(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
2005 年7 月28 日 (28.07.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/069175 A1

(51) 国際特許分類[7]: G06F 17/50

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/000528

(22) 国際出願日: 2005 年1 月18 日 (18.01.2005)

(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2004-012383 2004 年1 月20 日 (20.01.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO.,LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真１００６番地 Osaka (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 米田 圭 (YONEDA, Kei). 前 洋一郎 (MAE, Yoichiro). 吉田 久人 (YOSHIDA, Hisato).

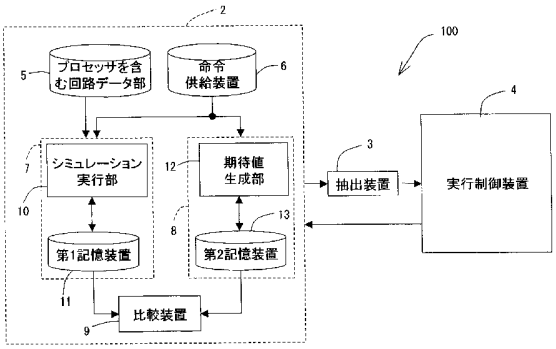
(74) 代理人: 岡田 和秀 (OKADA, Kazuhide); 〒5300022 大阪府大阪市北区浪花町１３番３８号 千代田ビル北館 Osaka (JP).

(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,

[続葉有]

(54) Title: AUTHENTICATION DEVICE AND AUTHENTICATION METHOD

(54) 発明の名称: 検証装置および検証方法



5 CIRCUIT DATA UNIT INCLUDING PROCESSOR
6 INSTRUCTION SUPPLY DEVICE
10 SIMULATION EXECUTION UNIT
11 FIRST STORAGE DEVICE
12 EXPECTATION VALUE GENERATION UNIT
13 SECOND STORAGE DEVICE
9 COMPARISON DEVICE
3 EXTRACTION DEVICE
4 EXECUTION CONTROL DEVICE

(57) **Abstract:** When performing a process in an object to be authenticated, there is a case that an execution result depends on the reference data value to be referenced and remains undefined. When the execution result is undefined and a process after that references the execution result, the execution results may have different values. As a result, the execution results cannot be compared and authentication cannot be continued. There is provided an authentication device for giving the same test pattern to an object to be authenticated and an expectation value generation device, performing simulation, and comparing the execution results. Data being simulated is extracted. According to the analysis result of the extracted data, the simulation is controlled. Alternatively, simulation after the undefined result is obtained is controlled. Thus, it is possible to prevent execution of a process which becomes an undefined result.

(57) 要約: 検証対象で処理を実行する際に参照する参照データ値に依存して実行結果が未定義になる場合がある。実行結果が未定義となった場合、以降の処理がその実行結果を参照した場合その実行結果は両者で異なる値となる。その結果、実行結果の比較ができなくなり検証が継続できない。【解決手段】検証対象と期待値生成装置に同一のテストパターンを与えてシミュレーションし互いの実行結果を比較する検証装置において、シミュレーション中のデータを抽出する。そして、抽出データの解析結

[続葉有]

WO 2005/069175 A1

NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

検証装置および検証方法

技術分野

[0001] 本発明は、計算機上での半導体集積回路の検証に関する。

背景技術

[0002] 半導体集積回路の検証方法として、ハードウェア記述言語等のモデル記述言語で記述された回路データを計算機上でシミュレーションすることで、回路データが正常動作するか否かを確認する検証方法がある。この検証方法では回路データを動作させるためにテストパターンを入力する必要がある。また、動作確認のために、実行結果の期待値を用意する必要がある。用意する期待値は、予め準備しておいたり、あるいは回路データの擬似モデルを用意したうえで、真の回路データに与えるテストパターンと同じテストパターンを擬似モデルにも与えることで得られる実行結果を期待値として用いたりする。

[0003] このような検証方法における従来技術として、テストパターンを順次実行させた時にエラーが発生した場合、エラーを発生させるテストパターンを登録することで以降のシミュレーションで同じエラーを起こすテストパターンを削除し検証の効率化を図る方法が知られている(特許文献1参照)。

特許文献1:特許公報第3054802号

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] プロセッサの検証方法といった従来の検証方法では、除算命令を実行する際にゼロ割り(除数をゼロにして除算処理すること)を行う可能性がある。そのため、特にランダムに生成したテストパターンを検証対象に与えるような検証環境では、除算命令を生成する際に除数がゼロにならないように特別な考慮をしなければならない。

[0005] 従来の検証方法においてゼロ割りを実行した場合、プロセッサの仕様によっては除算の実行結果が保証されない(無保証になる)ことがある。ここでいう無保証とは、除算命令の実行結果に正しい除算としての演算結果(商や剰余)が格納されないことで

ある。以下、本発明では、このような実行結果を未定義結果と呼ぶ。なお、期待値を出力するプロセッサの擬似モデルにおいても、ゼロ割りが実行されたときの実行結果は、真の回路データと同様、一般に未定義結果となる。

[0006] 以上のようなプロセッサで実行する命令が実行時に参照するデータによっては実行結果が未定義結果となりうる命令はゼロ割りだけではない。なお、近年のプロセッサの演算器では入力データ値に制限を設けこの制限を違反した場合には演算の実行結果を保証しないことにより演算器の低電力化、低面積化を図っている場合もある。このような場合でも、検証方法において実行結果が未定義となる可能性は決して低くない。

[0007] プロセッサの回路データと擬似モデルにおいて、命令の実行結果が未定義(例えばゼロ割り)になった場合、期待値比較は不一致となって擬似エラーが発生する。さらに以降の命令でこの未定義結果を格納した記憶装置を参照する命令が実行された場合、当然その命令の実行結果が異なる。したがって、未定義結果が以降のシミュレーションに伝播し検証が継続できなくなる。特に、命令をランダムに生成するような検証環境では、未定義結果が発生した時点で検証が停止し、その結果として、多量のテストパターンを連続で与えるような長大なシミュレーションを行うことが難しくなり高品質な検証が行えない。

[0008] このように、検証方法では未定義結果の対応が課題となる。なお、未定義結果は、プロセッサに命令を供給する時点では予測は困難である。ゼロ割りを例にすれば、除算命令は、除数として使用するレジスタ番号をオペランド(演算対象項目)に指定するだけの命令形態であって除数の値そのものを即値で指定する命令形態にはなっていない場合がある。そのような場合、ゼロ割りは除算命令実行時のレジスタ値に依存して発生し、除算命令供給時のレジスタ値そのものに依存して発生するものとはならない。

[0009] このことから明らかなように、未定義結果はプロセッサに命令を供給する時点で予測することが困難なパラメータであり、除算命令を供給する時点において除数がゼロではないと保証することは困難である。

[0010] なお、上述した特許文献1ではエラーが発生するテストパターンを予め登録してい

る。しかしながら、上述した理由により、引用文献1であっても未定義結果(ゼロ割り)が発生するテストパターンを予測してその未定義結果発生パターンを予め登録しておくことは難しく、上記課題は解決できない。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を解決するために、本発明では、供給される命令と、その命令が参照する参照データと、参照データのデータ制約条件とを用いて未定義結果の発生を予測する。そして、未定義結果が発生する際にはシミュレーション動作を停止させる。

[0012] なお一度停止したシミュレーション動作は実行する命令の実行結果が未定義結果とならないことが予測されるまでその動作を停止のままとする。これによりシミュレーション動作の停止／停止解除にともなう制御が極力少なくなり、この制御に伴うシミュレーション全体の速度低下が抑制される。

[0013] 本発明の他の構成では、期待値生成動作に命令を与え、その実行結果(期待値)が未定義結果となった場合、期待値生成動作を命令実行前の状態に戻し、検証対象のシミュレーション動作の命令実行を中止させる。

[0014] 本発明のさらに他の構成では、供給される命令と、その命令が参照する参照データと、参照データのデータ制約条件とを用いて未定義結果の発生を予測し、未定義結果が発生する際には命令を置換させる。

[0015] 本発明のさらに他の構成では、供給される命令と、その命令が参照する参照データと、参照データのデータ制約条件とを用いて未定義結果の発生を予測する。そして、未定義結果が発生すると予測される際には、命令のオペランドにおいて指定する参照データが格納されている記憶装置を、参照データのデータ制約条件を満足するデータが格納されている他の記憶装置に置換させる。

[0016] 本発明のさらに他の構成では、供給される命令と、その命令が参照する参照データと、その参照データのデータ制約条件を登録したデータ制約情報とを用いて、未定義結果の発生を予測する。そして、未定義結果が発生する際には参照データを格納した記憶装置に対しデータ制約条件を満足する値に更新する命令を先に実行させる制御を行う。

[0017] 本発明のさらに他の構成では、供給される命令と、その命令が参照する参照データ

と、その参照データのデータ制約条件を登録したデータ制約情報とを用いて、未定義結果の発生を予測する。そして、未定義結果が発生する際には参照データを格納した記憶装置を参照データが有するデータ制約条件を満足する値に更新する。

[0018] 本発明のさらに他の構成では、供給される命令と、その命令が参照する参照データと、その参照データのデータ制約条件とを用いて未定義結果の発生を把握する。そして、未定義結果が発生する際には実行結果を格納した記憶装置を適当な値に更新する。

[0019] なお、実行結果の更新については、シミュレーション結果と同一の値に期待値を更新しても良いし、期待値と同一の値にシミュレーション結果を更新しても良い。そのため、実行結果を更新する機能は検証対象のシミュレーション装置に設けてもよいし、期待値生成装置に設けてもよい。

[0020] 本発明のさらに他の構成では、供給される命令と、その命令が参照する参照データと、その参照データのデータ制約条件を登録したデータ制約情報とを用いて未定義結果の発生を把握する。そして、命令生成制約に基づいて命令を生成する命令生成装置に対して、未定義結果を格納した記憶装置を更新する命令を強制発行させる。

[0021] なお、命令の強制発行については、未定義結果を格納した記憶装置を更新する命令を強制発行させる命令発行制約を作成し、命令生成装置に追加の命令発行制約として与える。

[0022] なお、命令の強制発行については、命令生成装置に対し、未定義結果を格納した記憶装置を更新する命令を強制発行させる制約を新規に作成するように制御する。

[0023] なお、命令の強制発行については、未定義結果を参照する命令が実行されるまでに発行すればよく未定義結果が発生した直後でなくても良い。よって未定義結果を格納した記憶装置を更新する命令の発行タイミングにはある程度自由度を持たせることができる。これにより、命令の強制発行による命令の実行順序のランダム性が薄れるのをある程度防ぐことが可能である。

[0024] 本発明のさらに他の構成では、参照データにデータ制約条件を有する命令の参照データ値を用いて、データ制約条件を有する命令が参照可能な参照データ候補を

決定し、それを命令発行制約とする。そして、そのようにして作成する命令発行制約に基づいた命令を命令生成装置に生成させる。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、

・未定義結果の発生を抑制する、

・未定義結果が発生した以降のシミュレーションを制御することで未定義結果が発生したことによる影響を排除する、

といった作用を発揮することで、擬似エラーによる検証の中断を防ぐことができて高効率な検証が可能となる。

[0026] これにより、本発明では、プロセッサの検証のように、命令の実行時に参照する参照データの値がデータ制約条件を満足していないために実行結果が未定義となって期待値比較を行う際に擬似エラーが発生する、といった不具合を防止することができる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]図1は本発明が実施される検証装置の構成を示すブロック図である。

[図2]図2は本発明の検証装置の従来構成による検証方法を示すフローチャートである。

[図3]図3は本発明の第1の実施の形態における検証装置の構成を示すブロック図である。

[図4]図4はデータ制約条件の例を示す図である。

[図5]図5は第1の実施の形態の検証装置による検証方法を全体を示すフローチャートである。

[図6]図6は第1の実施の形態の検証装置による検証方法の要部を示すフローチャートである。

[図7]図7は本発明の第2の実施の形態における検証装置の構成を示すブロック図である。

[図8]図8は第2の実施の形態の検証装置による検証方法の全体を示すフローチャートである。

[図9]図9は第2の実施の形態の検証装置による検証方法の要部を示すフローチャートである。

[図10]図10は本発明の第3の実施の形態における検証装置の構成を示すブロック図である。

[図11]図11は第3の実施の形態の検証装置による検証方法の要部を示すブロック図である。

[図12]図12は本発明の第4の実施の形態における検証装置の構成を示すブロック図である。

[図13]図13は第4の実施の形態の検証装置による検証方法の要部を示すフローチャートである。

[図14]図14は第4の実施の形態の検証装置による検証方法のさらに要部を示すフローチャートである。

[図15]図15は本発明の第5の実施の形態における検証装置の構成を示すブロック図である。

[図16]図16は第5の実施の形態の検証装置による検証方法の要部を示すフローチャートである。

[図17]図17は第5の実施の形態の検証装置による検証方法のさらに要部を示すフローチャートである。

[図18]図18は本発明の第6の実施の形態における検証装置の構成を示すブロック図である。

[図19]図19は第6の実施の形態の検証装置による検証方法の要部を示すフローチャートである。

[図20]図20は本発明の第7の実施の形態における検証装置の構成を示すブロック図である。

[図21]図21は第7の実施の形態の検証装置による検証方法の全体を示すフローチャートである。

[図22]図22は第7の実施の形態の検証装置による検証方法の要部を示すフローチャートである。

[図23]図23は本発明の第8の実施の形態における検証装置の構成を示すブロック図である。

[図24]図24は第8の実施の形態の検証装置による検証方法の要部を示すフローチャートである。

[図25]図25は第8の実施の変形例の構成を示すブロック図である。

[図26]図26は本発明の第9の実施の形態における検証装置の構成を示すブロック図である。

[図27]図27は第9の実施の形態の検証装置による検証方法の全体を示すフローチャートである。

[図28]図28は第9の実施の形態の検証装置による検証方法の要部を示すフローチャートである。

[図29]図29は第9の実施の形態の変形例の構成を示すブロック図である。

符号の説明

[0028] 1A,1B,1C,1D,1E,1F,1G,1H,1J 検証装置

2A,2B,2H,2H',2J,2J' 検証装置本体

3A,3B,3J 抽出装置

4A,4B,4C,4D,4E,1F,1G,1H,1J 実行制御装置

5 回路データ部

6 命令供給装置

7,7B シミュレーション装置

8,8B 期待値生成装置

9 比較装置

10 シミュレーション実行部

11 第1記憶装置

12 期待値生成部

13 第2記憶装置

20 データ制約情報格納部

21 命令解析装置

22 参照データ解析装置

23A,23B,23C,23D,23E,23F 制御装置

23G,23H,23H',23J,23J' 制御装置

30 前状態戻り装置

31 実行待機装置

32 未定義結果判定装置

40 参照データの候補探索装置

41 参照データの候補解析装置

42 参照データ置換装置

43 命令生成装置

44 命令配置装置

50H,50H',50J,50J' 命令生成制約作成装置

51 命令発行制約作成装置

52 命令生成装置

60 参照データ候補決定装置

発明を実施するための最良の形態

[0029] 本発明の実施の形態を説明する前に上記課題を有する検証装置100の構成とその検証方法を説明する。

[0030] 検証装置100の構成を図1に示す。図1において検証装置100は、検証装置本体2と、検証装置本体2の内部のデータ情報を抽出する抽出装置3と、抽出装置3からのデータ情報を受けて未定義結果の影響を抑えるようにシミュレーションの制御を行う実行制御装置4とを備える。

[0031] 検証装置本体2は、プロセッサを含む回路データ部5と、回路データ部5に含まれるプロセッサによって実行可能な命令を出力する命令供給装置6と、命令供給装置6から供給される命令を回路データ部5のプロセッサでシミュレーションするシミュレーション装置7と、同命令を用いて期待値を生成する期待値生成装置8と、シミュレーション結果と期待値とを比較する比較装置9とを備える。

[0032] シミュレーション装置7は、シミュレーションを行うシミュレーション実行部10と、シミュ

レーション結果と命令実行時に参照する参照データとを格納する第1記憶装置11とから構成される。期待値生成装置8は、命令供給装置6から供給される命令を実行して期待値を生成する期待値生成部12と、期待値生成部12が命令実行時に参照する参照データを格納するとともに、期待値生成部12が生成する期待値を格納する第2記憶装置13とを備える。

[0033] 検証装置本体2を用いた検証方法を、図2を参照して説明する。図2は、検証装置100を用いた検証方法を示すフローチャートである。この検証方法は、命令供給プロセス(S201)と、シミュレーションプロセス(S202,S203)と、期待値生成プロセス(S204,S205)と、比較プロセス(S206)とを含む。命令供給プロセスS201は、命令供給装置6がシミュレーション装置7と期待値生成装置8とに命令を供給するプロセスである。シミュレーションプロセス(S202,S203)は、供給された命令を用いてシミュレーション装置7がシミュレーションを実行したうえでそのシミュレーション結果を第1記憶装置11に格納するプロセスである。期待値生成プロセス(S204,S205)は、供給される命令を用いて期待値生成装置8が期待値を求めたうえで求めた期待値を第2記憶装置13に格納するプロセスである。比較プロセスS206は、比較装置9が、第1記憶装置11に格納されているシミュレーション結果と第2記憶装置13に格納されている期待値とを読み出したうえで、読み出したシミュレーション結果と期待値とを比較するプロセスである。

[0034] シミュレーションプロセスと期待値生成プロセスとは次の点の異なる。シミュレーションプロセスとは、ハードウェア記述言語等のモデル記述言語で記述された回路データ部5をシミュレーション装置7でシミュレーションすることで、シミュレーション結果を生成するプロセスである。期待値生成プロセスとは、回路データ部5の擬似モデルを用意したうえで、回路データ部5に与えるテストパターンと同じテストパターンを擬似モデルで実行することで、その実行結果(期待値)を生成するプロセスである。

[0035] 比較プロセスS206において比較装置9は、比較結果が一致しない場合、シミュレーションを停止させて、ユーザに結果の不一致を通知する。反対に、比較結果が一致する場合は、新たな命令をシミュレーション装置7と期待値生成装置8とに供給させる指令を命令供給装置6に出力する。ここで命令供給プロセスS201において命令供

給装置6がシミュレーション装置7と期待値生成装置8とに供給する命令は、作業者自身が作成して命令供給装置6に入力した命令データでもよいし、命令供給装置6内においてランダムに生成された命令データであってもいい。

[0036] 以上の検証方法では、シミュレーション結果と期待値との比較で不一致が起こらない限りシミュレーションは継続される。しかし、先に説明した命令の実行結果が未定義結果となった場合、比較プロセスにおいて比較結果が不一致になる。そうすると、比較プロセスにおいて擬似エラーと判断されてシミュレーション操作が停止する。さらに以降のシミュレーションでこの未定義結果を参照する命令が実行された場合、参照データが異なっているのでお互いの実行結果も当然異なったものとなり、その結果、比較プロセスでの比較結果は不一致と判定される。そのため、未定義結果が発生した以降、シミュレーションは継続されなくなる。

[0037] このように、図2に示す検証方法では、真のエラーによるシミュレーション停止以外にも未定義結果による擬似エラーが発生し、その場合であってもシミュレーションが停止してしまう。特に命令供給プロセスで命令をランダムに生成するような検証方法では、未定義結果が頻繁に発生することによりシミュレーションの連続実行が妨げられる恐れがある。

[0038] （第1の実施の形態）

本発明の第1の実施の形態の検証装置1Aの構成を図3に示す。検証装置1Aの構成は、基本的に上述した検証装置100と同様であり、同一ないし同様の部分には同一の符号を付し、それらについての説明は省略する。ただし、同様の動作を行うものの若干異なる動作を行う部分には、その符号の末尾にAを付して検証装置100と区別する。

[0039] 以下、検証装置1Aにおいて特徴となる構成について説明する。本実施形態の検証装置1Aは、検証装置本体2Aと抽出装置3Aと実行制御装置4Aとを備える。検証装置本体2Aは、基本的には、検証装置100における検証装置2と同様の構成を備える。第2記憶装置13は、期待値生成部12が命令実行時に参照する参照データと、期待値生成部12が命令を実行した結果である期待値とを格納する。一般的なプロセッサにおいては、第2記憶装置13は汎用レジスタから構成される。

[0040] 抽出装置3Aは、第2記憶装置13に格納される参照データと、命令供給装置6が出力する命令とを抽出して、実行制御装置4Aに供給する。

[0041] 実行制御装置4Aは、データ制約情報格納部20と、命令解析装置21と、参照データ解析装置22と、制御装置23Aとを備える。データ制約情報格納部20は命令の制約条件が登録される。命令の制約条件とは、シミュレーション実行部10と期待値生成部12とによって命令が実行される際に参照される参照データの制約条件である。命令解析装置21は、データ制約情報格納部20に格納されている制約情報に基づいて、命令(抽出装置3Aが抽出する)の詳細を解析する。参照データ解析装置22は、データ制約情報格納部20に格納されているデータ制約情報と命令解析装置21による命令の解析結果とに基づいて、参照データ(抽出装置3Aが抽出する)の詳細を解析する。制御装置23Aは、参照データ解析装置22による解析結果に基づいてシミュレーション装置7と期待値生成装置8とを制御する。

[0042] データ制約情報格納部20に格納されるデータ制約情報を図4に示す。データ制約情報格納部20が格納するデータ制約情報は、命令とその制約条件とを含む。ここでいう命令とは、回路データ部5に含まれるプロセッサによって実行される命令であり、かつ命令実行時に参照する参照データに制約条件のある命令である。データ制約情報格納部20は、このような制約条件を有する命令と、その制約条件とが選択的に格納される。図4では、各命令はオペコードにより分類される。

[0043] DIV命令(除算命令)の場合、オペランドの第1要素に被除数を、第2要素に除数を格納した汎用レジスタのレジスタ番号を指定しており、その参照データの制約条件が図4に示される。この場合、第2要素である除数はゼロ以外の値であることが制約条件として登録される。他の命令(MUL,ADDX2,SUBX2,MULX2,…)についても命令のオペランドで指定する参照データの制約条件が登録される。

[0044] 以下、検証装置1Aを用いた検証方法を図5,図6のフローチャートを参照して説明する。まず、命令供給装置6がシミュレーション実行部10と期待値生成部12とに命令を供給する(S501)。このとき、命令供給装置6は供給する命令を抽出装置3Aにも出力する。抽出装置3Aは、供給される命令中に含まれる中間データを抽出する(S502)。検証装置1Aにおいて中間データは、具体的には命令そのものと、その命令が

実行する際に参照する参照データとを含む。

[0045] 抽出装置3Aは抽出した中間データを実行制御装置4Aに出力する。実行制御装置4Aは入力される中間データを用いて次の処理を行う。まず、命令解析装置21が中間データの解析を行う。解析結果に基づいて制御装置23Aは、検証装置本体2Aの制御(動作続行／動作一時停止の切換制御)を行う(S503)。

[0046] ステップS503の制御結果が命令の実行動作の一時停止を示す場合、検証装置本体2Aはその制御に従って検証動作を一時停止する。一方、ステップS503の制御結果が動作続行である場合、検証装置本体2Aは従来から実施しているシミュレーション処理と同様の処理を実行する。具体的には、検証装置本体2Aは、命令供給装置6から供給される命令をシミュレーション装置7と期待値生成装置8とで実行したうえで(S504,S506)、その実行結果(シミュレーション結果と期待値)を、第1記憶装置11と第2記憶装置13とに格納する(S505,S507)。第1記憶装置11と第2記憶装置13とに格納される実行結果は、比較装置9で互いに一致するか否かが比較される(S508)。これにより一連のシミュレーション動作が終了する。

[0047] 次に、検証装置1Aにおいて特徴となる中間データの解析動作とその解析結果に基づく制御動作を図6のフローチャートを参照して説明する。まず、命令解析装置21において、抽出装置3Aから受け取る中間データに制約条件があるか否かを判断する(S601)。制約条件の有無の判断は、具体的には、中間データが、データ制約情報格納部20に格納(登録)されている制約付き命令に該当するか否かの判断により実施される。

[0048] S601の判断結果が、中間データは登録命令(制約付き命令)に該当しないことを示す場合、命令解析装置21はそのことを制御装置23Aに通知する。否該当通知を受けた制御装置23Aは、その命令は未定義結果を起こす可能性が無いと判断する。そのうえで、制御装置23Aは、まず、シミュレーション装置7と期待値生成装置8との動作が一時停止中であるか否かを判断する(S602)。S602の判断結果が一時停止中でないことを示す場合、制御装置23Aは、シミュレーション装置7と期待値生成装置8との制御を行わない。ここでいう制御とは、具体的には、シミュレーション装置7と期待値生成装置8とを一時停止させることである。一方、S602の判断結果が一時停

止中であることを示す場合、制御装置23Aは、シミュレーション装置7と期待値生成装置8との動作を再開させる(S603)。

[0049] 一方、S601の判断結果が、中間データは登録命令(制約付き命令)に該当することを示す場合、命令解析装置21は、そのことを参照データ解析装置22に通知する。該当通知を受けた参照データ解析装置22は以下に示す解析を行う。まず、その中間データ中に含まれる参照データから、その命令のオペランドで指定しているレジスタ番号のレジスタ値を抽出する。さらに、抽出したレジスタ値がデータ制約条件(データ制約情報格納部20に格納されるデータ制約情報に登録されている)を満足しているか否かを判断し、その判断結果を制御装置23Aに通知する(S604)。

[0050] S604の処理によって通知される判断結果がデータ制約条件を満足しており無違反を示す場合、制御装置23Aは、その命令は未定義結果を起こす可能性が無いと判断したうえで、上述したS602,S603の処理を実施する。つまり、この処理では、シミュレーション装置7と期待値生成装置8との制御(一時停止)を実施しない。

[0051] 一方、S604の処理によって通知される判断結果がデータ制約条件を満足しておらず違反を示す場合、制御装置23Aは、その命令は未定義結果を起こすと判断してシミュレーション装置7と期待値生成装置8との制御(一時停止)を実施する(S605)。

[0052] 上述したS602,S603,S605の処理を実施することにより次のような効果が得られる。未定義結果を起こすと判断する命令が連続して供給される間において制御装置23Aは、シミュレーション装置7と期待値生成装置8とを一時停止状態のままとする。そして、未定義結果を起こす可能性が無いと判断する命令が供給された時点でその一時停止制御を解除(動作再開)する。このように制御装置23Aは、未定義結果になると判断される命令が連続して供給される期間においてシミュレーション装置7と期待値生成装置8とを一時停止状態のままとすることで、これら装置7,8の停止および停止解除の制御を行う時間を極力少なくして全体のシミュレーション速度の低下を防ぐ。

[0053] 以上説明したように、本実施形態の検証装置1Aは、命令の実行結果が未定義結果となる命令が実行される直前に、シミュレーション装置7と期待値生成装置8とを停止させることで、当該命令の実行を阻止する。これにより、未定儀結果となる命令が

実行されることによって生じる不具合を防ぐことができる。

[0054] （第2の実施の形態）

図7は本発明の第2の実施の形態の検証装置1Bの構成を示す。期待値生成装置1Bは、基本的には、第1の実施の形態と同様の構成を備えており、同一ないし同様の部分には第1の実施の形態と同一の符号を付し、それらについての説明は省略する。ただし、同様の動作を行うものの若干異なる動作を行う部分には、その符号の末尾にBを付して第1の実施の形態と区別する。

[0055] 検証装置1Bは、前状態戻り装置30と実行待機装置31と未定義結果判定装置32とを備えることに特徴がある。前状態戻り装置30は、期待値生成装置8Bを、直前に実行した命令の実行前の状態に遷移させる装置である。このような前状態戻り装置30の操作は、次の処理により可能となる。まず、命令を実行する直前において、期待値生成装置8B内の第2の記憶装置13の記録内容を一旦保持させる。そのうえで、命令の実行後において、保持させておいたデータを第2の記憶装置13の記録内容に戻す。これにより、前状態戻り装置30は、期待値生成装置8Bを直前に実行した命令の実行前状態に遷移させることが可能となる。

[0056] 実行待機装置31はシミュレーション装置7Bに設けられる。実行待機装置31は、実行制御装置4Bからの、待機解除通知があるまでシミュレーション装置7Bによる命令の実行を停止させる。第2の実施の形態では、期待値生成装置8Bによって先行的に命令を実行させたうえでその実行結果を抽出装置3Bによって抽出させる。

[0057] 未定義結果判定装置32は、抽出装置3Bから得られる抽出情報から実行結果が未定義となったか否かを判定する。ここで、期待値生成部12が実行の未定義結果の発生を通知するフラグを作成する場合には、未定義結果判定装置32は、そのフラグの検出によって前記未定義を判定することができる。また、第1の実施の形態の検証装置1Aと同様に、命令とその命令が実行される際に参照されるデータ情報とを解析することで、その命令の実行結果が未定義となったことを判定することもできる。

[0058] 制御装置23Bは、未定義結果判定装置32の判定結果に基づいて次の制御を実施する。期待値生成装置8Bで実行した命令の実行結果が未定義の場合、制御装置23Bは、前状態戻り装置30を動作させて期待値生成装置8Bを命令実行前の状態

に戻させる。ここで、期待値生成装置8Bによって先行的に命令を実行させているために、シミュレーション装置7Bは、命令実行結果の未定義判定時点において未だ命令を実行していない。このタイミングでその命令の実行結果が未定義であることが判明した制御装置23Bは、未定義として判定した命令を、シミュレーション装置7Bで実行させない。

[0059] 検証装置1Bでは、前もって実施した命令の実行結果の未定義判定に基づいて、期待値生成装置8Bを命令実行前の状態に戻し、さらにシミュレーション装置7Bでの命令実行を停止させる。つまり、検証装置1Bは、期待値生成装置8Bを先行的に実行させて実行結果の未定義を判定し、その判定結果に基づいて期待値生成装置8Bのリセットと、シミュレーション装置7Bの命令停止とを行う。これにより、検証装置1Bは、参照データがデータ制約条件を違反するために命令の実行結果が未定義結果となる命令の実行を阻止する。

[0060] 以下、検証装置1Bを用いた検証方法を図8,図9のフローチャートを参照して説明する。図8は、検証装置1B全体の動作を示すフローチャートである。図9は、未定義結果判定装置32の動作と制御装置23Bの動作とを抜き出して示すフローチャートである。

[0061] まず、命令供給装置6がシミュレーション実行部10と期待値生成部12とに命令を供給する(S801)。

[0062] 期待値生成装置8Bは、期待値生成部12で命令を実行したうえでその実行結果である期待値を第2記憶装置13に記憶させる(S802,S803)。この時点では、シミュレーション装置7Bは、命令を実行せずに待機している。

[0063] 期待値生成部12の命令実行結果である期待値は、抽出装置3Bによって抽出されて未定義結果判定装置32に供給される(S804)。

[0064] 未定義結果判定装置32は、期待値生成部12から得られる情報を解析してその期待値が未定義であるか否かを判定し、さらに、制御装置23Bは、その解析結果に基づいてシミュレーション装置7と期待値生成装置8とを制御する(S805)。

[0065] ステップS805の処理の詳細を図9のフローチャートを参照して説明する。まず、未定義結果判定装置32は、期待値生成部12から得られる情報を解析してその期待値

が未定義であるか否かを判定する(S901)。判定結果は制御装置23Bに供給される。

[0066] 制御装置23Bは、未定義結果判定装置32の判定結果に基づいて次の制御を実施する。すなわち、制御装置23Bは、命令の実行結果(期待値)の判定結果に基づいてシミュレーション装置7Bの制御信号をシミュレーション装置7Bに送信する。ここでの制御信号とは次のものである。命令の実行結果(期待値)が未定義を含まない場合には、制御信号はシミュレーション装置7Bでの命令実行を許可する信号となり(S902)、命令の実行結果(期待値)が未定義を含む場合には、制御信号は、期待値生成装置8Bの状態を命令実行前に戻すとともに、シミュレーション装置7Bでの命令実行を禁止する(許可しない)信号となる(S904)。

[0067] 以下、図8のフローチャートに戻って、上記制御信号を受けたシミュレーション装置7Bと期待値生成装置8Bとの動作を説明する。期待値生成装置8Bは、シミュレーション装置7Bに先行して命令を実行しており、この時点(制御装置23Bから制御信号を受信する時点)においてシミュレーション装置7Bは未だ命令を実行していない。制御信号を受信した実行待機装置31は、受信した制御信号の内容を判断したうえで(S806)、その判断結果に基づいて次のようにシミュレーション装置7Bを制御する。

[0068] 受信した制御信号が命令実行の禁止(不許可)を示す場合、実行待機装置31は、その指示に従って、シミュレーション実行部10による命令実行を開始させることなく停止状態のままとし、さらにステップS801に戻って次の命令が命令供給装置6から供給されたか否かを判断しつつ待機する。

[0069] 一方、受信した制御信号が命令実行の許可を示す場合、実行待機装置31は、検証装置本体2Bでの従前と同様のシミュレーション処理を開始させる(S807)。そして、シミュレーション実行部10での実行結果(シミュレーション結果)を、第1記憶装置11に格納する(S808)。第1記憶装置11と第2記憶装置13とに格納された実行結果は比較装置9で互いに一致するか否かが比較される(S809)。これにより一連のシミュレーション動作が終了する。

[0070] このように、検証装置1Bは、先行的に命令を実行させて得られる期待値の未定義判定結果に基づいて期待値生成装置8Bのリセットと、シミュレーション装置7Bの命

令停止とを行う。具体的にいえば、検証装置1Bは、前もって期待値生成部12で実施した命令の実行結果が未定義であるか否かの判定結果に基づいて、期待値生成装置8Bを命令実行前の状態に戻す制御と、シミュレーション装置7Bでの命令実行を停止させる制御とを実施する。そのため、検証装置1Bでは、命令の実行結果が未定義結果となる命令の実行が未然に阻止される。これにより、擬似エラーによる検証の中断を防いで検証の高効率化が図れる。

[0071] （第3の実施の形態）

本発明の第3の実施の形態の検証装置1Cの構成を図10に示す。検証装置1Cの構成は、基本的に第1の実施の形態の検証装置1Aと同様であり、同一ないし同様の部分には、第1の実施の形態と同一の符号を付し、それらについての説明は省略する。ただし、同様の動作を行うものの若干異なる動作を行う部分には、その符号の末尾にCを付して検証装置1Aと区別する。具体的には、検証装置1Cは制御装置23Cの制御方法に特徴があって、この制御方法が、検証装置1Aの制御装置23Aと異なる。

[0072] 検証装置1Cを用いた検証方法のフローチャートを図11に示す。検証装置1C全体としての制御は図5のフローチャートに示す検証装置1Aの全体動作と同一である。但し、検証装置1Cは、ステップS503における中間データの解析動作とその解析結果に基づく制御動作とが、若干検証装置1Aと異なる。

[0073] 検証装置1Cにおいて特徴となる中間データの解析動作と、その解析結果に基づく制御動作とが図11のフローチャートに示されている。抽出装置3Aは、抽出した中間データを命令解析装置21と参照データ解析装置22とに供給する。

[0074] 命令解析装置21は、抽出装置3から受け取る中間データに制約条件があるか否かを判断する（S1101）。制約条件の有無の判断は、具体的には、中間データが、データ制約情報格納部20に格納（登録）されている命令に該当するか否かの判断により実施される。

[0075] ステップS1101の判断結果が、中間データは登録命令に該当しないことを示す場合、命令解析装置21はそのことを制御装置23Cに通知する。通知を受けた制御装置23Cは、その命令は未定義結果を起こす可能性が無いと判断する。以上の判断を

下した制御装置23Cは、シミュレーション装置7と期待値生成装置8との制御を行わない。したがって、シミュレーション装置7と期待値生成装置8とは、その命令を実行する。

[0076] 一方、ステップS1101の判断結果が、中間データは登録命令(制約付き命令)に該当することを示す場合、命令解析装置21は、そのことを参照データ解析装置22に通知する。その通知を受けた参照データ解析装置22は以下に示す解析を行う。参照データ解析装置22は、抽出装置3Aから供給される中間データ中に含まれる参照データから、その命令のオペランドで指定しているレジスタ番号のレジスタ値を抽出する。さらに、参照データ解析装置22は、抽出したレジスタ値がデータ制約条件(データ制約情報格納部20に格納されたデータ制約情報に登録されている)を満足しているか否かを判断し、その判断結果を制御装置23Cに通知する(S1102)。

[0077] ステップS1102の処理によって通知される判断結果がデータ制約条件を満足しており無違反を示す場合、制御装置23Cは、その命令は未定義結果を起こす可能性が無いと判断してシミュレーション装置7と期待値生成装置8との制御を行わない。したがって、シミュレーション装置7と期待値生成装置8とはその命令を実行する。

[0078] 一方、ステップS1102の処理によって通知される判断結果がデータ制約条件を満足しておらず違反を示す場合、制御装置23Cは、その命令は未定義結果を起こすと判断する。そのような判断を下した制御装置23Cは、その命令を、データ制約条件を有していない他の命令に置換する制御を行う(S1103)。データ制約条件を有していない他の命令とは、例えば、NOP(No Operation)命令であり、未定義となる命令を、このような命令に置換する。置換された他の命令は、制御装置23Cから命令供給装置6を介してシミュレーション装置7と期待値生成装置8とに供給される。

[0079] シミュレーション装置7と期待値生成装置8とは、置換された命令を実行する。これにより、データ制約条件もなくシミュレーションに影響を与えない命令がシミュレーション装置7と期待値生成装置8とで実行される。そのため、擬似エラーによる検証の中断を防いで検証の高効率化が図れる。

[0080] 第1の実施の形態の検証装置1Aでは、実行する命令が未定義結果となる場合、シミュレーション装置7と期待値生成装置8とを停止させていた。これに対して、本実施

の形態の検証装置1Cでは、未定義結果となる命令を、データ制約条件を有していない他の命令に置換する制御を行う。未定義となる命令を、このような命令に置換することで、データ制約条件がなくシミュレーションに影響を与えない状態で命令を実行することができる。これにより、擬似エラーによる検証の中断を防いで検証の高効率化が図れる。

[0081] なお、第3の実施の形態における検証装置1Cは、命令の実行結果が未定義となる場合に命令を置換する制御を実施する以外は第1の実施の形態の検証装置1Aと同じ制御を実施する。

[0082] （第4の実施の形態）

本発明の第4の実施の形態の検証装置1Dの構成を図12に示す。検証装置1Dの構成は、基本的に第3の実施の形態の検証装置1Cと同様であり、同一ないし同様の部分には第3の実施の形態と同一の符号を付し、それらについての説明は省略する。ただし、同様の動作を行うものの若干異なる動作を行う部分には、その符号の末尾にDを付して検証装置1Cと区別する。具体的には、検証装置1Dは制御装置23Dの構成および制御装置23Dによる制御方法に特徴があって、この構成および制御方法が、検証装置1Cの制御装置23Cと異なる。

[0083] 検証装置1D全体としての制御方法（検証方法）は図5のフローチャートを参照して上述した第3の実施の形態の検証装置1Cの制御方法（検証方法）と同一である。そのため、検証装置1Dの制御方法（検証方法）全体の説明は省略する。

[0084] 本実施形態の検証装置1Dの制御装置23Dは、命令の実行結果が未定義になると判断する場合に、命令実行時に参照する参照データを他の参照データに置換する処理を行うことに特徴がある。検証装置1Dの制御処理における要部の処理動作を図13,図14に示す。この処理動作は、第3の実施の形態の検証装置1Cにおける要部の処理動作と基本的に類似している。そのため、同一のステップには同一の符号を付している。しかしながら、次の処理において、検証装置1Fは検証装置1Cと異なる。

[0085] 第3の実施の形態の検証装置1Cでは、図11の処理S1103に示されるように、実行結果が未定義となる命令を、データ制約条件を有していない他の命令に置換する。

本実施形態の検証装置1Dでは、図13に示すように、このような命令置換処理を参照データ置換処理S1103Dに入れ替える。

[0086] 検証装置1Dでは、実行結果が未定義結果となる命令が実行時に参照する参照データを、参照データになることが可能な他のデータに置換する。具体的には、その命令の実行時に参照するデータのレジスタ番号を、命令のオペランドで指定する参照データの場所(汎用レジスタのレジスタ番号)を取り得ることが可能な他のレジスタ番号(第4の実施の形態ではこれを参照データ候補と呼ぶ)に変更させる。この置換処理が参照データ置換処理S1103Dである。

[0087] このような制御を実施するために検証装置1Dの制御装置23Dは、参照データ候補を探索する参照データ候補探索装置40と、探索した参照データ候補がデータ制約条件を満足しているか否かを解析する参照データ候補解析装置41と、参照データ候補がデータ制約条件を満足している場合、参照データを参照データ候補に置換する参照データ置換装置42とを備える。

[0088] 制御装置23Dにおける参照データ置換処理ステップS1103の詳細を、図14のフローチャートを参照して説明する。

[0089] プロセッサで実行される命令のオペランドでは、一般に、命令実行時に参照される参照データを格納しているレジスタ番号が指定される。そこで、参照データ解析装置22によって命令の実行結果が未定義になると判断される場合、制御装置23Dでは、まず、実行結果が未定義となる命令の参照データのレジスタ番号から置換可能な他のレジスタ番号が存在するか否かが探索される(S1401)。この探索操作は参照データ候補探索装置40が実施する。

[0090] S1401で置換可能なレジスタ番号がないと判断する場合は、その命令は削除される(S1402)。命令の削除操作は参照データ置換装置42が実施する。

[0091] 一方、S1401で置換可能なレジスタ番号があると判断する場合、置換候補のレジスタ番号に位置する参照データ候補がデータ制約条件を満たしているか否かを判断する(S1403)。この判断は、参照データ候補解析装置41が実施する。S1403で、参照データ候補がデータ制約条件を満たしていると判断する場合、実行結果が未定義となる参照データを参照データ候補に変更する。つまり、命令で用いる参照データ

を、実行結果が未定義となると判断する候補から、未定義とならないと判断する候補に置換する(S1404)。この置換操作は、参照データ置換装置42が実施する。

[0092] S1403で、参照データ候補がデータ制約条件を満たしていないと判断する場合、S1401に戻って、さらに他の参照データ候補があるか否かを判断する。このようなS1401ーS1404の操作を実施することで、参照データを、データ制約条件を満たしているデータに置換する。

[0093] 通常、プロセッサには複数の汎用レジスタが用意されており命令のオペランドで指定しているレジスタ番号は置換可能である。このようなプロセッサの特徴を利用して、検証装置1Dでは、参照データを、データ制約条件を満たすデータに置換する。なお、置換できない場合には本発明の他の実施形態による対策、例えば第3の実施の形態による命令の置換を行えば良い。

[0094] 以上、検証装置1Dでは、命令の実行結果が未定義となる命令の参照データを他のデータに置換することで、命令の実行結果が未定義結果となる命令の実行が阻止される。これにより、擬似エラーによる検証の中断を防いで検証の高効率化が図れる。

[0095] (第5の実施の形態)

本発明の第5の実施の形態の検証装置1Eの構成を図15に示す。検証装置1Eの構成は、基本的に第3の実施の形態の検証装置1Cと同様であり、同一ないし同様の部分には、第3の実施の形態と検証装置1Cと同一の符号を付し、それらについての説明は省略する。ただし、同様の動作を行うものの若干異なる動作を行う部分には、その符号の末尾にEを付して検証装置1Cと区別する。

[0096] 検証装置1Eは制御装置23Eの構成および制御装置23Eによる制御方法に特徴がある。制御装置23Eは命令生成装置43と命令配置装置44とを備えており、これらの装置43、44を備えることと、これらの装置43,44を用いた制御方法とが、検証装置1Cの制御装置23Cと異なる。

[0097] 検証装置1E全体としての制御方法(検証方法)は図5のフローチャートを参照して上述した第3の実施の形態の検証装置1Cの制御方法(検証方法)と同一である。そのため、検証装置1Eの制御方法(検証方法)全体の説明を省略する。

[0098] 本実施形態の検証装置1Eの制御装置23Eは、命令の実行結果が未定義となると判断する場合に、参照データを変更する命令を新たに生成したうえで生成した参照データ変更命令を未定義となる命令より前に実行する位置に配置する命令生成配置処理を実施することに特徴がある。検証装置1Eを用いた制御方法(検証方法)の要部を図16に示す。検証装置1E全体としての制御は図5のフローチャートを参照して上述した第3の実施の形態の検証装置1Dの制御方法(検証方法)と基本的に類似している。そのため、同一のステップには同一の符号を付している。しかしながら、次の処理において、検証装置1Eは検証装置1Cと異なる。

[0099] 制御装置23Eは、命令の実行結果が未定義となると判断する場合に、参照データを変更する命令を新たに生成したうえで生成した参照データ変更命令を未定義となる命令より前に実行する位置に配置する処理S1103Hに入れ替える。以下、検証装置1Eで実施する命令生成配置処理の詳細を、図17のフローチャートを参照して説明する。

[0100] まず、命令のオペランドで指定している参照データの場所(汎用レジスタのレジスタ番号)をその命令が持つデータ制約条件の範囲内の値に更新する命令を生成する(S1701)。この操作は、命令生成装置43が実施する。そのうえで、その更新命令を、未定義結果となる命令より先に配置する(S1702)。この操作は、命令配置装置44が実施する。このようにして変更された命令が制御装置23Eから命令供給装置6を介して期待値生成装置8に供給されて、期待値生成装置8で実行される。

[0101] これにより、データ制約条件を満足しないデータを参照する命令が、データ制約条件を満足するデータを参照する命令に変更された状態で期待値生成装置8とシミュレーション装置7とで実行されることとなり、その結果として、未定義結果の発生が防止される。

[0102] 命令生成装置43で生成される参照データ更新命令は、具体的には次のような構成として生成される。例えば、データ制約条件を満足する更新データをレジスタに格納するメモリアクセス命令が参照データ更新命令として生成される。この場合、命令毎にデータ制約条件を満足する更新データの値をあらかじめデータメモリ等に格納しておく必要がある。また、データ制約条件を満足する値を即値とするオペランドで

指定するMOV命令が参照データ更新命令として生成される。

[0103] これにより検証装置1Eでは、命令の実行結果が未定義結果となる命令の参照データを未定義とならないデータに更新する命令を生成したうえで、その参照データ更新命令を、未定義結果となる命令よりも先に実行させる。これにより、未定義結果の発生を防ぐことが可能となり、擬似エラーによる検証の中断を防いで検証の高効率化が図れる。

[0104] （第6の実施の形態）

本発明の第6の実施の形態の検証装置1Fの構成を図18に示す。検証装置1Fの構成は、基本的に第3の実施の形態の検証装置1Cと同様であり、同一ないし同様の部分には第3の実施の形態の検証装置1Cと同一の符号を付し、それらについての説明は省略する。ただし、同様の動作を行うものの若干異なる動作を行う部分には、その符号の末尾にFを付して検証装置1Cと区別する。具体的には、検証装置1Fは制御装置23Fの構成および制御装置23Fによる制御方法に特徴があって、この構成および制御方法が、検証装置1Cの制御装置23Cと異なる。

[0105] 検証装置1F全体としての制御方法（検証方法）は図5のフローチャートを参照して上述した第3の実施の形態の検証装置1Cの制御方法（検証方法）と同一である。そのため、検証装置1Fの制御方法（検証方法）全体の説明は省略する。

[0106] 本実施形態の検証装置1Fの制御装置23Fは、命令の実行結果が未定義となると判断する場合に、命令実行時に参照する参照データの更新処理を実施することに特徴がある。検証装置1Fの制御処理における要部の処理動作を図19に示す。この処理動作は、第3の実施の形態の検証装置1Cにおける要部の処理動作と基本的に類似している。そのため、同一のステップには同一の符号を付している。しかしながら、次の処理において、検証装置1Fは検証装置1Cと異なる。

[0107] 第3の実施の形態の検証装置1Cでは、実行結果が未定義となる命令を、図11のステップS1103に示されるように、データ制約条件を有していない他の命令に置換する。本実施形態の検証装置1Fでは、このような命令置換処理を次のような参照データ更新処理S1103Fに入れ替える。

[0108] 参照データ更新処理S1103Fにおいては、参照データを格納している第1，第2の

記憶装置11，13を強制的にその命令が持つデータ制約条件の範囲内の値に更新させる。そのため、参照するデータがデータ制約条件を満足していない命令であったとしても、参照データがデータ制約条件を満足するデータに更新されたうえで、その更新参照データが命令によって実行されることになる。これにより、未定義結果の発生を防ぐことができる。検証装置1Fにおいて命令の参照データを強制的に更新するために、第1記憶装置11（シミュレーション装置7側）と第2記憶装置13（期待値生成装置8側）とは、記録内容（参照データ）を強制的に更新させる機能を有するものとする。

[0109] 以上説明したように、検証装置1Fでは、命令の実行結果が未定義となる命令の参照データを強制的に命令が持つデータ制約条件の範囲内の値に更新することで、命令の実行結果が未定義結果となる命令の実行が阻止される。これにより、擬似エラーによる検証の中断を防いで検証の高効率化が図れる。

[0110] （第7の実施の形態）

本発明の第7の実施の形態の検証装置1Gの構成を図20に示す。検証装置1Gの構成は、基本的に第3の実施の形態の検証装置1Cと同様であり、同一ないし同様の部分には第3の実施の形態と同一の符号を付し、それらについての説明は省略する。ただし、同様の動作を行うものの若干異なる動作を行う部分には、その符号の末尾にGを付して検証装置1Cと区別する。具体的には、検証装置1Gは制御装置23Gの構成および制御装置23Gによる制御方法に特徴があり、この構成および制御方法が、検証装置1Cの制御装置23Cと異なる。

[0111] 検証装置1Fを用いた制御方法（検証方法）を、図21，図22のフローチャートに示す。これらのフローチャートは、第3の実施の形態の検証装置1Cの制御方法（検証方法）である図5と図11のフローチャートと基本的には類似している。そのため、同一のステップには、同一の符号を付している。しかしながら、本実施形態の検証装置1Gの制御装置23Gは、シミュレーション実行前において、命令の実行結果である期待値が未定義となると判断（推定）する場合、未定義結果となる命令を、データ制約条件を有していない他の命令に置換する処理（図5におけるステップS503および図11におけるステップS1103）は実施しない。その代わりに制御装置23Gは、実際に命

令を実行することで得られる実行結果(期待値やシミュレーション結果)を未定義とならない値に強制的に変更する処理(図18におけるステップS503Gおよび図19におけるステップS1103G)を実施する。但し、ステップS503G, S1103Gは、命令の抽出テップS502の直後に実施される処理ではなく、シミュレーション装置7や期待値生成装置8で命令を実施した後に行われる。

[0112] 具体的には、制御装置23Gは、第1, 第2の記憶装置11, 13に格納している命令の実行結果(期待値やシミュレーション結果)を、強制的にその命令において定義可能な値に更新させる。これにより、参照するデータがデータ制約条件を満足していない命令であったとしても、その命令の実行結果が定義可能データ(未定義とならないデータ)に更新されることになり、未定義結果の発生が防止される。

[0113] 以上説明したように、検証装置1Gでは、未定義となった命令の実行結果を強制的に未定義とならないデータに更新することで、命令の実行結果が未定義結果となる命令の実行が阻止される。これにより、擬似エラーによる検証の中断を防いで検証の高効率化が図れる。

[0114] 但し、上記強制更新動作を実施するに際しては、シミュレーション結果と期待値とを同じ値に更新する必要がある。そのためには、両者を適当な同一値に更新するか、もしくは片方を参照してそれと同じ値にもう一方を更新する必要がある。

[0115] このような強制更新機能を発揮させるために検証装置1Gでは、第1記憶装置11(シミュレーション装置7側)と第2記憶装置13(期待値生成装置8側)とは、記録内容(参照データ)を強制的に更新させる機能を有するものとされる。但し、シミュレーション結果を参照してそれと同一の値へ期待値を更新させる場合には、シミュレーション装置7あるいは期待値生成装置8の何れか片方に上記強制更新機能があれば良い。

[0116] 本実施形態の検証装置1Gでは、命令解析装置21と参照データ解析装置22とを用いて未定義結果の発生を判定したが、第2の実施の形態における未定義結果判定装置32を用いて未定義結果の発生を判定することもできる。つまり、期待値生成装置8における命令の実行結果情報から未定義結果の発生を判定し、命令の実行結果を更新することも可能である。

[0117] (第8の実施の形態)

本発明の第8の実施の形態の検証装置1Hの構成を図23に示す。検証装置1Hの構成は、基本的に第3の実施の形態の検証装置1Cと同様であり、同一ないし同様の部分には第3の実施の形態と同一の符号を付し、それらについての説明は省略する。ただし、同様の動作を行うものの若干異なる動作を行う部分には、その符号の末尾にHを付して検証装置1Cと区別する。具体的には、検証装置1Hは、命令生成制約作成装置50Hと、命令発行制約作成装置51Hと、命令生成装置52とを備える。命令生成制約作成装置50Hと命令生成装置52とは、検証装置本体2Hに設けられる。命令発行制約作成装置51Hは実行制御装置4Hに設けられる。検証装置1Hは制御装置23Hの構成および制御装置23Hによる制御方法(検証方法)に特徴がある。

[0118] 検証装置1Hにおいては、命令は命令生成制約作成装置50Hが生成する命令生成制約に基づいて命令生成装置52により生成されて命令供給装置6に与えられる。命令生成制約とは、命令が生成される際の命令の種類や、オペランドとして選択可能なレジスタ番号の条件を示している。命令生成制約としては、“加算命令のオペランドで選択可能な汎用レジスタの番号はレジスタ0からレジスタ8までである”ことや、“VLIW方式のプロセッサであれば加算命令は同時に2個以上実行させることはできない”等がその例として挙げられる。

[0119] 命令生成装置52は、命令生成制約の範囲内で命令をランダムに生成することが可能であり、プロセッサに与える命令を全てランダムに生成したり、手で作成した命令とランダムに生成した命令を混在させてプロセッサに供給することが可能である。

[0120] 検証装置1H全体として制御方法(検証方法)は、図21のフローチャートに示す第7の実施の形態の検証装置1Gの制御動作と同一である。そのため、検証装置1Hの制御方法(検証方法)全体の説明は省略する。

[0121] 本実施形態の検証装置1Hの制御装置23Hは、命令の実行結果(シミュレーション結果および期待値)が未定義となると判断する場合に、実行結果を更新する追加命令を生成して命令供給装置6に供給する処理を実施することに特徴がある。検証装置1Hの制御方法(検証方法)における要部を図24に示す。この処理方法は、第3の実施の形態の検証装置1Cにおける要部の処理方法と基本的に類似している。そのため、同一のステップには同一の符号を付している。しかしながら、次の処理におい

て、検証装置1Hは検証装置1Cと異なる。

[0122] 検証装置1Hの制御装置23Hは、命令の実行結果(期待値)が未定義となると判定する場合、未定義結果となる命令を、データ制約条件を有していない他の命令に置換する処理(図5におけるステップS502および図11におけるステップS1103)は実施しない。その代わりとして、制御装置23Hは、その命令の実行後に実行する更新命令を生成する処理(ステップS1103−1H)と、生成した更新命令を命令供給装置6に配給してその更新命令をシミュレーション装置7および期待値生成装置8で実行させる処理(ステップS1103−2H)とを実施する。

[0123] 更新命令とは、シミュレーション装置7や期待値生成装置8による命令実行結果(シミュレーション結果や期待値)を強制的に更新する命令である。制御装置23Hは、命令の実行結果が未定義になると参照データ解析装置22が判定する場合、命令生成装置52にその未定義となる実行結果の更新命令の発行を意味する命令発行制約を発行させる。更新命令の具体例としては、未定義となる実行結果を格納している第1,第2記憶装置11,13からその実行結果を読み出して適当な値に更新させるメモリアクセス命令や、MOV命令によりその実行結果を格納している第1,第2記憶装置11,12の記録データを適当な値に更新する命令を、例として挙げることができる。

[0124] 以上の更新命令の強制を意味する命令発行制約を命令生成装置52に強制的に発行させてその命令発行制約を命令供給装置6に与える。命令供給装置6は、その命令発行制約に基づいて更新命令を生成してシミュレーション装置7と期待値生成装置8とに供給してこれら装置7,8で更新命令を実行させる。これにより、実行結果が未定義となる命令が実行されたとしても、その実行結果(未定義)を参照する命令が実行される後処理として、その実行結果(未定義)を定義可能なデータに強制的に更新する処理が追加実施されることとなる。その結果、シミュレーション装置7による命令の実行結果と期待値生成装置8による命令の実行結果との間の不一致に起因する擬似エラーは防止される。

[0125] なお、本実施の形態の制御方法は、図23の検証装置1Hの構成の他、図25の検証装置1H'でも同様に実施することができる。検証装置1H'は、基本的に検証装置1Hと同じ構成を備えており、同一ないし同様の部分には同一の符号を付している。し

かしながら、若干異なる構成を有する部分には(')を付している。

[0126] 検証装置1Hでは、制御装置23Hの指示に基づいて命令発行制約作成装置51Hが更新命令の命令発行制約を作成して命令生成装置52に与える制御が実施される。これに対して、検証装置1H'では、命令発行制約を作成する命令発行制約作成装置51Hは設けられない。これに替わり、制御装置23H'は、命令生成制約作成装置50H'に、以下に説明する命令生成制約の作成と、作成した命令生成制約の命令生成装置52への供給とを強制する。

[0127] 制御装置23H'が命令生成制約作成装置50H'に強制する命令生成制約とは、未定義となった命令の実行結果(シミュレーション結果や期待値)の更新命令を命令生成装置52によって強制発行させる制約である。これにより、検証装置1H'では、検証装置1Hと同様、未定義結果が発生した場合において、命令生成装置52が未定義結果の更新命令を発行する。

[0128] なお、検証装置1H,1H'では、未定義結果が生成された直後に未定義結果の更新命令を強制発行させる必要はない。特に命令生成装置52がランダムに命令を生成する場合、未定義結果の生成直後にその更新命令を強制発行させると命令の生成順序に規則性が発生され命令をランダムに与える検証のランダム性が失われる。よって未定義結果を更新する命令は、未定義結果を参照する命令が実行される前に実行させても良い。その際に"未定義結果を参照する命令"の実行を把握するには、未定義結果が発生した時点で"未定義結果を参照する命令"を発行禁止にし、未定義結果の更新命令が発行された後に"未定義結果を参照する命令"の発行禁止を解除することが考えられる。

[0129] 本実施の形態では命令解析装置21と参照データ解析装置22とを用いて未定義結果の発生を判定したが、第2の実施の形態における未定義結果判定装置32を用いても判定可能である。つまり期待値生成部12における命令の実行結果情報から未定義結果の発生を判定し、その判定結果に基づいて更新命令を強制発行させることも可能である。

[0130] (第9の実施の形態)

本発明の第9の実施の形態の検証装置1Jの構成を図26に示す。検証装置1Jの構

成は、基本的に第8の実施の形態の検証装置1Hと同様であり、同一ないし同様の部分には第8の実施の形態と同一の符号を付し、それらについての説明は省略する。ただし、同様の動作を行うものの若干異なる動作を行う部分には、その符号の末尾にJを付して検証装置1Hと区別する。具体的には、検証装置1Jは、命令生成制約作成装置50Jと、命令発行制約作成装置51Jと、命令生成装置52と、参照データ候補決定装置60とを備える。また、抽出装置3Jによる制御方法(検証方法)が、第8の実施の形態における抽出装置3Aと異なる。命令生成制約作成装置50Jと命令生成装置52とは、検証装置本体2Jに設けられる。命令発行制約作成装置51Jは実行制御装置4Jに設けられる。

[0131] 抽出装置3Jは、第2記憶装置13からデータ制約条件を持つ命令毎に次のデータ値を抽出する。ここで抽出するデータ値とは、参照データとして選択可能なレジスタ番号とそのレジスタが格納しているデータ値である。参照データとして選択可能なレジスタ番号とは次のものをいう。例えばDIV命令は、除数がゼロ以外であるというデータ制約条件を持っている。このDIV命令を実行時に除数として選択可能な汎用レジスタ番号が、前記参照データとして選択可能なレジスタ番号を示す。例えば、任意のデータ制約条件に基づいて命令実行時に選択可能な汎用レジスタ番号がレジスタ0からレジスタ31までである場合を想定する。この場合、抽出装置3Jは、レジスタ0からレジスタ31において現在格納しているデータ値を抽出する。データ情報の抽出は、データ制約条件を持つ命令毎に実施される。このようなデータ情報抽出を実現するため、抽出装置3Jは、データ制約情報格納部20からデータ制約条件を読み出しつつデータ情報抽出を実施する。

[0132] 実行制御装置4Jは、抽出装置3Jから供給されるデータ情報と、データ制約情報格納部20から供給されるデータ制約情報とから参照データ候補を決定する。ここでいう参照データ候補とは、データ制約条件をもつ命令が参照可能なレジスタ番号のことである。参照データ候補は命令毎に決定される。この動作は参照データ候補決定装置60によって実施される。参照データ候補とは次のことが保証されたレジスタをいう。すなわち、“その候補の値がその命令のデータ制約条件を満足しておりその候補の値を参照データにしてその命令を発行しても未定義結果が発生しない”、という保証

がなされたレジスタを、参照データ候補という。制御装置23Jは、参照データ候補決定装置60によって決定された参照データ候補を参照データとする命令の発行制約の作成指示を命令発行制約作成装置51Jに送る。命令発行制約作成装置51Jは、制御装置23Jにより送信された発行制約の生成指示に基づいて命令発行制約を作成して命令生成装置52に供給する。命令生成装置52は、命令発行制約作成装置51Jから供給される命令発行制約に基づいて命令を生成して命令供給装置6に供給する。命令供給装置6は、供給された命令をシミュレーション装置7と期待値生成装置8とに供給して実行させる。

[0133] 以下、検証装置1Jを用いた制御方法(検証方法)を、図27、図28のフローチャートとを参照して説明する。なお、検証装置1Jを用いた検証方法は、基本的には第3の実施の形態の検証装置1Cの動作(図5参照)と同様である。そのため、同一の動作を実行する工程(ステップ)には、同一のステップ番号を付し、それらに付いての説明は省略する。但し、検証装置1Jでは、中間データの抽出(S502J)と、その抽出結果の解析とその解析結果に基づく制御(S503J)とを、命令の供給(S501)より時間的に前に実施している。以下、ステップS502J,S503Jの動作の詳細を、図28のフローチャートを参照して説明する。

[0134] まず、検証装置1Jを用いた検証方法の概要を説明する。抽出装置3Jが命令の中間データの抽出を行う。ここでいう中間データとは、前述したように、データ制約条件を持つ命令が参照データとして選択可能なレジスタ番号とそのレジスタが格納しているデータ値である。

[0135] 実行制御装置4Jは、抽出装置3Jから供給される中間データを用いて命令供給装置52に供給する命令発行制約を作成する。命令生成装置52は、供給される命令発行制約に基づいて命令を生成して命令供給装置6を介してシミュレーション装置7と期待値生成装置8とに供給する。シミュレーション装置7や期待値生成装置8の動作および比較装置9の動作は他の実施形態と同様である。

[0136] 以下、検証装置1Jを用いた検証方法の要部である実行制御装置4Jの処理を説明する。まず参照データ候補決定装置60が、参照データとしてその命令で使用可能なレジスタ(参照データ候補)を決定する。参照データ候補は、データ制約条件のある

命令全てに対応して決定される。以下、参照データ候補の決定方法の詳細を図28のフローチャートを参照して説明する。

[0137] 参照データ候補決定装置60は、データ制約条件を有する命令の一つを選択する(S2801)。抽出装置3Jから供給される中間データを用いて、参照データとして選択可能なレジスタが格納しているデータ値がデータ制約条件を満足しているか否かを解析する(S2802)。

[0138] S2802で満足していると判断する場合、そのレジスタを参照データ候補とする(S2803)。この解析はその命令において参照データとして選択可能な全てのレジスタに対して行う(S2804)。

[0139] データ制約条件を有する一つの命令においてS2802～S2804の処理が終了したら、データ制約条件を有する他の命令があるか否かを判断する(S2805)。S2805で他の命令があると判断する場合は、S2802～S2804の処理を実施する。これにより、データ制約条件を持つ全ての命令において、その参照データ候補(データ制約条件を満足する参照データ)を決定する。

[0140] 次に、全ての命令の参照データ候補が決定したのち、制御装置23Jは次の制御を実施する。制御装置23Jは、命令供給装置6がシミュレーション装置7と期待値生成装置8とに命令を供給する際において、参照データ候補決定装置60で決定した参照データ候補を参照してその命令を実行するように制御する。このうな制御は、具体的には次のようにして実施される。まず、制御装置23Jが、“その命令の実行に際しては参照データ候補決定装置60で決定した参照データ候補を参照してその命令を実行する”、という命令発行制約の作成を命令発行制約作成装置51Jに指示する。この指示を受けて命令発行制約作成装置51Jで生成される命令発行制約が、命令生成装置52に供給される。命令発行制約を受けた命令生成装置52は、その制約に従って命令を作成して命令供給装置6に与える。命令供給装置6は、与えられた命令(前記命令発行制約を含む)をシミュレーション装置7と期待値生成装置8とに供給する。これにより、上述した制御が実現される。

[0141] なお、検証装置1Jの実行制御装置4Jは、参照データを格納しているレジスタ値を観測することでデータ制約条件を満足する参照データ候補をあらかじめ用意してい

る。そして、データ制約条件のある命令をシミュレーション装置7と期待値生成装置8とに供給する際に、前記候補の中から参照データを選択させることで未定義結果の発生を防いでいる。

[0142] また、検証装置1Jでは、データ制約条件のある全ての命令において、参照データとして選択可能な全てのレジスタが参照データ候補となり得るか否かを解析する。したがって、参照データ候補は通常、複数となる。しかしながら、参照データ候補は必ずしも複数必要になるとは限らない。そのため、参照データ候補が1つ決定した時点で次の命令に対する処理に遷移しても良い。そうすることで参照データ候補決定装置60の実行時間を短縮することが可能である。また、参照データ候補が1つも無い場合には、その命令の発行を禁止するように命令供給装置6に指示すればよい。

[0143] なお、本実施の形態の制御方法は、図26の検証装置1Jの構成の他、図29の検証装置1J'でも同様に実施することができる。検証装置1J'は、基本的に検証装置1Jと同じ構成を備えており、同一ないし同様の部分には同一の符号を付している。しかしながら、若干異なる構成を有する部分には(')を付す。

[0144] 図26に示す制御装置23Jは、参照データ候補決定装置60の候補決定結果を命令発行制約として命令生成装置52に与えており、これにより、命令生成装置52が生成する命令において未定義結果が発生することを防いでいる。これに対して、図29に示す制御装置23J'は、参照データ候補決定装置60の結果を、命令生成制約作成装置50J'が生成する既存の命令生成制約に追加している。これにより検証装置1J'は、命令生成装置52が生成する命令で未定義結果が発生することを防いでいる。したがって、検証装置1J'では、命令発行制約作成装置51Jは設けられてない。

[0145] 以上、検証装置1J,1J'では、データ制約条件を有する命令が参照するレジスタ値から参照データ候補を決定している。そのため、命令生成装置52が命令を生成する際にその参照データ候補を参照することで未定義結果となる命令の発生を防ぐことができる。したがって、命令の実行結果が未定義結果となる命令の実行が阻止されて、擬似エラーによる検証の中断を防いで検証の高効率化が図れる。

[0146] なお、第1から第9までの実施の形態における検証装置1Aー1J、1J'およびその検証方法では、検証対象はプロセッサに限定されるわけでなく、検証対象で実行される

処理の中間データの値に応じて実行結果が未定義となる検証対象全てに適用可能である。テストパターンについても、手で記述したテストパターンであってもランダムに生成したテストパターンでも構わない。また各実施の形態では、参照データのデータ制約条件を要因とする未定義結果について記述したが、抽出装置3A,3B,3Jが未定義結果となる要因情報を抽出することができそれをデータ制約情報に登録することができるならば、未定義結果の要因がそれ以外の場合でも対応可能である。例えば、命令実行時に割込み等の外的要因により実行結果が未定義となる場合についても、第7の実施の形態のように未定義結果を更新することで対応可能である。

産業上の利用可能性

[0147] 本発明にかかる検証装置および検証方法は、テストパターンを検証対象のシミュレータと期待値とを生成するシミュレータに与える際のシミュレーション結果と期待値とを比較して検証する際に、命令の実行時に参照する参照データの値がデータ制約条件を満足していないことに起因して生じる、実行結果が未定義となって比較時に擬似エラーが発生する、という課題を解決している。

[0148] 具体的には、未定義結果の発生を事前に妨げたり、未定義結果が発生したことによる影響をそれ以降のシミュレーションを制御することで無くし擬似エラーによる検証の中断を防ぐことで、上記課題を解決し、これによって高効率な検証を実現している。本発明は、計算機上での半導体集積回路の検証等として特に有用である。

請求の範囲

[1] 1個以上のプロセッサを含む回路データ部と、シミュレーション装置と、期待値生成装置と、比較装置と、抽出装置と、実行制御装置とを有し、

前記シミュレーション装置は、前記プロセッサで実行可能な命令のシミュレーション動作を前記回路データ部で実行してシミュレーション結果を生成するものであり、

前記期待値生成装置は、前記命令をシミュレーションする際の期待値を生成するものであり、

前記比較装置は、前記シミュレーション結果と前記期待値とを比較するものであり、

前記抽出装置は、前記期待値生成装置が前記期待値を生成する際に参照する情報または生成する期待値を抽出するものであり、

前記実行制御装置は、前記抽出装置が抽出する情報に基づいて、前記命令がそのデータ制約条件を満たすか否かを判断し、その判断結果に基づいて前記シミュレーション装置と前記期待値生成装置とにおける前記命令の実行を制御するものである、検証装置。

[2] 請求項1の検証装置において、

前記実行制御装置は、前記抽出装置が抽出する情報を格納しているレジスタ値を観測することで、前記命令がそのデータ制約条件を満たすか否かを判断するものである、検証装置。

[3] 請求項1の検証装置において、

前記実行制御装置は、前記判断結果に基づいて前記シミュレーション装置と前記期待値生成装置とにおける前記命令の実行を停止するものである、検証装置。

[4] 請求項3の検証装置において、

前記抽出装置は、前記期待値生成装置で実行される命令とその命令の実行時に参照される参照データとを抽出するものであり、

前記実行制御装置は、

前記命令がその実行時に参照する参照データの制約条件の有無と、その制約条件の内容とを格納するデータ制約情報格納部と、

前記抽出装置が抽出する前記命令と前記参照データとを、前記データ制約情報格

納部に格納している情報に照合することで、当該命令がデータ制約条件を有するか否かを解析する命令解析装置と、

前記命令が前記データ制約条件を有する場合、当該命令を、前記データ制約情報格納部に格納している情報に照合することで、当該命令の参照データがそのデータ制約条件を満たすか否かを解析する参照データ解析装置と、

前記命令の参照データがそのデータ制約条件を満たさない場合、前記シミュレーション装置と前記期待値生成装置とを停止させる制御装置と、

を有する検証装置。

[5] 請求項1の検証装置において、

前記シミュレーション装置は、前記実行制御装置からの停止解除通知を受けるまで当該シミュレーション装置のシミュレーション動作を停止させる実行待機装置を有し、

前記期待値生成装置は、当該期待値生成装置を、直前に実行した命令の実行前の状態に遷移させる前状態戻り装置を有し、

前記実行制御装置は、

前記期待値生成装置での前記命令の実行結果である期待値が、実行結果として保証不可能な未定義結果となるか否かを判定する未定義結果判定装置と、

前記判断結果が、前記期待値が未定義結果であることを示す場合、前記実行待機装置によって前記シミュレーション装置の命令実行を停止させるとともに、前記前状態戻り装置によって前記期待値生成装置の状態遷移動作を実施させる制御装置と、

を有する検証装置。

[6] 請求項1の検証装置において、

前記抽出装置は、前記期待値生成装置で実行される命令とその命令の実行時に参照される参照データとを抽出するものであり、

前記実行制御装置は、

前記命令がその実行時に参照する参照データの制約条件の有無と、その制約条件の内容とを格納するデータ制約情報格納部と、

前記抽出装置が抽出する前記命令と前記参照データとを、前記データ制約情報格納部に格納している情報に照合することで、当該命令がデータ制約条件を有するか

否かを解析する命令解析装置と、

前記命令が前記データ制約条件を有する場合、当該命令を、前記データ制約情報格納部に格納している情報に照合することで、当該命令の参照データがそのデータ制約条件を満たすか否かを解析する参照データ解析装置と、

前記命令の参照データがそのデータ制約条件を満たさない場合、当該命令を、前記データ制約条件を有さない他の命令に置換したうえで、前記シミュレーション装置と前記期待値生成装置とで実行させる制御装置と、

を有する検証装置。

[7] 請求項1の検証装置において、

前記抽出装置は、前記期待値生成装置で実行される命令とその命令の実行時に参照される参照データとを抽出するものであり、

前記実行制御装置は、

前記命令がその実行時に参照する参照データの制約条件の有無と、その制約条件の内容とを格納するデータ制約情報格納部と、

前記抽出装置が抽出する前記命令と前記参照データとを、前記データ制約情報格納部に格納している情報に照合することで、当該命令がデータ制約条件を有するか否かを解析する命令解析装置と、

前記命令が前記データ制約条件を有する場合、当該命令を、前記データ制約情報格納部に格納している情報に照合することで、当該命令の参照データがそのデータ制約条件を満たすか否かを解析する参照データ解析装置と、

前記命令の参照データがそのデータ制約条件を満たさない場合、前記命令を、その参照データがデータ制約条件を満たす命令に修正したうえで、その修正命令を前記シミュレーション装置と前記期待値生成装置とで実行させる制御装置と、

を有する検証装置。

[8] 請求項7の検証装置において、

前記制御装置は、データ制約条件を満たさない参照データを有する命令の前記参照データを、データ制約条件を満たす他の参照データに置換したうえで、その命令を前記シミュレーション装置と前記期待値生成装置とで実行させるものである、検証

装置。

[9] 請求項8の検証装置において、

前記制御装置は、

前記参照データ解析装置によってデータ制約条件を満たさない参照データを有すると判定された命令の他の参照データ候補を探索する参照データ候補探索装置と、

前記参照データ候補探索装置で探索された前記他の参照データ候補が前記データ制約条件を満たすか否かを解析する参照データ候補解析装置と、

前記他の参照データ候補が前記データ制約条件を満たす場合、前記参照データを前記参照データ候補に置換する参照データ置換装置と、

を有する検証装置。

[10] 請求項7の検証装置において、

前記制御装置は、データ制約条件を満たさない参照データを参照する命令の当該参照データを更新する更新命令を作成したうえで、その更新命令を、前記命令より時間的に前において前記シミュレーション装置と前記期待値生成装置とで実行させるものである、検証装置。

[11] 請求項10の検証装置において、

前記制御装置は、

前記参照データ解析装置によってデータ制約条件を満たさない参照データを参照すると判定された命令の前記参照データを、データ制約条件を満たす参照データに更新する更新命令を生成する命令生成装置と、

前記更新命令を、前記命令より時間的に前において前記シミュレーション装置と前記期待値生成装置とで実行可能に配置する命令配置装置と、

を有する検証装置。

[12] 請求項1の検証装置において、

前記抽出装置は、前記期待値生成装置で実行される命令とその命令の実行時に参照される参照データとを抽出するものであり、

前記実行制御装置は、

前記命令がその実行時に参照する参照データの制約条件の有無と、その制約条

件の内容とを格納するデータ制約情報格納部と、

前記抽出装置が抽出する前記命令と前記参照データとを、前記データ制約情報格納部のデータ制約情報に照合することで、当該命令がデータ制約条件を有するか否かを解析する命令解析装置と、

前記命令が前記データ制約条件を有する場合、当該命令の参照データがそのデータ制約条件を満たすか否かを解析する参照データ解析装置と、

前記命令の参照データがそのデータ制約条件を満たさない場合、前記シミュレーション装置と前記期待値生成装置とにおいて前記命令の参照データを、そのデータ制約条件を満たすように強制的に更新する制御装置と、

を有する検証装置。

[13] 請求項1の検証装置において、

前記抽出装置は、前記期待値生成装置で実行される命令とその命令の実行時に参照される参照データとを抽出するものであり、

前記実行制御装置は、

前記命令がその実行時に参照する参照データの制約条件の有無と、その制約条件の内容とを格納するデータ制約情報格納部と、

前記抽出装置が抽出する前記命令と前記参照データとを、前記データ制約情報格納部のデータ制約情報に照合することで、当該命令がデータ制約条件を有するか否かを解析する命令解析装置と、

前記命令が前記データ制約条件を有する場合、当該命令の参照データがそのデータ制約条件を満たすか否かを解析する参照データ解析装置と、

前記命令の参照データがそのデータ制約条件を満たさない場合、前記シミュレーション装置と前記期待値生成装置とにおいて前記命令を実行した結果として得られるシミュレーション結果と期待値とを、互いに同一の値となるように更新する制御装置と、

を有する検証装置。

[14] 請求項1の検証装置において、

前記抽出装置は、前記期待値生成装置で実行される命令とその命令の実行時に

参照される参照データとを抽出するものであり、

前記実行制御装置は、

前記命令がその実行時に参照する参照データの制約条件の有無と、その制約条件の内容とを格納するデータ制約情報格納部と、

前記抽出装置が抽出する前記命令と前記参照データとを、前記データ制約情報格納部に格納している情報に照合することで、当該命令がデータ制約条件を有するか否かを解析する命令解析装置と、

前記命令が前記データ制約条件を有する場合、当該命令の参照データがそのデータ制約条件を満たすか否かを解析する参照データ解析装置と、

前記命令の参照データがそのデータ制約条件を満たさない場合、前記シミュレーション装置と前記期待値生成装置とにおいて前記命令を実行した結果として得られるシミュレーション結果および期待値を更新する更新命令を生成したうえで、当該更新命令を、前記シミュレーション装置および前記期待値生成装置で実行させる制御装置と、

を有する検証装置。

[15] 1個以上のプロセッサを含む回路データ部で命令のシミュレーション動作を実施してその命令のシミュレーション結果を求めるとともに、前記命令を用いて当該命令をシミュレーションする際の期待値を求めたうえで、前記シミュレーション結果と前記期待値との比較に基づいて前記回路データ部の検証を行う方法であって、

前記期待値を生成する際に参照する情報または生成する期待値を抽出する抽出工程と、

前記抽出工程で抽出する情報に基づいて、前記命令がそのデータ制約条件を満たすか否かを判断する判断工程と、

前記判断工程による判断結果に基づいて、前記命令のシミュレーション動作と前記命令の期待値生成動作とを制御する制御工程と、

を含む検証方法。

[16] 請求項15の検証方法において、

前記制御工程は、前記抽出工程において抽出する情報を格納しているレジスタ値

を観測することで、前記命令がそのデータ制約条件を満たすか否かを判断する工程である、検証方法。

[17] 請求項15の検証方法において、

前記データ制約条件として、前記参照データの値域を制限する条件を含むものを用いる、検証方法。

[18] 請求項15の検証方法において、

前記制御工程は、前記判断工程による判断結果に基づいて前記命令のシミュレーション動作と前記命令の期待値生成動作とを停止させる工程である、検証方法。

[19] 請求項18の検証方法において、

前記抽出工程は、前記期待値生成動作を実行する前記命令と、その命令の期待値生成動作時に参照される参照データとを抽出するステップを含み、

前記制御工程は、

前記抽出工程で抽出する前記命令の前記参照データがデータ制約条件を有するか否かを解析する命令解析ステップと、

前記命令が前記データ制約条件を有する場合、当該命令の参照データがそのデータ制約条件を満たすか否かを解析する参照データ解析ステップと、

前記命令の参照データがそのデータ制約条件を満たさない場合、前記命令のシミュレーション動作と前記命令の期待値生成動作とを停止させる制御ステップと、

を含む検証方法。

[20] 請求項19の検証方法において、

前記制御ステップは、次の命令として、前記データ制約条件の無い前記命令または前記データ制約条件を満たす前記命令が供給されるまで、前記命令のシミュレーション動作と前記命令の期待値生成動作とを停止させるステップである、検証方法。

[21] 請求項15の検証方法において、

前記制御工程は、前記判断工程による判断結果に基づいて前記命令の次に実行される次命令のシミュレーション動作と当該次命令の期待値生成動作との実行を制御する工程である、検証方法。

[22] 請求項21の検証方法において、

前記制御工程は、前記判断工程による判断結果に基づいて、前記命令のシミュレーション動作を停止させるとともに、当該命令の期待値生成動作を、動作実行前の状態に遷移させる工程である、検証方法。

[23] 請求項22記載の検証方法において、

前記抽出工程は、前記命令の期待値生成動作によって得られる前記期待値を抽出する工程であり、

前記制御工程は、

前記命令の期待値生成動作によって得られる期待値が、前記命令の実行結果として保証不可能な未定義結果となるか否かを判定する未定義結果判定ステップと、

前記判断結果が、前記期待値が未定義結果であることを示す場合、前記命令のシミュレーション動作を停止させるとともに、当該命令の期待値生成動作を、動作実行前の状態に遷移させる前状態戻りステップと、

を含む検証方法。

[24] 請求項15の検証方法において、

前記抽出工程は、前記期待値生成動作で実行される命令とその命令の実行時に参照される参照データとを抽出するステップを含み、

前記制御工程は、

前記抽出工程で抽出した前記命令と前記参照データとを、前記命令がその実行時に参照する参照データの制約条件に照合することで、当該命令がデータ制約条件を有するか否かを解析する命令解析ステップと、

前記命令がデータ制約条件を有する場合、当該命令の参照データを、当該命令がその実行時に参照する参照データの制約条件に照合することで、当該命令の参照データがそのデータ制約条件を満たすか否かを解析する参照データ解析ステップと、

前記命令の参照データがそのデータ制約条件を満たさない場合、当該命令を、前記データ制約条件を有さない他の命令に置換したうえで、当該命令のシミュレーション動作と期待値生成動作とを実行する制御ステップと、

を含む検証方法。

[25] 請求項15の検証方法において、

前記抽出工程は、前記期待値生成動作で実行される命令とその命令の実行時に参照される参照データとを抽出するステップを含み、

前記制御工程は、

前記抽出工程で抽出する前記命令と前記参照データとを、前記命令がその実行時に参照する参照データの制約条件に照合することで、当該命令がデータ制約条件を有するか否かを解析する命令解析ステップと、

前記命令が前記データ制約条件を有する場合、当該命令の参照データがそのデータ制約条件を満たすか否かを解析する参照データ解析ステップと、

前記命令の参照データがそのデータ制約条件を満たさない場合、当該命令を、その参照データがデータ制約条件を満たす命令に修正したうえで、その修正命令のシミュレーション動作とその修正命令の期待値生成動作とを実行する制御ステップと、

を含む検証方法。

[26] 請求項25の検証方法において、

前記制御ステップは、前記命令の前記参照データが前記データ制約条件を満たさない場合、当該命令の参照データを、前記データ制約条件を満たす他の参照データに置換するステップである、検証方法。

[27] 請求項26の検証方法において、

前記制御ステップは、

前記参照データ解析ステップでデータ制約条件を満たさない参照データを有すると解析された前記命令の他の参照データ候補を探索する候補探索処理と、

前記候補探索処理で探索された前記他の参照データ候補が前記データ制約条件を満たすか否かを解析する候補解析処理と、

前記参照データを、前記データ制約条件を満たす前記他の参照データ候補に置換する参照データ置換処理と、

を含む検証方法。

[28] 請求項25の検証方法において、

前記制御ステップは、前記命令の前記参照データが前記データ制約条件を満たさ

ない場合、当該命令の参照データをデータ制約条件を満たす参照データに更新する更新命令を生成し、当該更新命令により前記参照データを更新したうえで、前記命令のシミュレーション動作と前記命令の期待値生成動作とを実行させるステップである、検証方法。

[29] 請求項28の検証方法において、

前記制御ステップは、

前記命令の参照データがそのデータ制約条件を満たさない場合、当該命令の参照データを、データ制約条件を満たす参照データに更新する更新命令を生成する更新命令生成処理と、

前記更新命令が、前記命令のシミュレーション動作と前記命令の期待値生成動作との実行前に実行されるように、当該更新命令を配置する命令配置処理と、

を含む検証方法。

[30] 請求項15の検証方法において、

前記制御工程は、前記判断工程により前記参照データが前記データ制約条件を満たさないと判断される場合、前記参照データを、前記データ制約条件を満たすデータに更新する工程である、検証方法。

[31] 請求項30の検証方法において、

前記抽出工程は、前記期待値生成動作で実行される命令とその命令の実行時に参照される参照データとを抽出するステップを含み、

前記制御工程は、

前記抽出工程で抽出する前記命令と前記参照データとを、前記命令がその実行時に参照する参照データの制約条件に照合することで、当該命令がデータ制約条件を有するか否かを解析する命令解析ステップと、

前記命令が前記データ制約条件を有する場合、当該命令の参照データがそのデータ制約条件を満たすか否かを解析する参照データ解析ステップと、

前記命令の参照データがそのデータ制約条件を満たさない場合、当該参照データを、データ制約条件を満たす参照データに強制的に更新したうえで、前記命令の前記シミュレーション動作と前記期待値生成動作とを実行させる制御ステップと、

を含む検証方法。

[32] 請求項24の検証方法において、

前記制御工程は、前記判断工程により前記参照データが前記データ制約条件を満たさないと判断される場合、前記命令のシミュレーション動作と前記命令の期待値生成動作とにより得られるシミュレーション結果と期待値とを、互いに同一の値となるように更新する工程である、検証方法。

[33] 請求項32の検証方法において、

前記抽出工程は、前記期待値生成動作で実行される命令とその命令の実行時に参照される参照データとを抽出するステップを含み、

前記制御工程は、

前記抽出工程で抽出する前記命令および前記参照データを、前記命令がその実行時に参照する参照データの制約条件に照合することで、当該命令がデータ制約条件を有するか否かを解析する命令解析ステップと、

前記命令が前記データ制約条件を有する場合、当該命令の参照データがそのデータ制約条件を満たすか否かを解析する参照データ解析ステップと、

前記命令の参照データがそのデータ制約条件を満たさない場合、前記命令のシミュレーション動作と前記命令の期待値生成動作とにより得られるシミュレーション結果と期待値とを、互いに同一の値となるように更新する制御ステップと、

を含む検証方法。

[34] 請求項32の検証方法において、

前記制御ステップは、前記シミュレーション結果を前記期待値と同一の値に更新する、あるいは前記期待値を前記シミュレーション結果と同一の値に更新するステップである、検証方法。

[35] 請求項15の検証方法において、

前記抽出工程は、前記期待値生成装置で実行される命令とその命令の実行時に参照される参照データとを抽出するステップを含み、

前記制御工程は、

前記抽出工程で抽出する前記命令と前記参照データとを、前記命令がその実行時

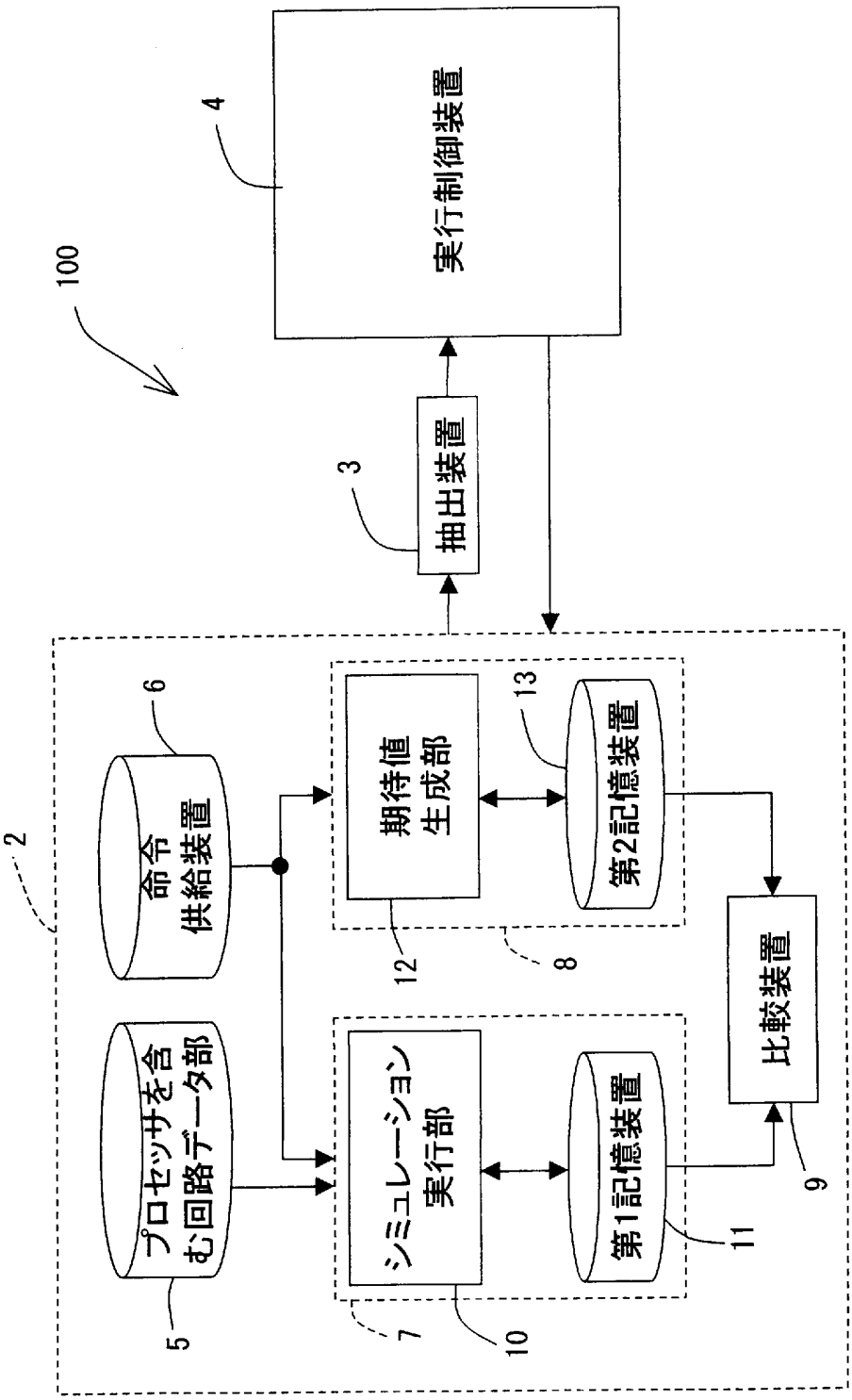
に参照するデータ制約条件に照合することで、当該命令がデータ制約条件を有するか否かを解析する命令解析ステップと、

前記命令が前記データ制約条件を有する場合、当該命令の参照データがそのデータ制約条件を満たすか否かを解析する参照データ解析ステップと、

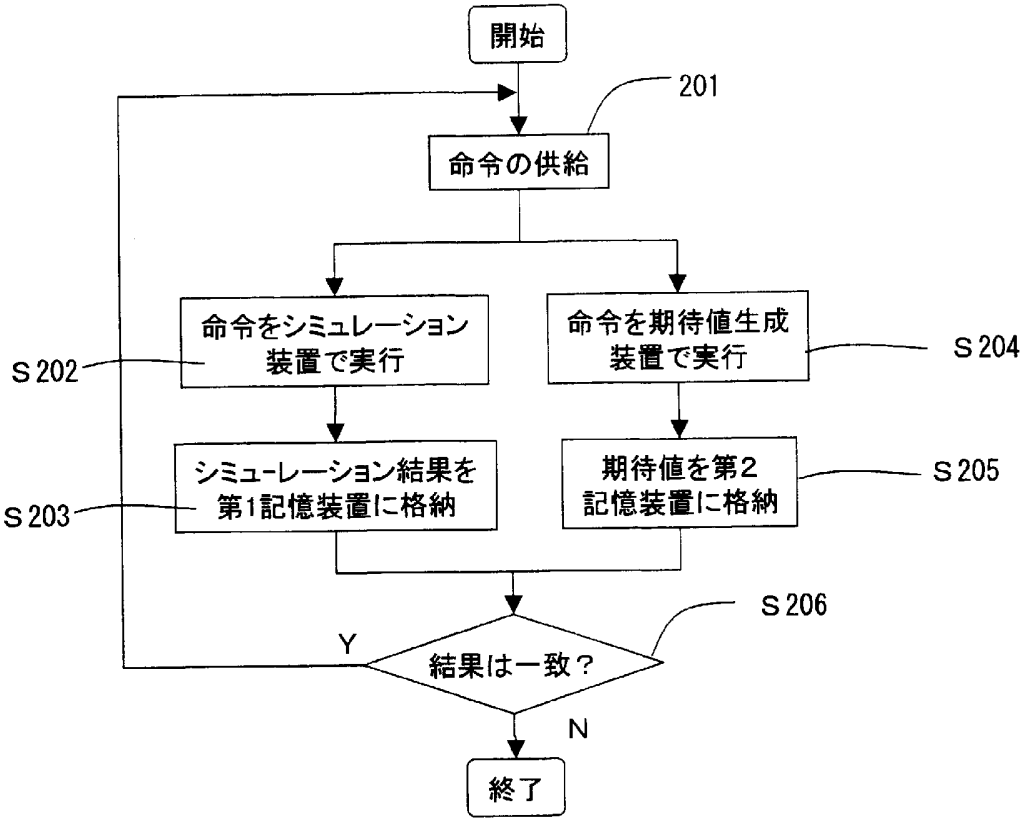
前記命令の参照データがそのデータ制約条件を満たさない場合、前記命令のシミュレーション動作および前記命令の期待値生成動作により得られるシミュレーション結果および期待値を更新する更新命令を生成したうえで、当該更新命令を、前記シミュレーション動作および前記期待値生成動作の後で実行させる制御ステップと、

を含む検証方法。

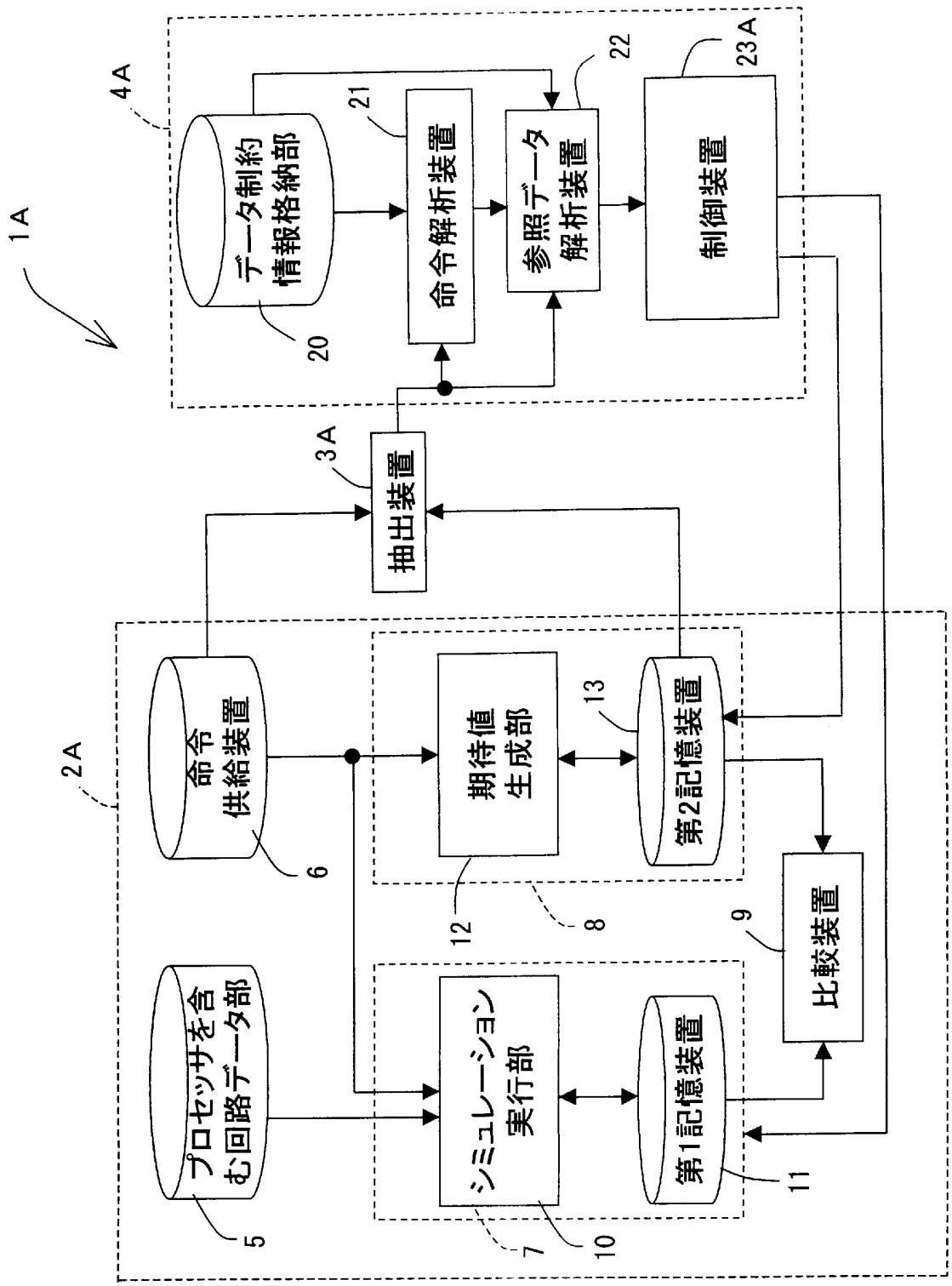
[図1]


100
4
実行制御装置
3
抽出装置
2
6
命令
供給装置
期待値
生成部
13
第2記憶装置
12
8
比較装置
プロセッサを含
む回路データ部
シミュレーション
実行部
第1記憶装置
5
7
10
11
9

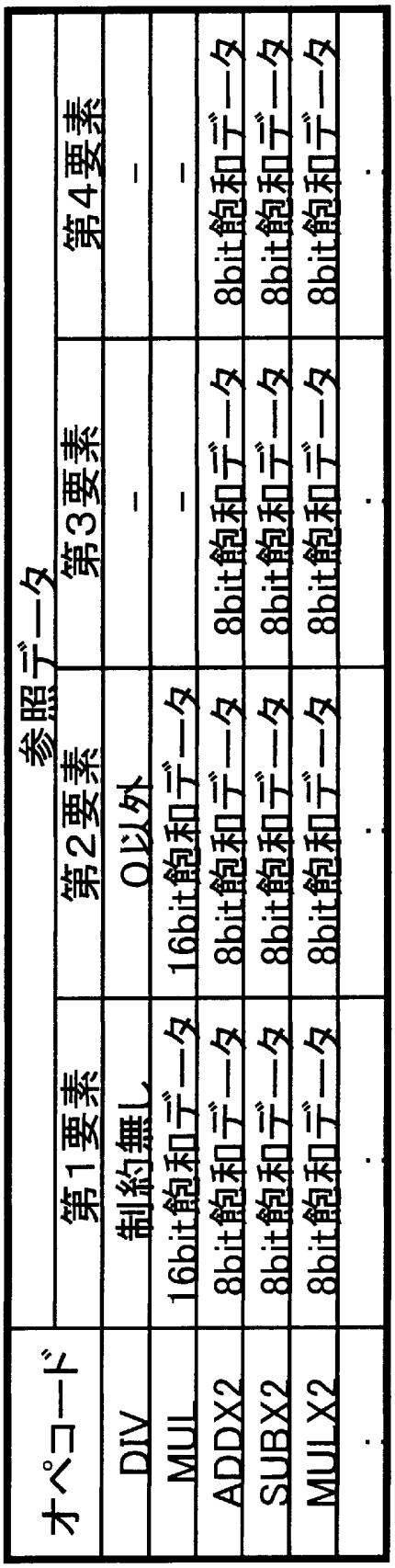
[図2]


開始
201
命令の供給
命令をシミュレーション装置で実行
S202
命令を期待値生成装置で実行
S204
シミュレーション結果を第1記憶装置に格納
S203
期待値を第2記憶装置に格納
S205
S206
Y
結果は一致？
N
終了

[図3]

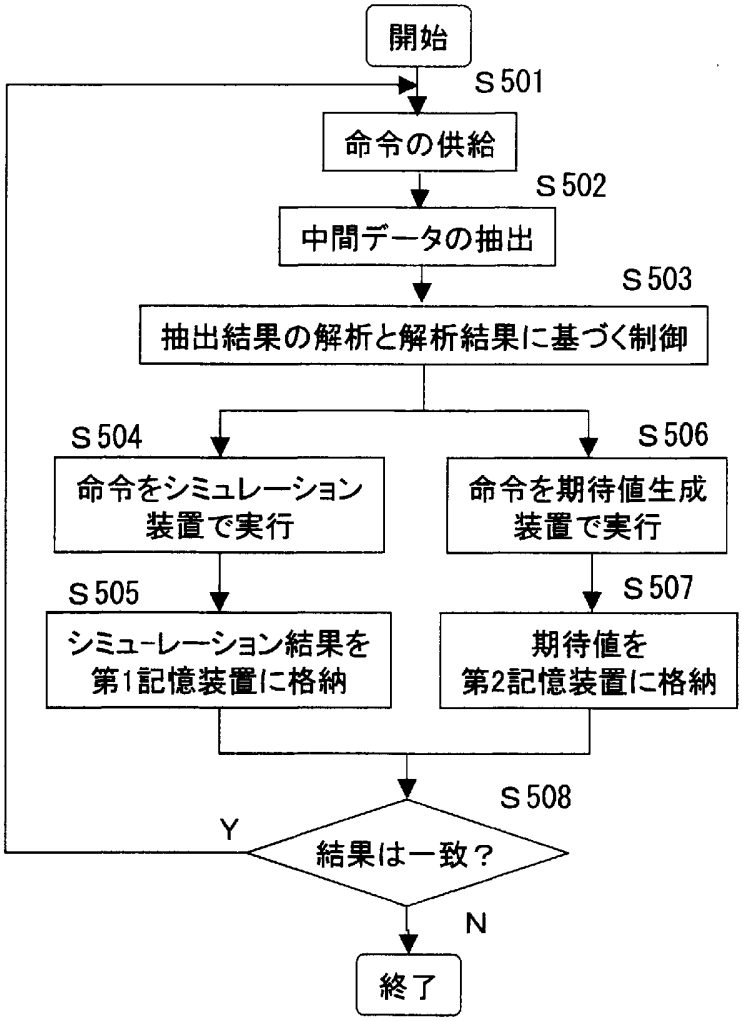

1A
4A
データ制約情報格納部
20
命令解析装置
21
参照データ解析装置
22
制御装置
23A
抽出装置
3A
2A
命令供給装置
6
期待値生成部
13
第2記憶装置
12
8
比較装置
9
プロセッサを含む回路データ部
5
シミュレーション実行部
7
10
第1記憶装置
11

[図4]

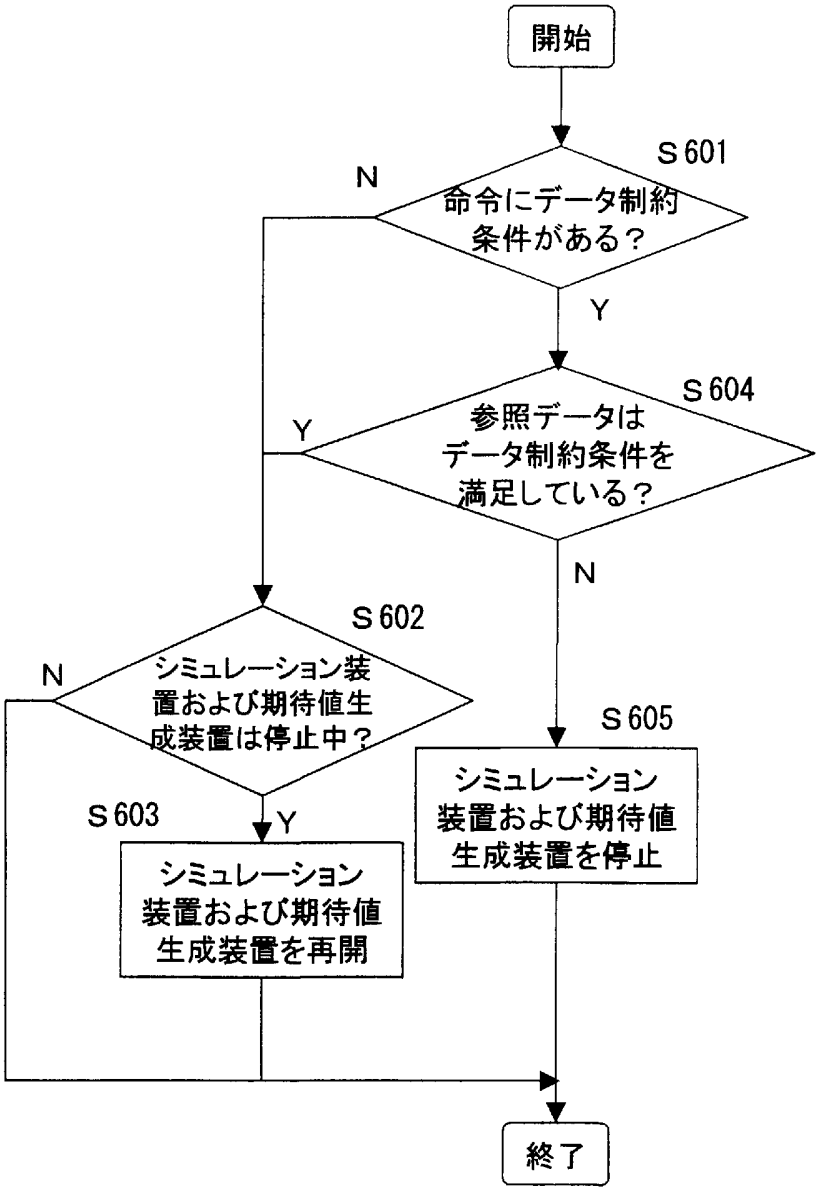


オペコード	参照データ			
	第1要素	第2要素	第3要素	第4要素
DIV	制約無し	Oレジスタ以外	–	–
MUL	16bit飽和データ	16bit飽和データ	–	–
ADDX2	8bit飽和データ	8bit飽和データ	8bit飽和データ	8bit飽和データ
SUBX2	8bit飽和データ	8bit飽和データ	8bit飽和データ	8bit飽和データ
MULX2	8bit飽和データ	8bit飽和データ	8bit飽和データ	8bit飽和データ
.	.	.	.	.

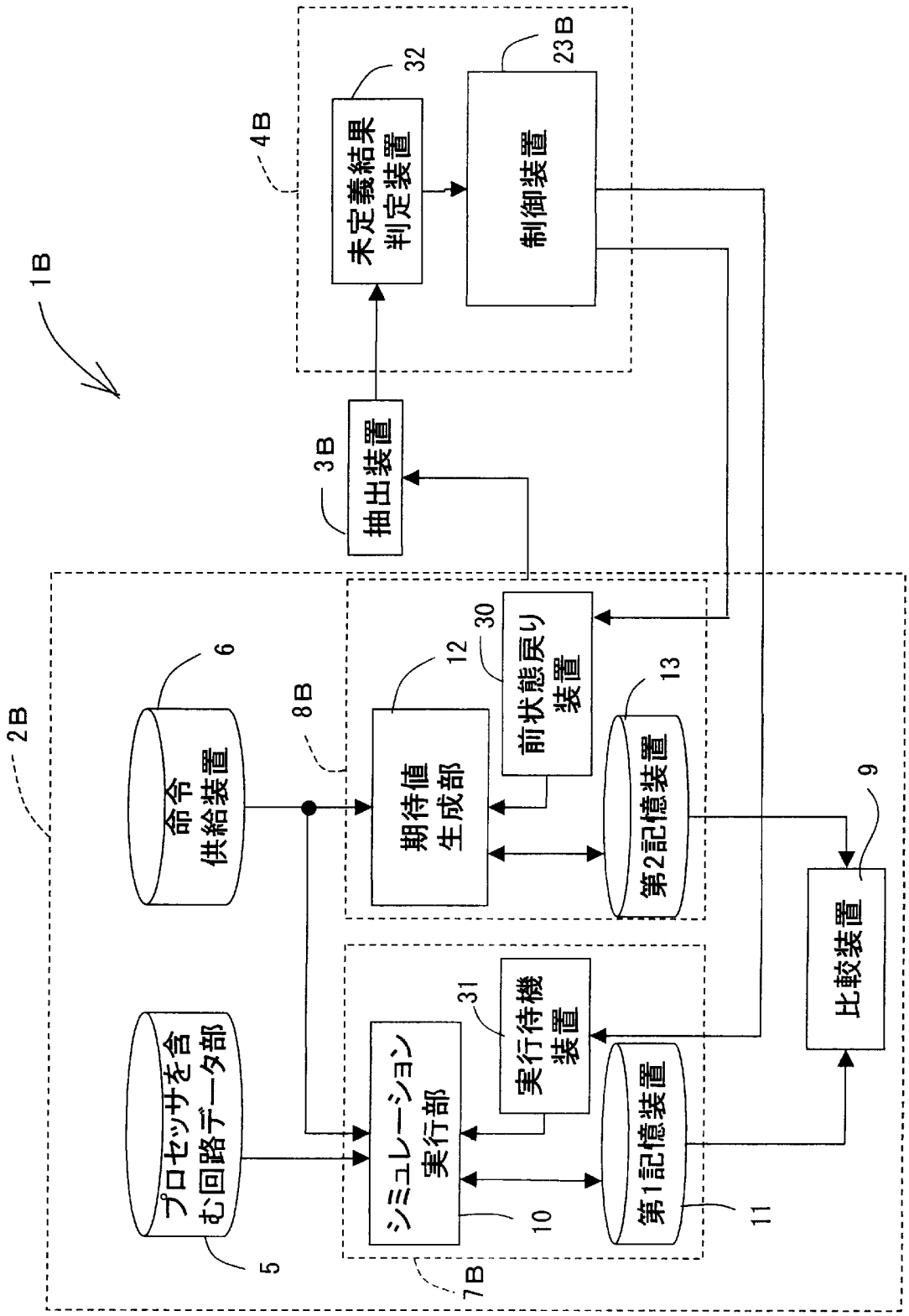
[図5]


開始
S501
命令の供給
S502
中間データの抽出
S503
抽出結果の解析と解析結果に基づく制御
S504
命令をシミュレーション装置で実行
S506
命令を期待値生成装置で実行
S505
シミュレーション結果を第1記憶装置に格納
S507
期待値を第2記憶装置に格納
S508
結果は一致？
Y
N
終了

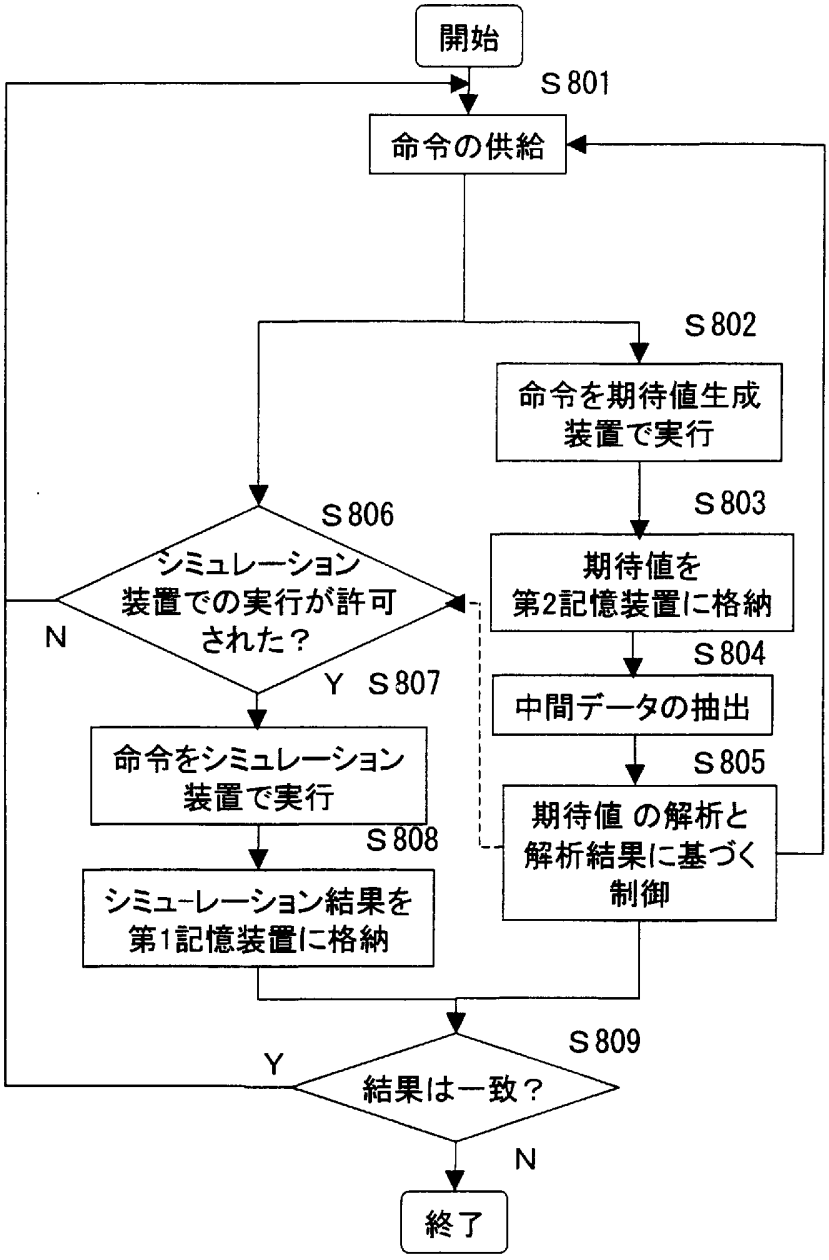
[図6]


開始
S 601
命令にデータ制約条件がある？
N
Y
S 604
参照データはデータ制約条件を満足している？
Y
N
S 602
シミュレーション装置および期待値生成装置は停止中？
N
Y
S 603
シミュレーション装置および期待値生成装置を再開
S 605
シミュレーション装置および期待値生成装置を停止
終了

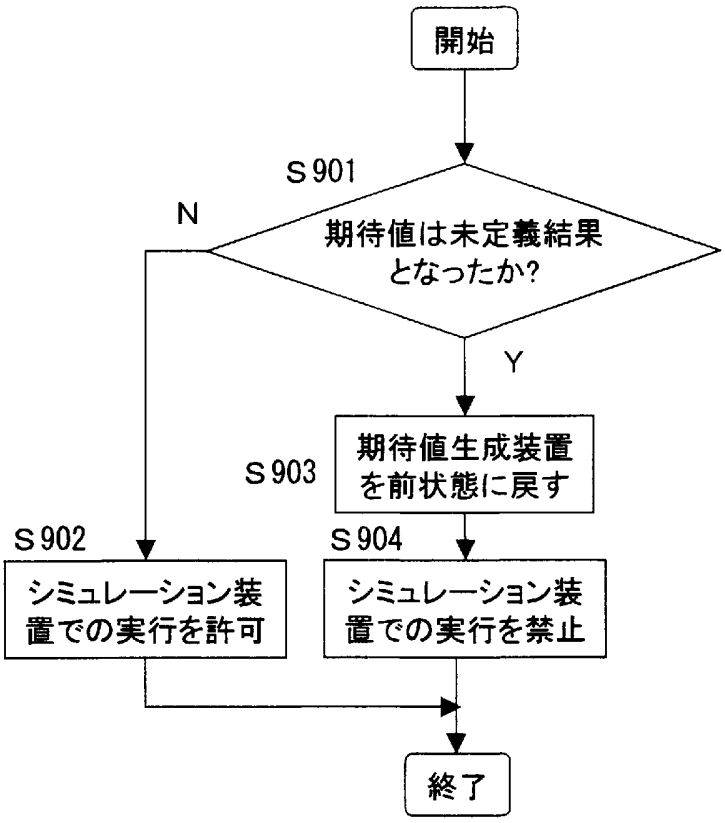
[図7]


1B
2B
3B
抽出装置
4B
未定義結果判定装置
32
制御装置
23B
命令供給装置
6
8B
期待値生成部
12
前状態戻り装置
30
第2記憶装置
13
比較装置
9
プロセッサを含む回路データ部
5
シミュレーション実行部
10
実行待機装置
31
第1記憶装置
11
7B

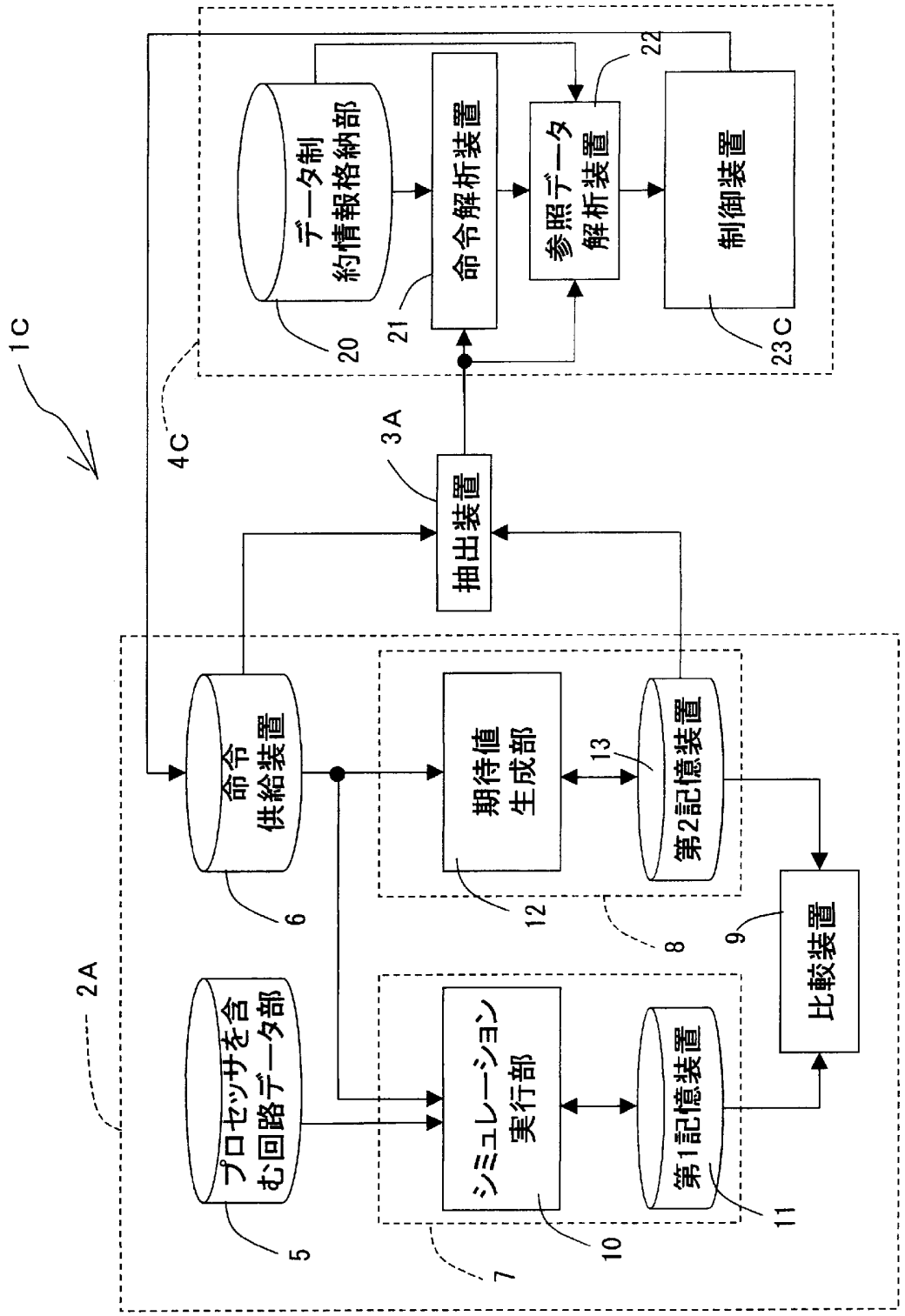
[図8]


開始
S801
命令の供給
S802
命令を期待値生成装置で実行
S803
期待値を第2記憶装置に格納
S804
中間データの抽出
S805
期待値 の解析と解析結果に基づく制御
S806
シミュレーション装置での実行が許可された？
N
Y
S807
命令をシミュレーション装置で実行
S808
シミュレーション結果を第1記憶装置に格納
S809
結果は一致？
Y
N
終了

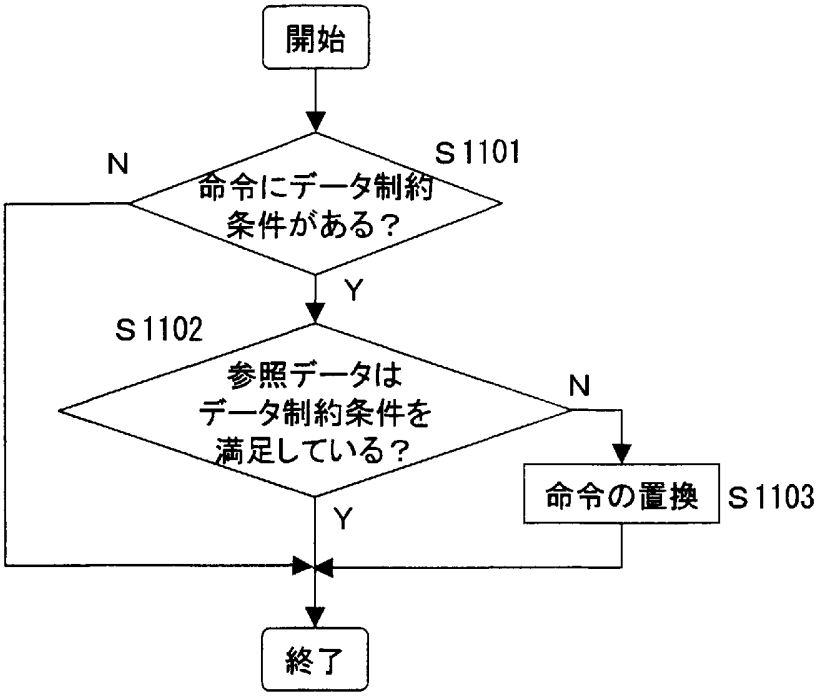
[図9]


開始
S901
期待値は未定義結果となったか?
N
Y
S903
期待値生成装置を前状態に戻す
S902
シミュレーション装置での実行を許可
S904
シミュレーション装置での実行を禁止
終了

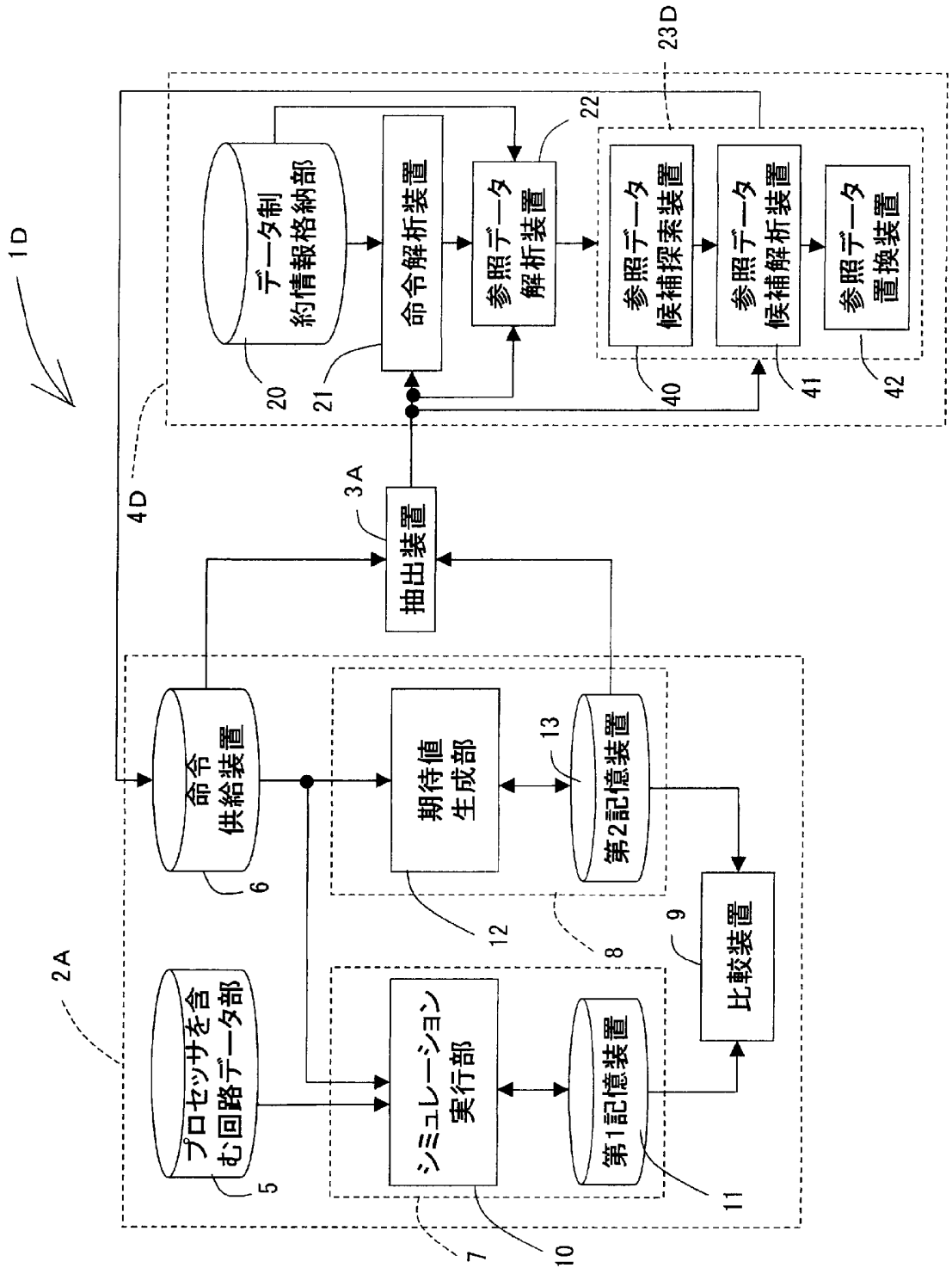
[図10]


1C
2A
4C
3A
データ制約情報格納部
命令解析装置
参照データ解析装置
制御装置
20
21
22
23C
抽出装置
命令供給装置
期待値生成部
第2記憶装置
比較装置
プロセッサを含む回路データ部
シミュレーション実行部
第1記憶装置
5
6
7
8
9
10
11
12
13

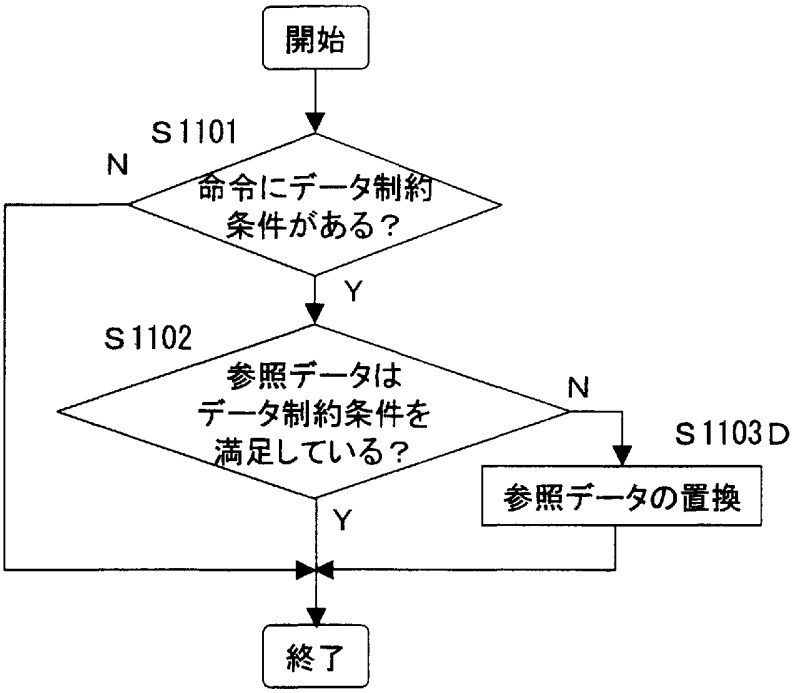
[図11]


開始
S1101
命令にデータ制約条件がある？
N
Y
S1102
参照データはデータ制約条件を満足している？
N
Y
命令の置換
S1103
終了

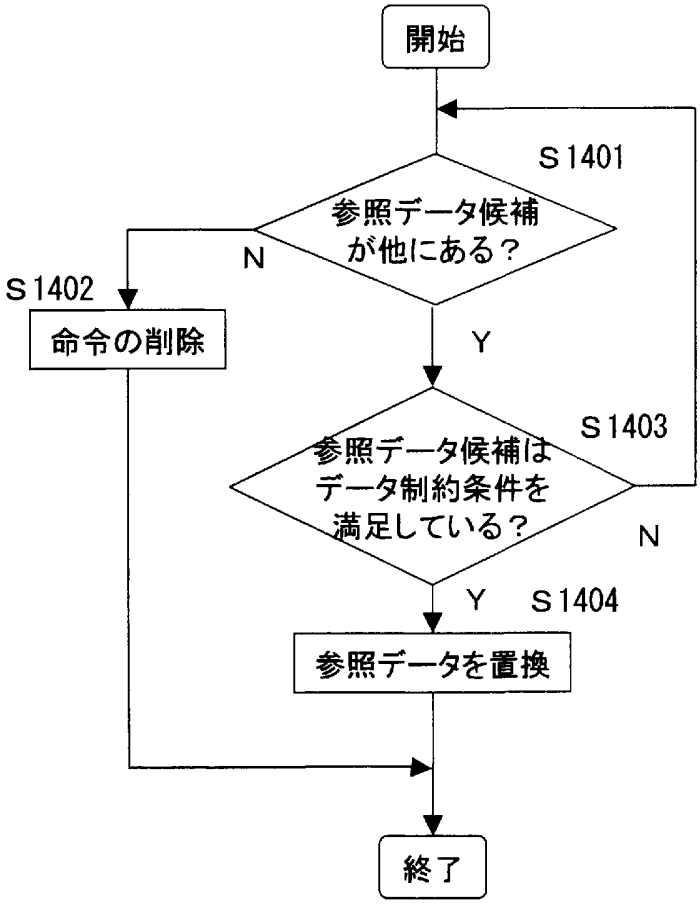
[図12]


1D
2A
3A
4D
5
6
7
8
9
10
11
12
13
20
21
22
23D
40
41
42
プロセッサを含む回路データ部
命令供給装置
抽出装置
期待値生成部
第2記憶装置
比較装置
シミュレーション実行部
第1記憶装置
データ制約情報格納部
命令解析装置
参照データ解析装置
参照データ候補探索装置
参照データ候補解析装置
参照データ置換装置

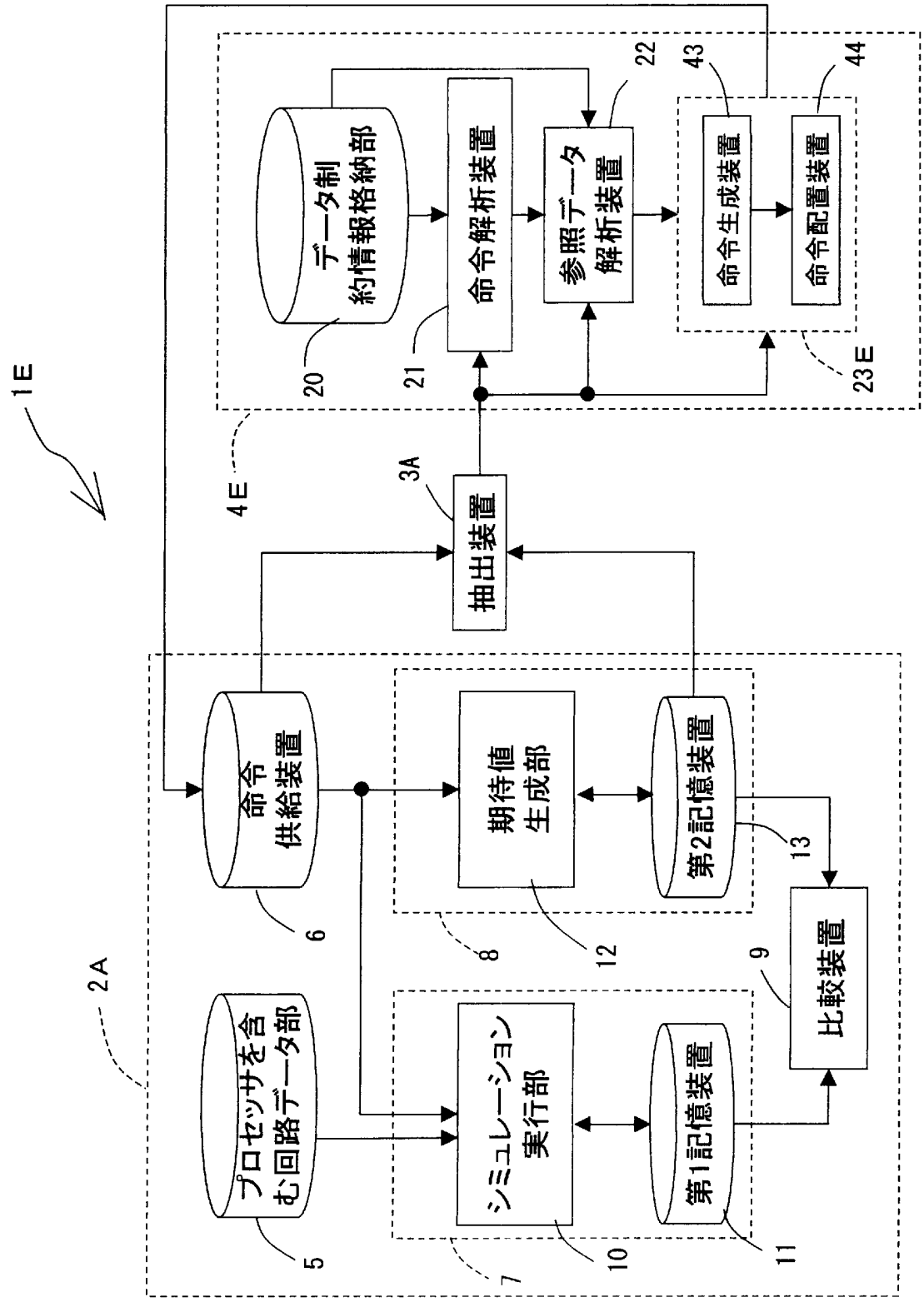
[図13]


開始
S1101
N
命令にデータ制約条件がある？
Y
S1102
参照データはデータ制約条件を満足している？
N
S1103D
参照データの置換
Y
終了

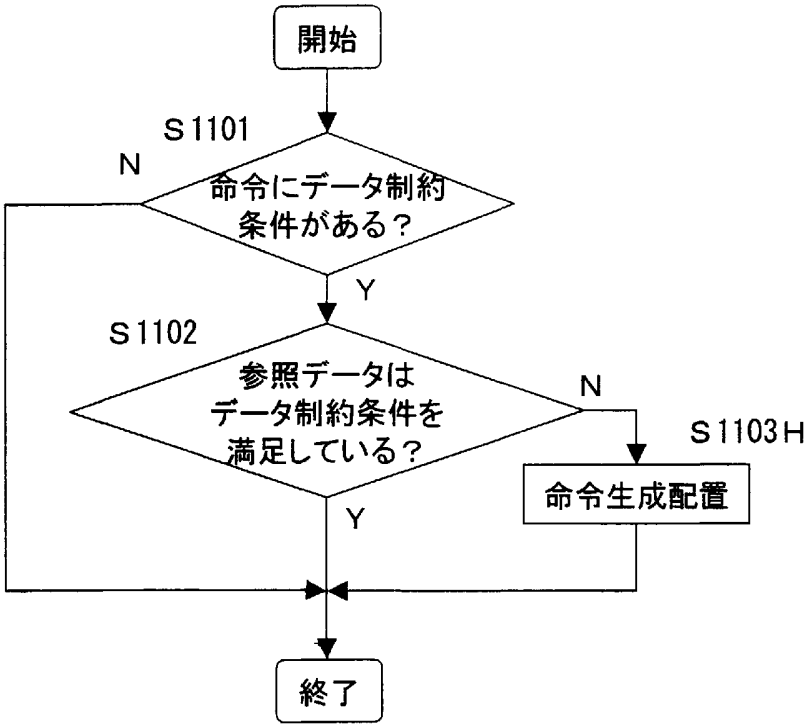
[図14]


開始
S1401
参照データ候補が他にある？
N
S1402
命令の削除
Y
S1403
参照データ候補はデータ制約条件を満足している？
N
Y
S1404
参照データを置換
終了

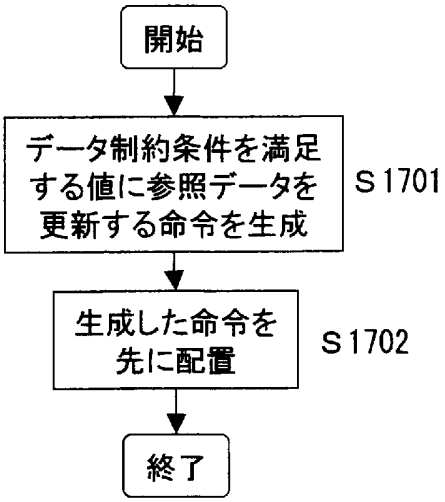
[図15]


1E
2A
4E
23E
3A
抽出装置
データ制約情報格納部
命令解析装置
参照データ解析装置
命令生成装置
命令配置装置
命令供給装置
期待値生成部
第2記憶装置
比較装置
プロセッサを含む回路データ部
シミュレーション実行部
第1記憶装置
20
21
22
43
44
6
8
12
13
9
5
7
10
11

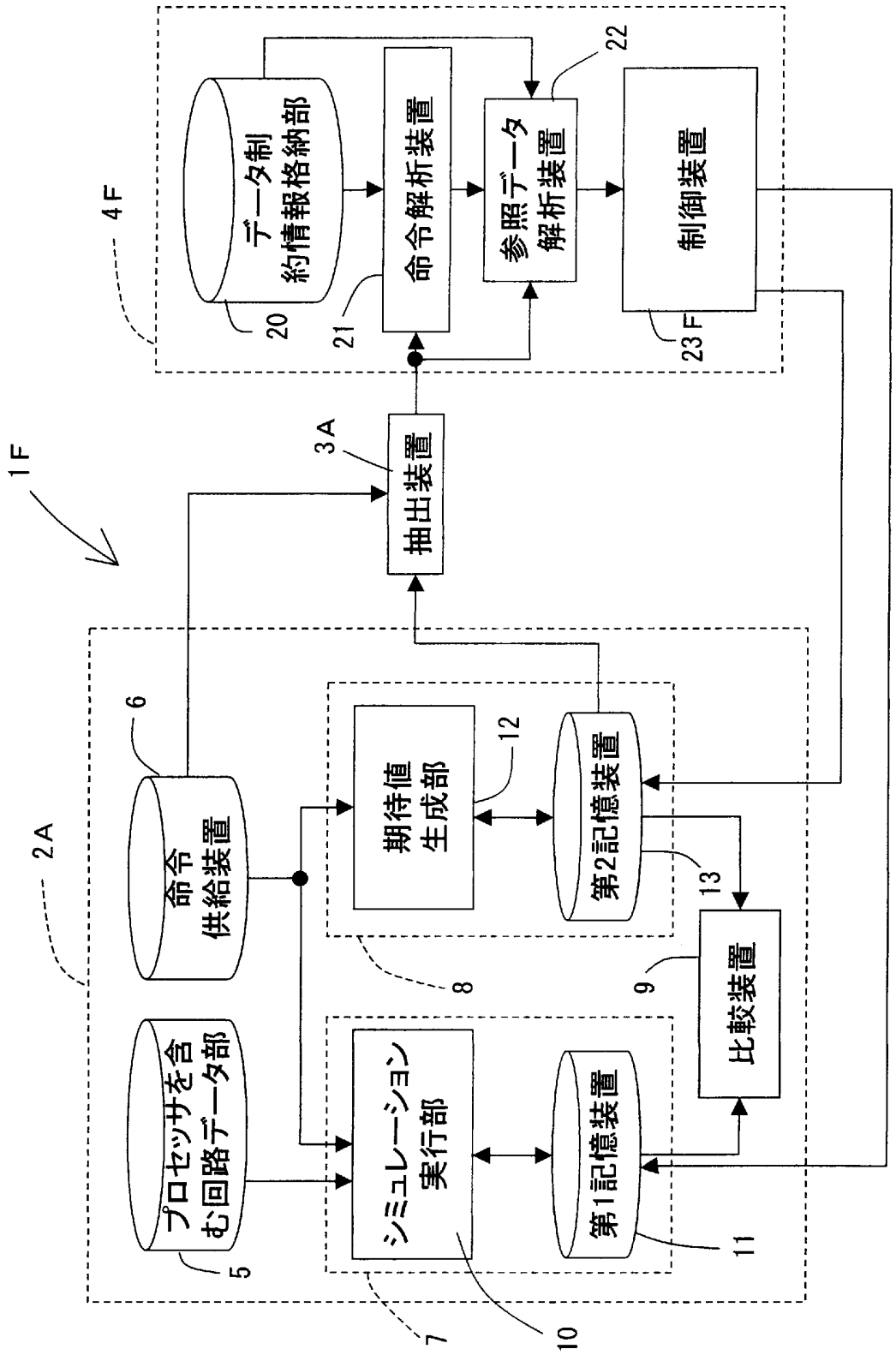
[図16]


開始
S1101
N
命令にデータ制約条件がある？
Y
S1102
参照データはデータ制約条件を満足している？
N
S1103H
命令生成配置
Y
終了

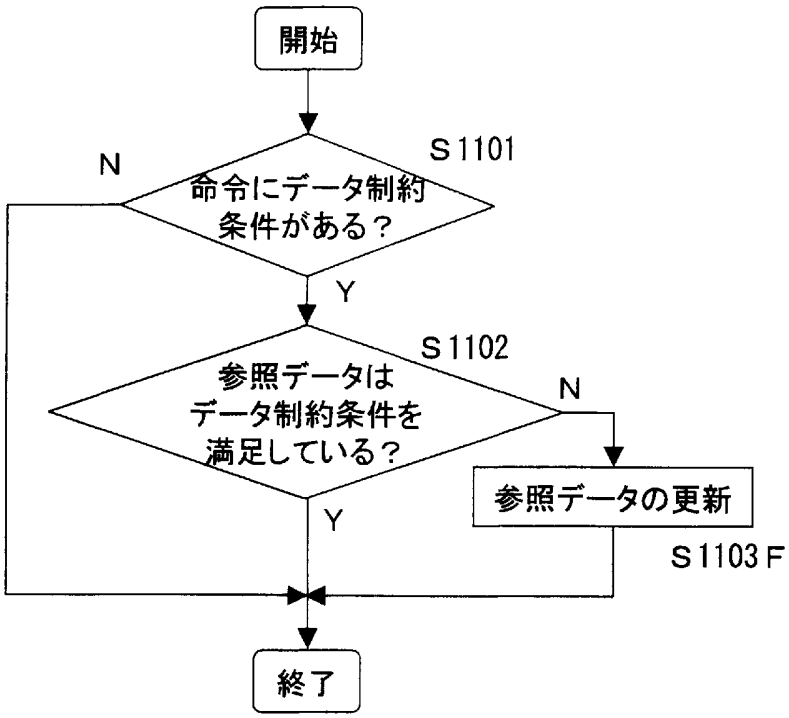
[図17]


開始
データ制約条件を満足する値に参照データを更新する命令を生成
S1701
生成した命令を先に配置
S1702
終了

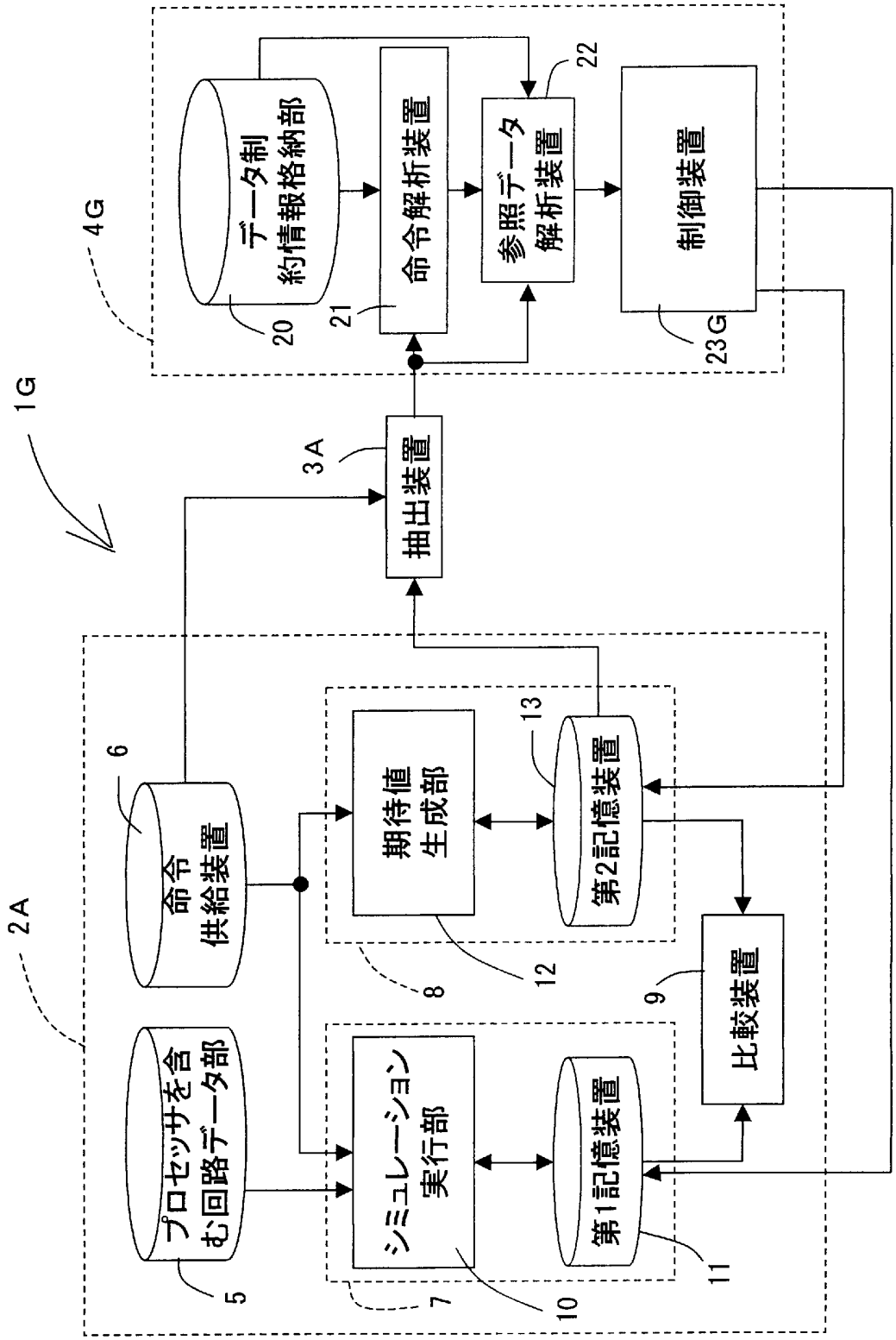
[図18]


1F
2A
3A
4F
5
6
7
8
9
10
11
12
13
20
21
22
23F
プロセッサを含む回路データ部
命令供給装置
シミュレーション実行部
期待値生成部
第1記憶装置
第2記憶装置
比較装置
抽出装置
データ制約情報格納部
命令解析装置
参照データ解析装置
制御装置

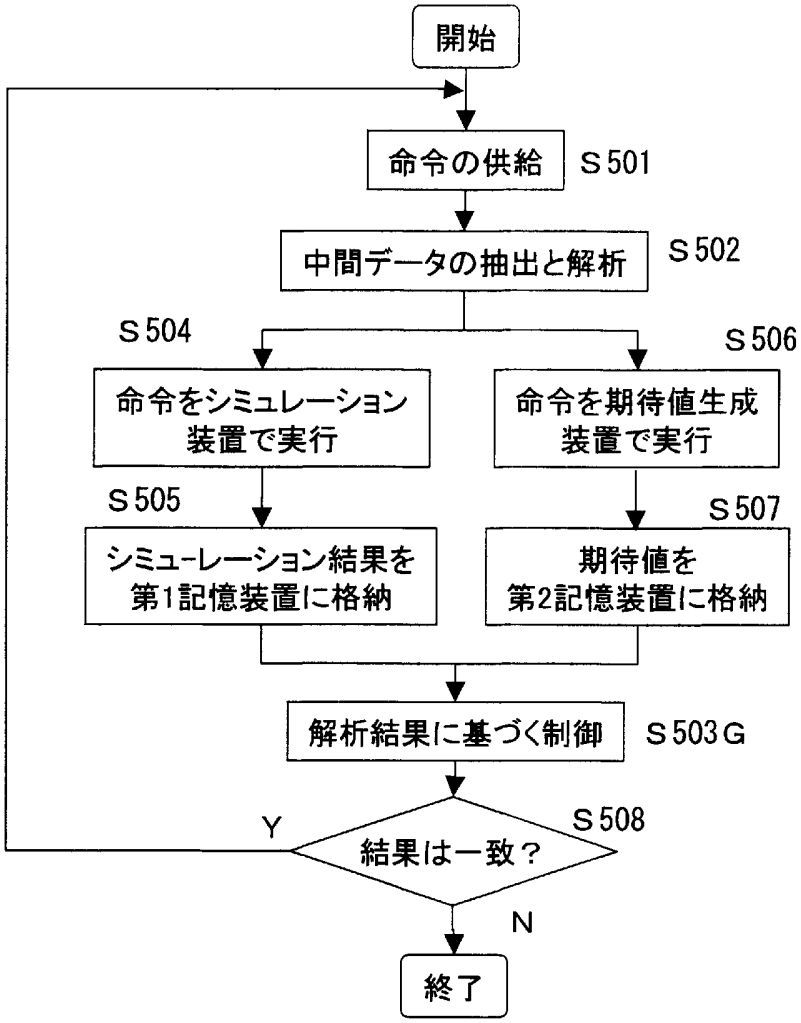
[図19]


開始
S1101
命令にデータ制約条件がある？
N
Y
S1102
参照データはデータ制約条件を満足している？
N
Y
参照データの更新
S1103F
終了

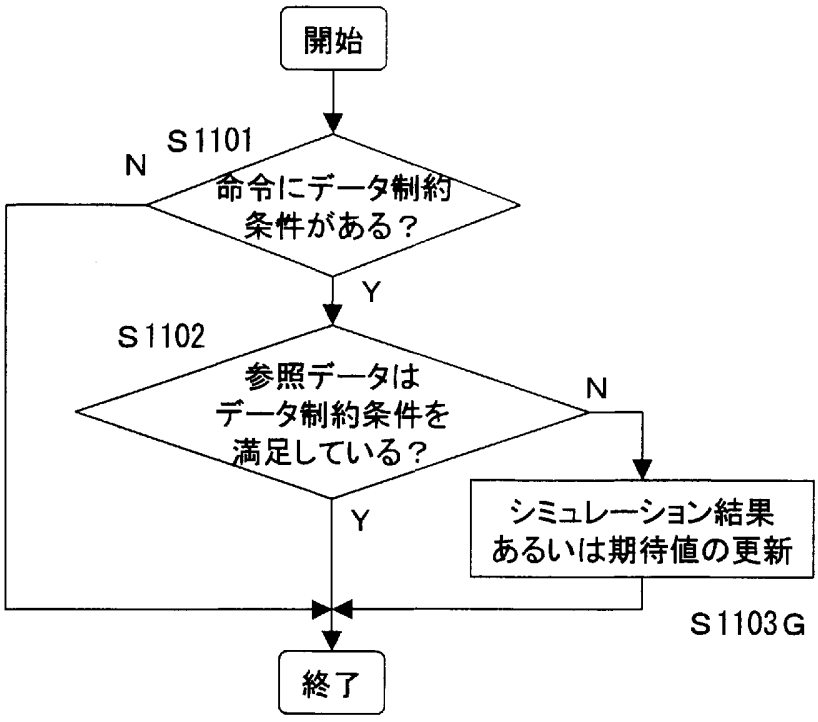
[図20]


1G
2A
3A
4G
5
6
7
8
9
10
11
12
13
20
21
22
23G
プロセッサを含む回路データ部
命令供給装置
シミュレーション実行部
期待値生成部
第1記憶装置
第2記憶装置
比較装置
抽出装置
データ制約情報格納部
命令解析装置
参照データ解析装置
制御装置

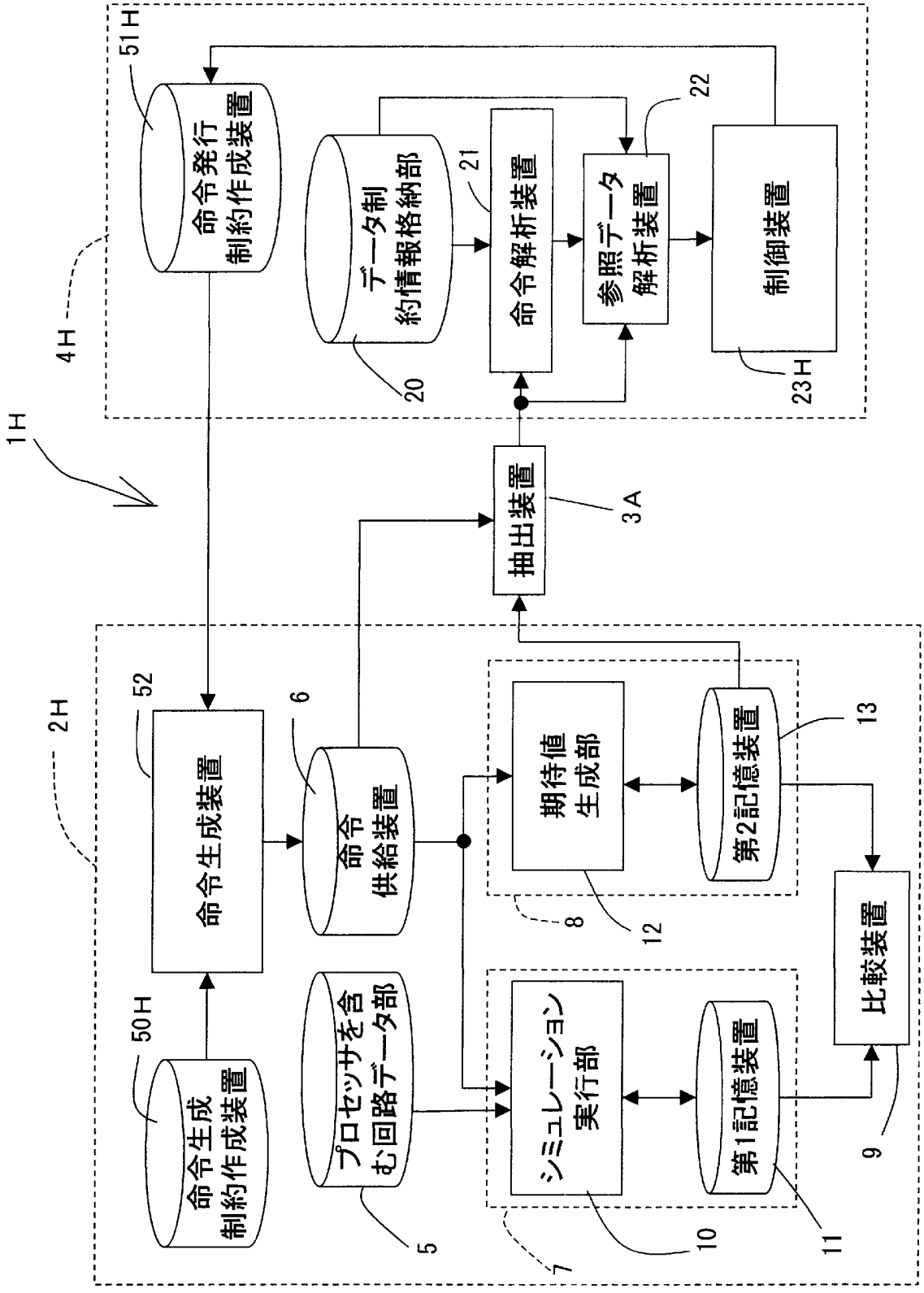
[図21]


開始
命令の供給
S501
中間データの抽出と解析
S502
S504
S506
命令をシミュレーション装置で実行
命令を期待値生成装置で実行
S505
S507
シミュレーション結果を第1記憶装置に格納
期待値を第2記憶装置に格納
解析結果に基づく制御
S503G
Y
S508
結果は一致？
N
終了

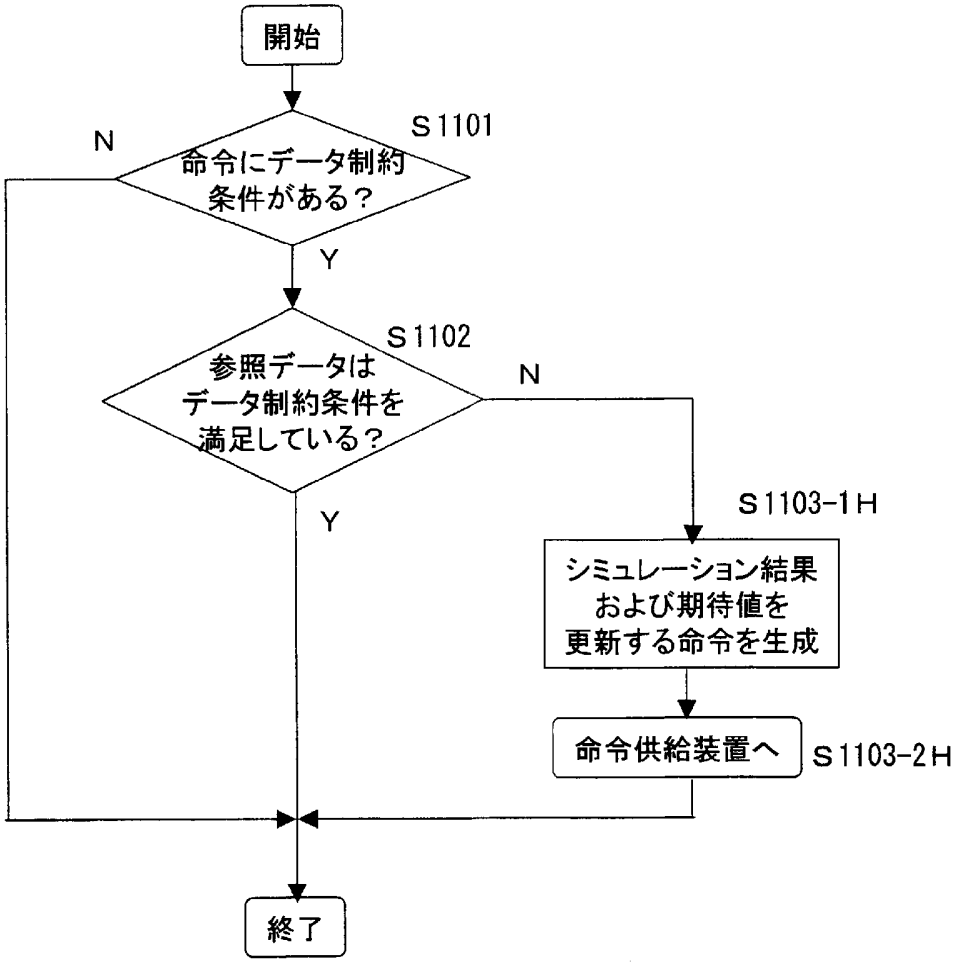
[図22]


開始
S1101
N
命令にデータ制約条件がある？
Y
S1102
参照データはデータ制約条件を満足している？
N
Y
シミュレーション結果あるいは期待値の更新
S1103G
終了

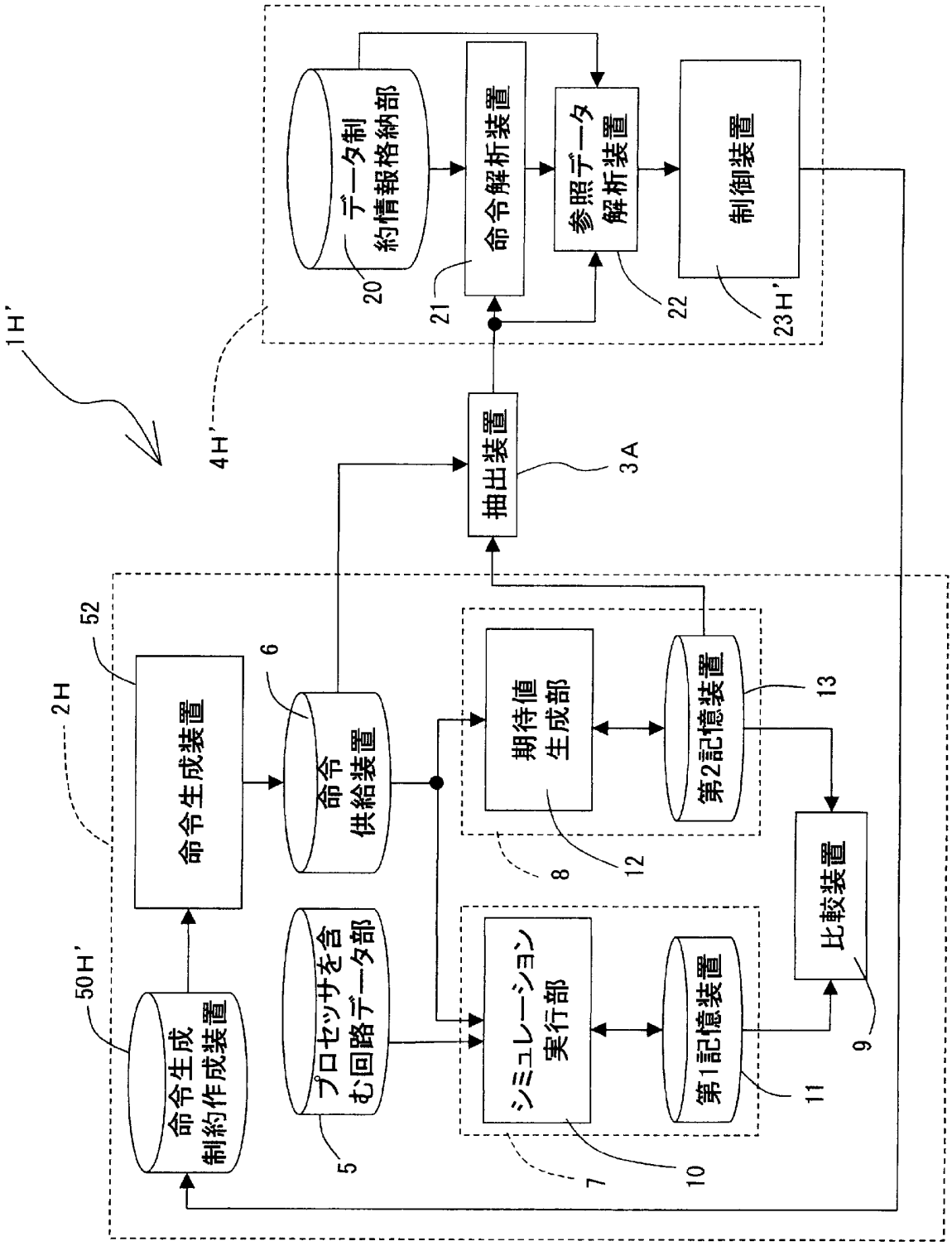
[図23]


1H
2H
4H
3A
5
6
7
8
9
10
11
12
13
20
21
22
23H
50H
51H
52
命令発行制約作成装置
データ制約情報格納部
命令解析装置
参照データ解析装置
制御装置
抽出装置
命令生成装置
命令供給装置
期待値生成部
第2記憶装置
プロセッサを含む回路データ部
シミュレーション実行部
第1記憶装置
比較装置
命令生成制約作成装置

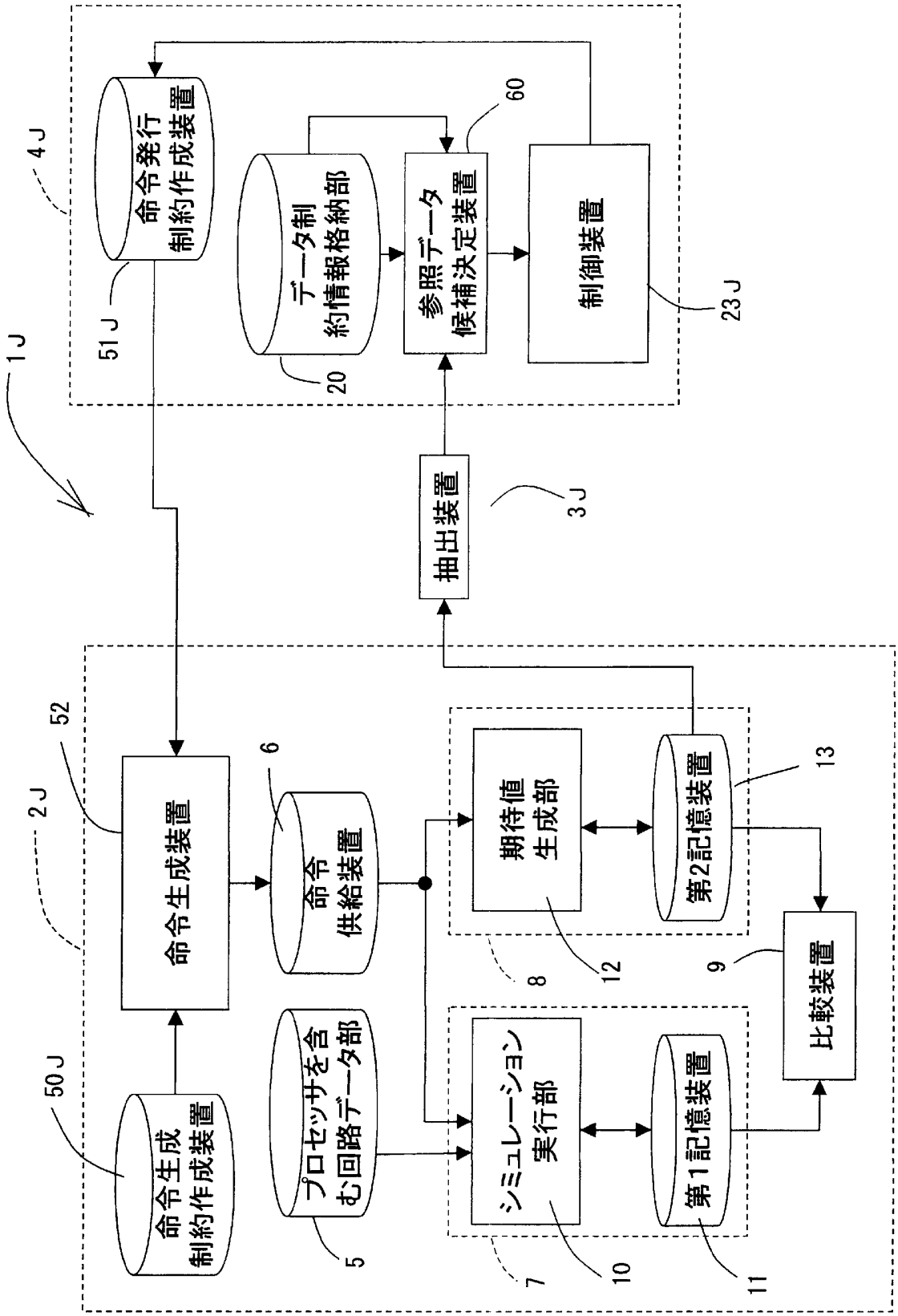
[図24]


開始
S1101
命令にデータ制約条件がある？
N
Y
S1102
参照データはデータ制約条件を満足している？
N
Y
S1103-1H
シミュレーション結果および期待値を更新する命令を生成
命令供給装置へ
S1103-2H
終了

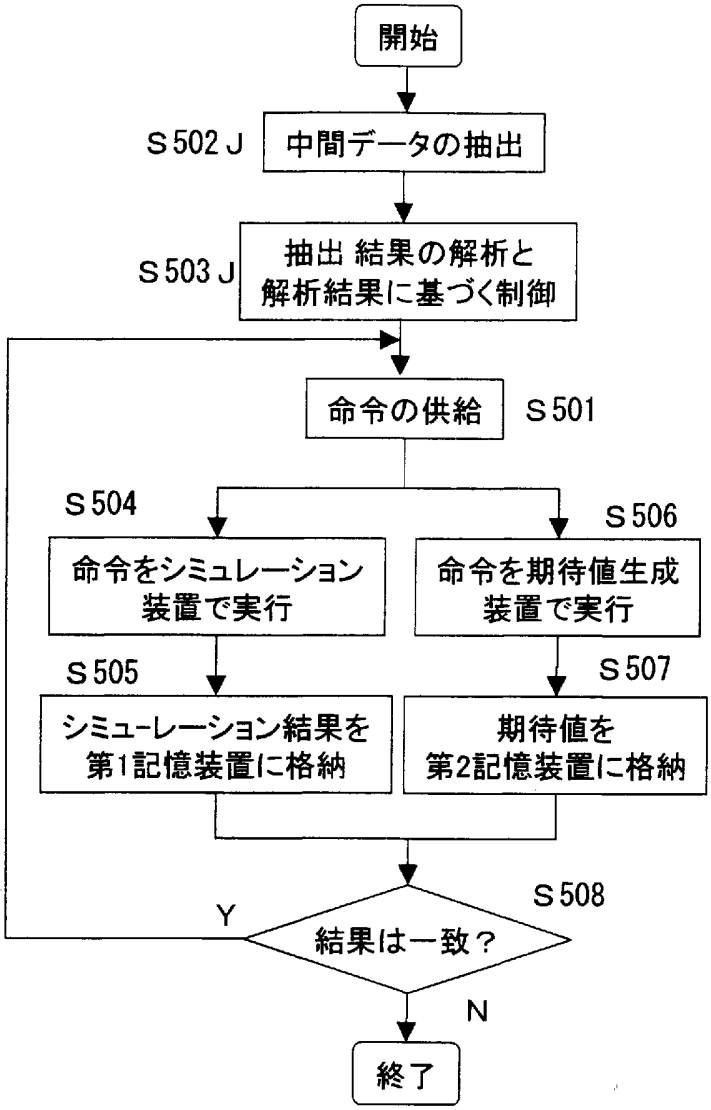
[図25]


1H'
4H'
データ制約情報格納部
20
命令解析装置
21
参照データ解析装置
22
制御装置
23H'
抽出装置
3A
2H
52
命令生成装置
6
命令供給装置
期待値生成部
8
12
第2記憶装置
13
50H'
命令生成制約作成装置
プロセッサを含む回路データ部
5
シミュレーション実行部
7
10
第1記憶装置
11
比較装置
9

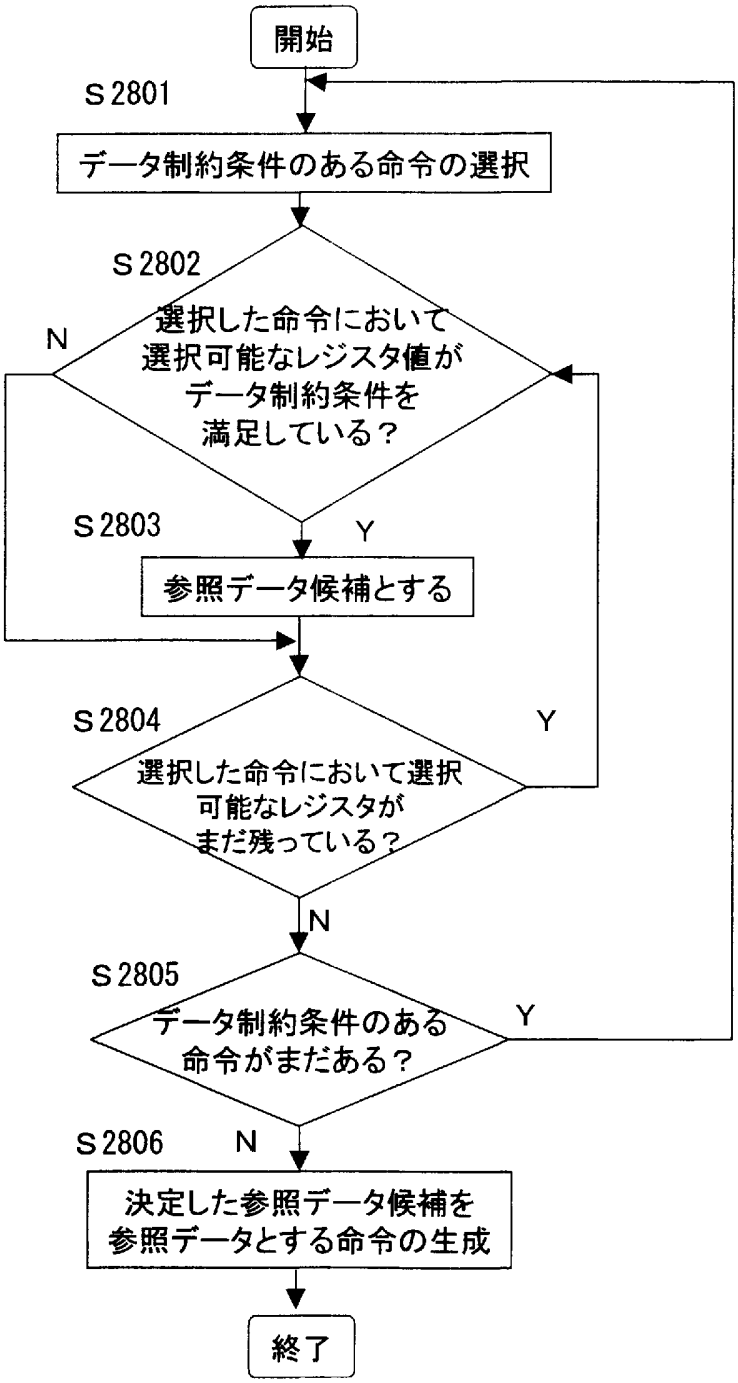
[図26]


1J
2J
3J
4J
5
6
7
8
9
10
11
12
13
20
23J
50J
51J
52
60
命令生成装置
命令生成制約作成装置
命令供給装置
プロセッサを含む回路データ部
シミュレーション実行部
期待値生成部
第1記憶装置
第2記憶装置
比較装置
抽出装置
データ制約情報格納部
参照データ候補決定装置
制御装置
命令発行制約作成装置

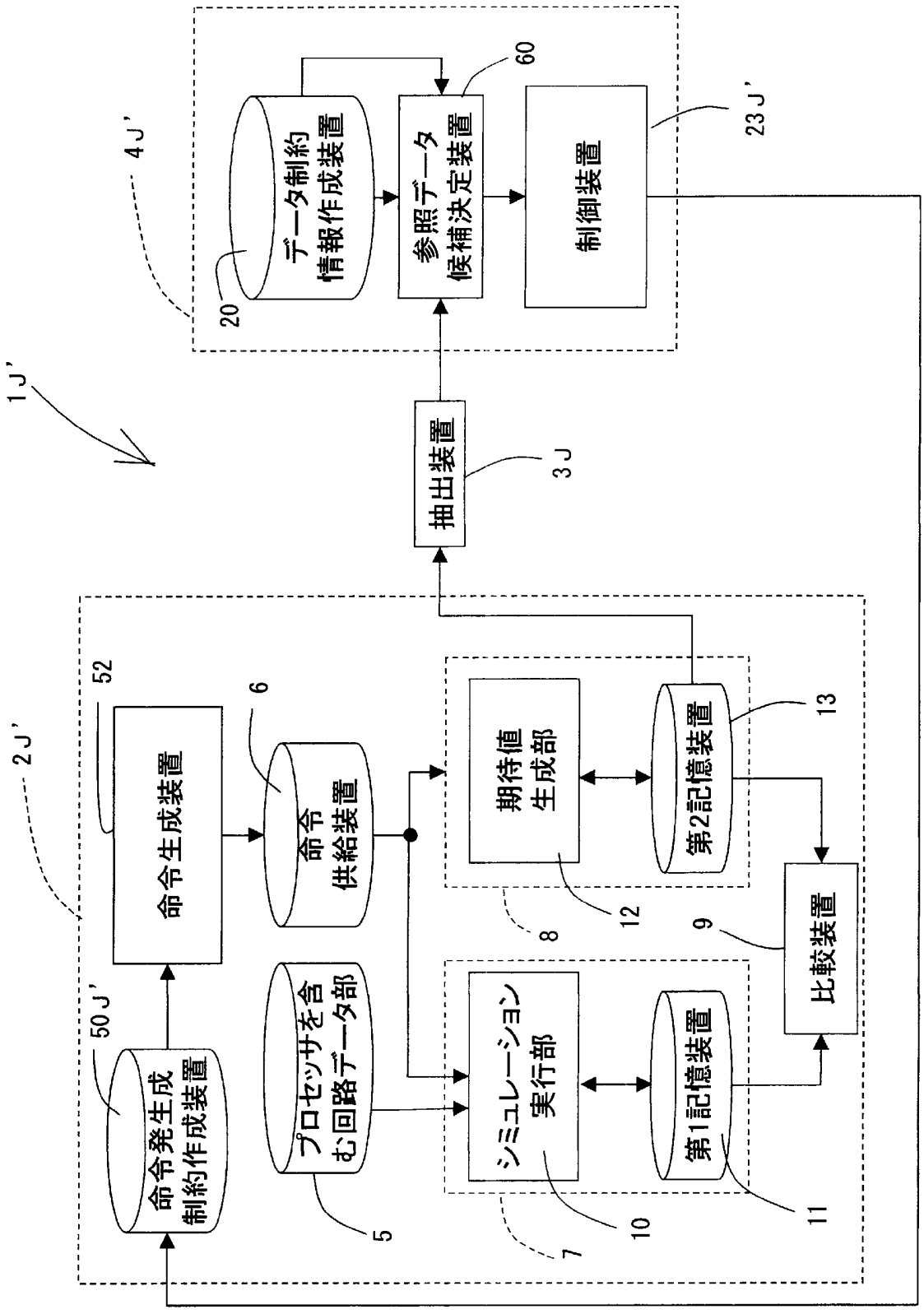
[図27]


開始
S502J
中間データの抽出
S503J
抽出 結果の解析と
解析結果に基づく制御
命令の供給
S501
S504
命令をシミュレーション
装置で実行
S506
命令を期待値生成
装置で実行
S505
シミュレーション結果を
第1記憶装置に格納
S507
期待値を
第2記憶装置に格納
S508
Y
結果は一致？
N
終了

[図28]


開始
S2801
データ制約条件のある命令の選択
S2802
選択した命令において
選択可能なレジスタ値が
データ制約条件を
満足している？
N
Y
S2803
参照データ候補とする
S2804
選択した命令において選択
可能なレジスタが
まだ残っている？
Y
N
S2805
データ制約条件のある
命令がまだある？
Y
S2806
N
決定した参照データ候補を
参照データとする命令の生成
終了

[図29]


1J'
2J'
3J
4J'
5
6
7
8
9
10
11
12
13
20
23J'
50J'
52
60
命令発生成制約作成装置
命令生成装置
命令供給装置
プロセッサを含む回路データ部
シミュレーション実行部
期待値生成部
第1記憶装置
第2記憶装置
比較装置
データ制約情報作成装置
参照データ候補決定装置
制御装置
抽出装置

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/000528

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[7] G06F17/50

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[7] G06F17/50

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

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.
X Y A	JP 2003-271694 A (Fujitsu Ltd.), 07 March, 2003 (07.03.03), Full text & US 2003/177428 A1	1-4,15-21 12-14,30-35 5-11,22-29
Y	JP 8-54907 A (Yokogawa Electric Corp.), 27 February, 1996 (27.02.96), Par. No. [0018] & US 5758123 A	12-14,30-35

☐ 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
08 February, 2005 (08.02.05)	01 March, 2005 (01.03.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００５／０００５２８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Ｉｎｔ．Ｃｌ⁷　Ｇ０６Ｆ１７／５０

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．Ｃｌ⁷　Ｇ０６Ｆ１７／５０

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

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	関連する請求の範囲の番号
Ｘ Ｙ	ＪＰ　２００３－２７１６９４　Ａ（富士通株式会社） ２００３．０３．０７，全文 ＆　ＵＳ　２００３／１７７４２８　Ａ１	１－４， １５－２１ １２－１４， ３０－３５
Ａ		５－１１， ２２－２９
Ｙ	ＪＰ　８－５４９０７　Ａ（横河電機株式会社） １９９６．０２．２７，【００１８】 ＆　ＵＳ　５７５８１２３　Ａ	１２－１４， ３０－３５

☐ 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	国際調査報告の発送日
０８．０２．２００５	01.3.2005

国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官（権限のある職員）		
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	田中　幸雄	５Ｈ	９１９１
	電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５３１		