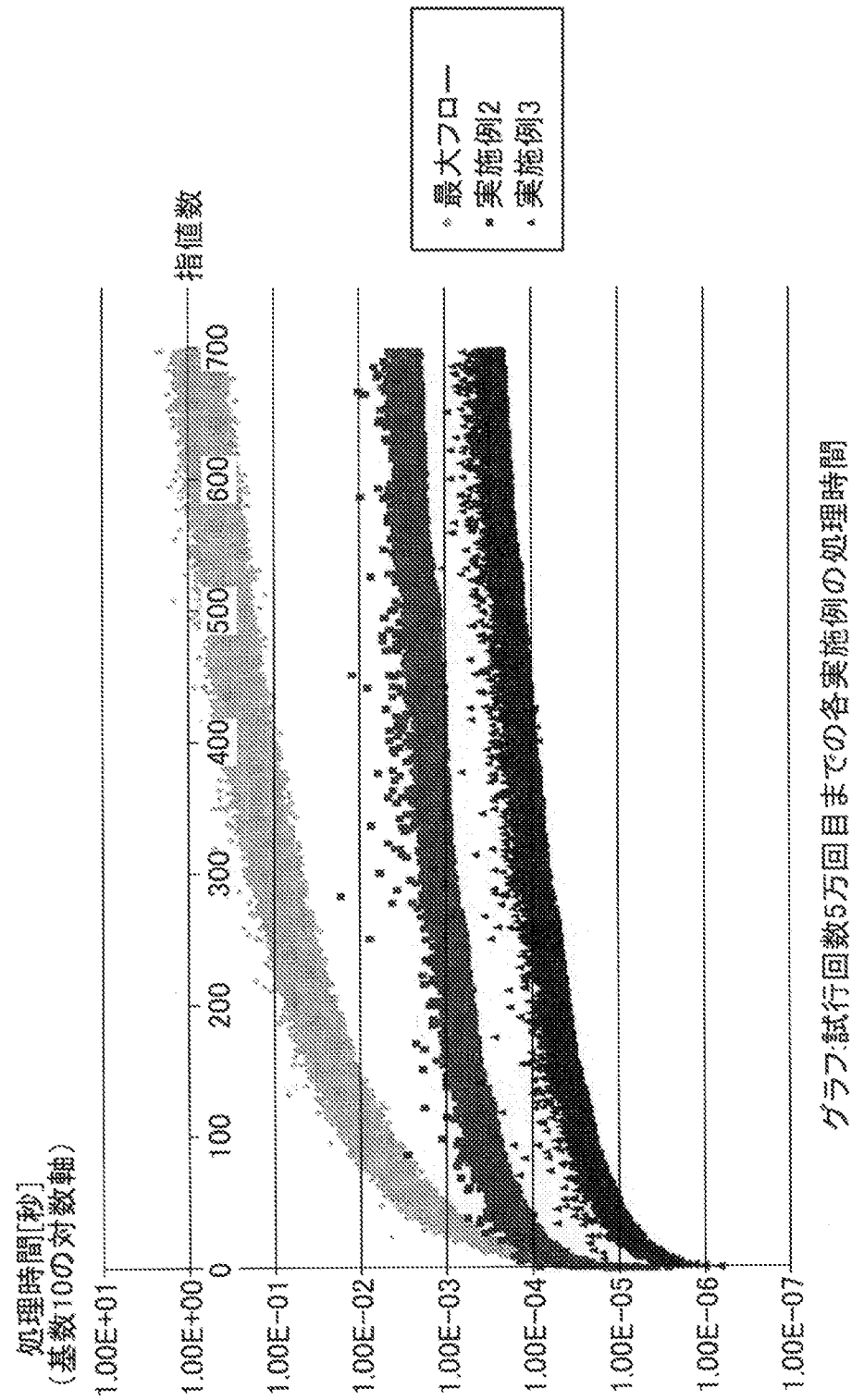
[図24]



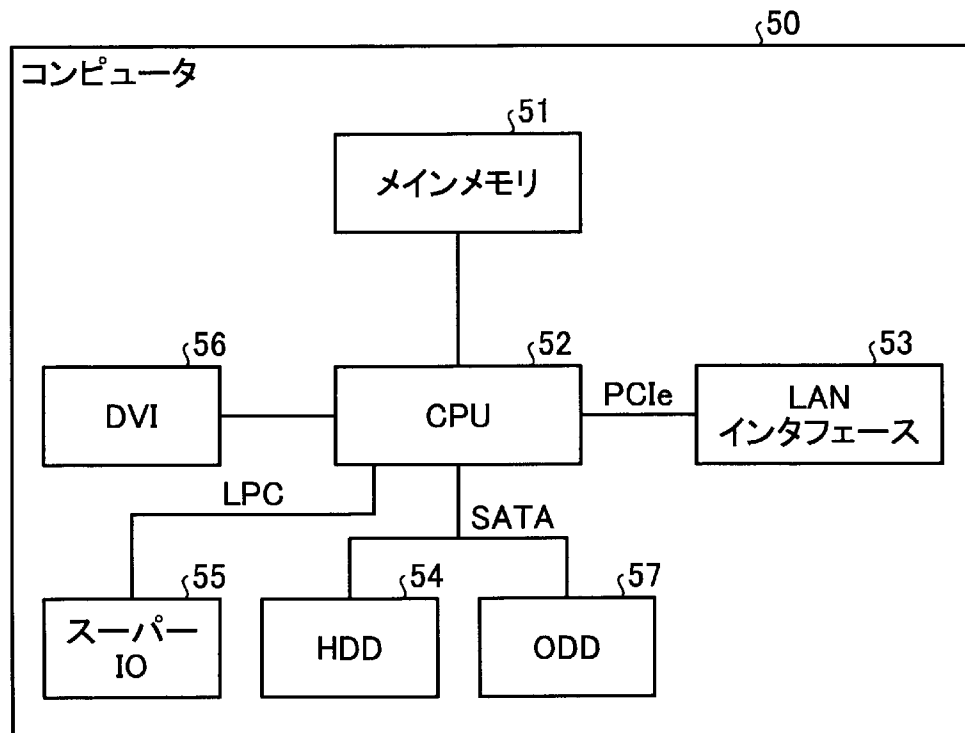
[図25]



[図26]



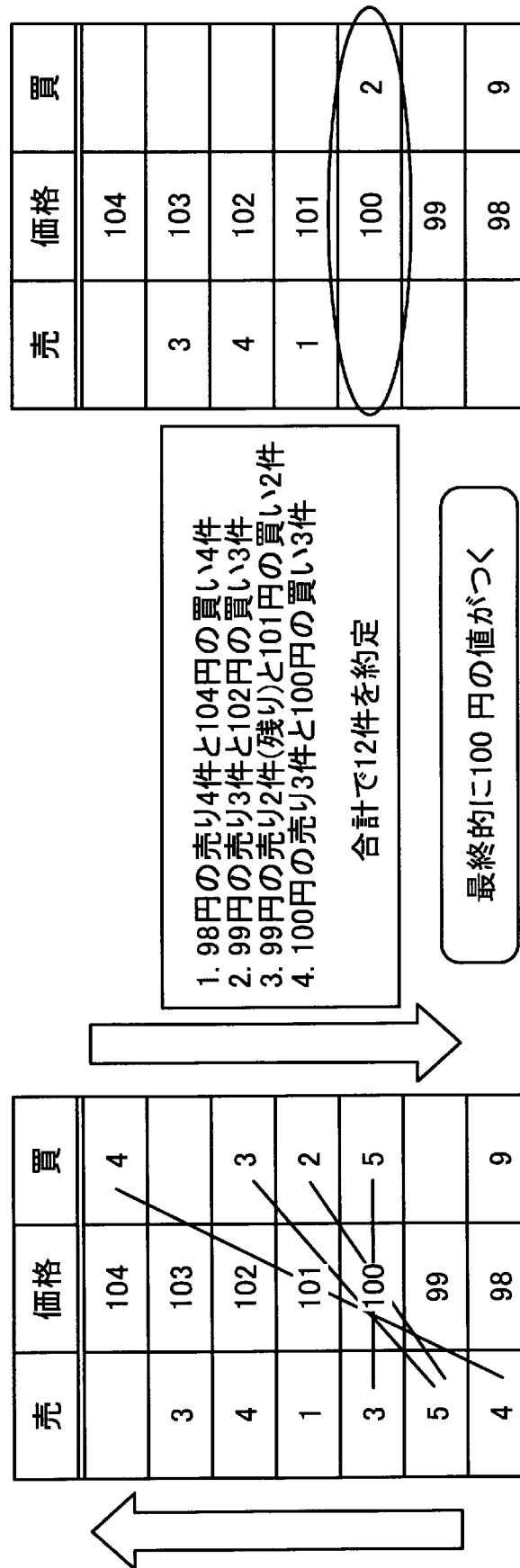
[図27]



[図28]

売	価格	買
	104	4
3	103	
4	102	3
1	101	2
	100	5
5	99	
4	98	9

[図29]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/009197

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G06Q40/04 (2012.01) 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)

Int.Cl. G06Q40/04

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 2007-206962 A (NIHON UNISYS LTD.) 16 August 2007, claims 1-5, paragraphs [0013]-[0080]	1-5, 7-10, 12, 13, 15
A	(Family: none)	6, 11, 14
Y	WO 2008/087834 A1 (MATSUI SECURITIES CO., LTD.) 24 July 2008, claims 1-9, paragraphs [0024]-[0111]	1-5, 7-10, 12, 13, 15
A	(Family: none)	6, 11, 14



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

24.05.2019

Date of mailing of the international search report

04.06.2019

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

International application No.

PCT/JP2019/009197

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2007-164783 A (MITSUBISHI ELECTRIC RESEARCH LABORATORIES INC.) 28 June 2007, claims 9-12 & US 2007/0122041 A1, claims 9-12	4 6, 11, 14
Y A	JP 2015-232795 A (HITACHI MANAGEMENT PARTNER CORP.) 24 December 2015, claims 1-5, paragraphs [0065]-[0134] (Family: none)	5 6, 11, 14
Y A	JP 2002-269349 A (ARTIS CO., LTD.) 20 September 2002, claims 1-5 (Family: none)	7-9, 12, 15 6, 11, 14
Y A	JP 2001-319064 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 16 November 2001, claims 1-9 (Family: none)	7-9, 12, 15 6, 11, 14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G06Q40/04(2012.01)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. G06Q40/04

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 A	JP 2007-206962 A（日本ユニシス株式会社）2007.08.16, [請求項1]-[請求項5], [0013]-[0080]（ファミリーなし）	1-5, 7-10, 12, 13, 15 6, 11, 14
Y A	W0 2008/087834 A1（松井証券株式会社）2008.07.24, [請求項1]-[請求項9], [0024]-[0111]（ファミリーなし）	1-5, 7-10, 12, 13, 15 6, 11, 14

☒ 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

24.05.2019

国際調査報告の発送日

04.06.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

山内 裕史

5 L

4064

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
Y A	JP 2007-164783 A (三菱・エレクトリック・リサーチ・ラボラトリーズ・インコーポレイテッド) 2007.06.28, [請求項 9]-[請求項 12] & US 2007/0122041 A1, [claim9]-[claim12]	4 6, 11, 14
Y A	JP 2015-232795 A (株式会社 日立マネジメントパートナー) 2015.12.24, [請求項 1]-[請求項 5], [0065]-[0134] (ファミリーなし)	5 6, 11, 14
Y A	JP 2002-269349 A (アーティス株式会社) 2002.09.20, [請求項 1]-[請求項 5] (ファミリーなし)	7-9, 12, 15 6, 11, 14
Y A	JP 2001-319064 A (日本電信電話株式会社) 2001.11.16, [請求項 1]-[請求項 9] (ファミリーなし)	7-9, 12, 15 6, 11, 14