

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4145552号
(P4145552)

(45) 発行日 平成20年9月3日(2008.9.3)

(24) 登録日 平成20年6月27日(2008.6.27)

(51) Int.Cl.

C03B 9/41 (2006.01)

F I

C03B 9/41

請求項の数 12 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2002-106017 (P2002-106017)
 (22) 出願日 平成14年4月9日(2002.4.9)
 (65) 公開番号 特開2002-321925 (P2002-321925A)
 (43) 公開日 平成14年11月8日(2002.11.8)
 審査請求日 平成17年1月18日(2005.1.18)
 (31) 優先権主張番号 09/829702
 (32) 優先日 平成13年4月10日(2001.4.10)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 598152242
 エムハート・グラス・ソシエテ・アノニム
 スイス国ツェーハー6330 カーム,
 ヒンターベルグシュトラッセ 22
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫
 (74) 代理人 100076691
 弁理士 増井 忠武
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100080137
 弁理士 千葉 昭男
 (74) 代理人 100096013
 弁理士 富田 博行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガラス製品形成マシンのコントローラ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の機構を有し、溶融ガラスのゴブからパリソンを形成するブランク・ステーションと、複数の機構を有し、パリソンをガラス製品に形成するブロー・ステーションと、溶融ガラスのランナからゴブを剪断する剪断機構を備え、これをブランク・ステーションに搬送するフィーダ・システムと、ブランク・ステーションからブロー・ステーションにパリソンを搬送させる機構と、ブランク・ステーションからガラス製品を取り出す取出機構とを含むガラス製品形成マシンにおいて使用されるコントローラであって、ガラス製品形成マシンは、設定されたサイクル時間を有し、機構それぞれは、1マシン・サイクルの時間内に循環動作し、機構それぞれの変位は、設定可能な期間を要し、ゴブ、パリソン、ガラス製品、及び個々の機構の作業経路間には、干渉が存在し、少なくとも1つの機構の少なくとも1つの変位は、ゴブ、パリソン、ガラス製品、又は他の機構と干渉する少なくとも2つの準作業に分割され、1マシン・サイクルの時間中に供給バルブを「オン」、次いで「オフ」に切り替えることによって、少なくとも1つのプロセスに関してプロセス・エアーを有限期間だけ供給し、変位の開始及び供給バルブの「オン」及び「オフ」の切換は、所定のシーケンスにおいて開始されるイベントで制御され、アンラップ・ガラス製品形成プロセスにおいて、溶融ガラスのゴブを溶融ガラスのランナ

10

20

から剪断し、次にブランク・ステーションにおいて当該ゴブをパリソンに形成し、次にブロー・ステーションにおいて該パリソンをガラス製品に形成し、次に該ガラス製品をブロー・ステーションから排出するよう構成され、該アンラップ・ガラス製品形成プロセスは、完了するのに1マシン・サイクルよりも長い時間を要し、コントローラは、アンラップ・ガラス製品形成プロセスのネットワーク拘束図の数学的表現のコンピュータ化モデルを備え、該コンピュータ化モデルは、アンラップ・ガラス製品形成プロセスにおける各変位が生じる時間、マシン・サイクル時間、並びに、各機構の作業期間及び準作業期間の入力に基づいて、ゴブ、パリソン、ガラス製品、又は他の任意の機構との間で衝突が生じる結果となるかどうかを判定するよう構成されていることを特徴とするコントローラ。

10

【請求項2】

請求項1記載のコントローラにおいて、該コントローラはさらに、アンラップ・ガラス製品形成プロセスにおける各変位が生じる時間、マシン・サイクル時間、並びに、各機構の作業期間及び準作業期間を、コンピュータ化モデルに入力するための入力手段を備えていることを特徴とするコントローラ。

【請求項3】

請求項2記載のコントローラにおいて、数学的表現は、マトリックス表現であることを特徴とするコントローラ。

【請求項4】

20

請求項3記載のコントローラにおいて、コンピュータ化モデルはさらに、干渉が生じる経路の各対に関する衝突マージンを計算する手段を備えていることを特徴とするコントローラ。

【請求項5】

請求項4記載のコントローラにおいて、コンピュータ化モデルはさらに、あるマシン・シーケンスが不適切であるかどうかを判定する手段を備えていることを特徴とするコントローラ。

【請求項6】

請求項2記載のコントローラにおいて、入力手段は、端末装置であることを特徴とするコントローラ。

30

【請求項7】

請求項1記載のコントローラにおいて、アンラップ・ガラス製品形成プロセスのネットワーク拘束図の数学的表現のコンピュータ化モデルはさらに、熱形成プロセス期間「N」制限の入力に応じて、熱形成プロセス期間「N」がその熱形成プロセス期間「N」制限の範囲外となるかどうかを判定する手段を備えていることを特徴とするコントローラ。

【請求項8】

請求項1記載のコントローラにおいて、入力手段はさらに、コンピュータ化モデルへ熱形成プロセス期間「N」制限を入力する手段を備えていることを特徴とするコントローラ。

【請求項9】

初期プロダクトを受け取り、該初期プロダクトを複数のステーションにおいて最終プロダクトに形成するマシンにおいて使用されるコントローラであって、マシンは、設定されたマシン・サイクル時間を有し、ステーションの各々は少なくとも1つの機構を備え、機構はそれぞれ、1マシン・サイクルの時間中に、前進位置から待避位置へ、そしてその逆に待避位置から前進位置へ変位し、機構のそれぞれの変位の期間は設定可能であり、変位の開始はイベントであって、該イベントは設定されたシーケンスで選択的に始動され、マシンの動作は、個々の機構の作動経路、これら機構の変位期間の開始及び終了時点の間に存在する干渉を含んだ複数の拘束を有し、

40

50

初期プロダクトを最終プロダクトに変形するアンラップ・プロセスは、完了するのに1マシーン・サイクルよりも長い時間を要し、

少なくとも1つの機構の変位は、干渉が生じる少なくとも2つの準作業に分割され、コントローラは、アンラップ・プロセスのネットワーク拘束図の数学的表現のコンピュータ化モデルを備え、

該コンピュータ化モデルは、アンラップ・プロセスにおける各変位が生じる時間、マシーン・サイクル時間、並びに、各機構の変位の作業期間及び準作業期間の入力に基づいて、任意の2つの機構の間で衝突が生じる結果となるかどうかを判定するように構成されていることを特徴とするコントローラ。

【請求項10】

請求項9記載のコントローラにおいて、数学的表現は、マトリックス表現であることを特徴とするコントローラ。

【請求項11】

請求項10記載のコントローラにおいて、コンピュータ化モデルはさらに、干渉が生じる経路対に関する衝突マージンを計算する手段を備えていることを特徴とするコントローラ。

【請求項12】

請求項11記載のコントローラにおいて、コンピュータ化モデルはさらに、あるマシーン・シーケンスが不適切であるかどうかを判定する手段を備えていることを特徴とするコントローラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ボトル等のガラス製品を形成するためのIS（個別セクション）マシーンに関し、より詳細には、ISマシンの制御技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

最初のISマシンは、1932年2月2日付の米国特許第1,843,159号、及び1933年5月23日付の第1,911,119号において特許された。IS（個別セクション）マシンは、複数の同一セクションを有する。各セクションはフレームを有し、該フレーム上に多数のセクション機構が搭載されている。これらの機構には、ブランク側及びブロー側のモールド開閉機構、反転及びネック・リング機構、バッフル機構、ブローヘッド機構、プランジャ機構、並びに、取り出し機構が含まれる。これらの機構には、例えば、冷却のためにプロセス・エアーが用いられる。セクション機構の各々及びプロセス・エアーを、セクション・サイクルにおいて選択された時点で動作させなければならない。

【0003】

元のISマシーンでは、デバイス（例えば、これら機構やプロセス・エアーを作動させるバルブ）を、各サイクル毎に機械的にオン及びオフに切り替えなければならない、しかも、タイミング・プロセスは、360°タイミング・ドラムによって制御されていた。タイミング・ドラムとは、円筒状ドラムであり、各バルブ毎に1つずつ、多数の環状溝を有し、各々が、特定のバルブと連動する対応のスイッチを移動（トリップ）させる「オン」及び「オフ」ドッグ(dog)を支持している。この機械的タイミング・ドラムの360°にわたる回転は、マシーン又はセクションの1制御サイクル全体に常に等しく設定されており、したがって、作業者は常に、ラップ・サイクル即ち0°～360°までを繰り返し巡回するサイクルにおけるマシンの挙動(パフォーマンス)を常に分析していた。電子式タイミングが機械式タイミング・ドラムに置き換えられると、機械式タイミング・ドラムの360°ラップ制御サイクルを複製した電子式シーケンサによって、デバイスがオン及びオフに切り替えられるようになった。エンコーダが電子シーケンサの角度位置を規定し、機械式タイミング・ドラムの場合と同様に、電子スイッチを同じ角度でオン及びオフに切り替

10

20

30

40

50

えた。電子式シーケンサのパワーを大きく増強した非常に重要な開発は、サーモダイナミック・モードの概念であり（米国特許第3,877,915号参照）、これら電子スイッチのグループを連結して、これらを同時に調節可能とした。これらのマシーン・コントローラによって、ユーザは、セクション機構を作動させる種々のパルプのオン/オフ・スケジュール（角度）を電子的に調節することが可能となった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、この従来手法では、オペレータは直接マシーンに指令して所望の形成期間（例えば、ブランク接触時間、再加熱時間）を得ることはできない。また、この場合、ユーザが無効な設定や、機構の衝突を招く、潜在的に危険を伴うシーケンスを設定することも防止できない。相当な経験と、そしてプロセスの見識(process insight)をもってしてのみ、オペレータは、従来手法によってマシーンのタイミングを効果的に調節でき、従って、習熟レベルが大きく異なるので、マシーンの生産性も大きくばらつく可能性がある。

したがって、本発明の目的は、マシーン動作を簡略化し、生産性向上のためのマシーンの調整を容易にする、ガラス製品形成マシーン用の制御システムを改良することである。

本発明の別の目的及び利点は、この明細書の以下の部分、及び本発明の原理を組み込んだ、現時点において好適な実施形態を示す添付図面から明らかとなるであろう。

【0005】

【発明の実施の形態】

ISマシンは、図1に示すように、複数（通常、6、8、10、又は12）のセクション10を含む。各セクションは、打抜作業所すなわちブランク・ステーション(blank station)を備え、該ステーションは、ブランク・モールド(blank mold: 打抜金型)の半部分を載置する対向型のモールド支持部14を備えている。これらモールド支持部は、サーボ・モータ等の適宜のモータ18によって変位される適宜の変位機構16によって、開放（図示の状態）と閉鎖位置との間で変位させることができ、これらモールド支持部が閉鎖位置に変位すると、熔融ガラスからなる複数のゴブを、閉鎖したブランク・モールドに送ることができる。次いで、ブランク・モールドの開放上端部が、モータ（サーボ・モータ等）24によって遠隔位置及び前進位置の間で変位可能なバッフル支持部22のバッフルによって閉鎖される。セクションがプレス及びブロー（吹込）・モードで動作している場合、プランジャ機構26のプランジャを上に向かって垂直にゴブ内まで前進させ、パリソンを形成する。冷却エアーをバルブV1を介してプランジャに供給する。セクションがブロー・アンド・ブロー・モードで動作している場合、バッフル機構22内にバルブV2を介して静定ブロー・エアーを供給することによって、フィニッシュ(finish)を形成し、バルブV3を介してプランジャに対してカウンターブロー・エアーを供給し、一方、バルブV4を介してバッフルを真空にすることによって、パリソンを形成する。

【0006】

パリソンを形成した後、バッフル支持部を後退させ、モールド支持部を後退させ、反転機構31によって回転可能に支持されている1対のネック・リング・ホルダ・アーム30を、サーボモータ・ドライブ32によって180°回転させる。また、ブランク・ステーションは、モールド開閉機構12も含み、該機構は、ブロー・モールドの半部分を載置する対向型のモールド支持部14を有する。これらのモールド支持部は、サーボ・モータ等からなるモータ18によって変位される変位機構16によって、開放及び閉鎖位置に変位される。ブロー・ステーションにパリソンを配置し、モールド支持部を閉鎖し、ネック・リング・アームを開放して、パリソンを放出し（各アームは、適宜のバルブV5によって動作させる空気式シリンダ（不図示）によって変位可能である）、反転機構がネック・リング・アームをブランク側（ブランク側）に戻し（到達の前にアームは閉じる）、後退位置と、支持されたブローヘッドがブロー・モールドを閉鎖する前進位置との間で変位可能なブローヘッド支持部34が、サーボモータ36等の適宜のモータによって前進位置に変位され、パリソンに対してブローを行ってボトルを形成する。この最終ブローは、バルブV

6によって制御される。

【0007】

ボトルが形成されたならば、ブローヘッドを後退させ、ブランク・モールドを開放し、サーボ・モータ等のモータ39によって駆動される取出機構38を変位させて、形成されたボトルを拾い上げ、デッドプレート(deadplate)40上にある位置にこれを搬送し、この位置で懸垂させながら冷却し、次いでデッドプレート上に置く。機構及びデバイスの移動に加えて、可動機構又は固定機構へのプロセス・エアも制御される。ブロー・モールドを閉鎖するとき、モールド冷却エアをオンにして、形成したボトルを冷却する。

【0008】

各セクションは、コンピュータからなるセクション・コントローラ42によって制御される。コントローラ42は、360度タイミング・ドラム(プログラム可能なシーケンサ)の制御の下で動作する。360度タイミング・ドラムは、ドラム周囲に有限数の角度増分を規定し、その位置において、各360度回転毎に機構などをオン及びオフにすることができる。360度回転に要する時間は既知であり、この時間は、ISマシンのフィーダから発する周期的なパルス間の期間のように、固定即ち設定することができる。1マシン・サイクルの時間内に、コントローラ42の一部である電子式タイミング・ドラム(プログラム可能なシーケンサ)によって、各バルブのオン及びオフを制御して、各機構を巡回させる。

【0009】

本発明によれば、最初に、実際のISマシンの構成に対してアンラップ(unwrapped)・サイクル拘束図(制約図)を作成し、次いで自動定式化及び解法が可能なアンラップ・サイクル拘束図の数学的表現を作成することによって、ツールを規定する。なお、「アンラップ」とは、ISが、溶融ガラスからゴブを切り放すことによる溶融ガラスのゴブ形成から開始し、ブロー・ステーションから形成されたボトルの該ステーションからの取り出しによって終了するプロセス・サイクルであることを意味する。このプロセス・サイクルは、完了するまでに要する、タイミング・ドラムの360°マシン・サイクルは1回よりも多い(通常、2回の360°マシン・サイクル)。

【0010】

図2 - 図9は、ISマシンにおいてガラス・ボトルを製造するための代表的なブロー(吹込)・アンド・ブロー・プロセスのためのネットワーク拘束図を示す。サイクルは、タイム・ノードz1(「z」及び「n」はタイム・ノードを示す)によって表される剪断から開始される。Gob Delivery(ゴブ分配)/M13(「M」を含むブロックは、開始及び終了位置間で移動するアクティビティを表し、運動の方向は矢印で示される)がz1において開始し、n177/e26/n6において終了する(2つのノードを接続する、「e」で示す垂直方向に向けた等号符号は、2つの接続されたノードが同時に発生することを示す)。Gob Delivery/M13作業は、2つの準作業に細分化される。即ち、1.Z1/e1/n3にて開始しn4にて終了するGob In Collision Zone With Baffle(バッフルで衝突ゾーン中のゴブ)/m2(「m」を含むブロックは準作業であることを表す)と、2.n4/e2/n5にて開始しn6にて終了するGob Traverses Blank Mold(ゴブをブランク・モールドへ搬送)/m3とに、細分化される。

ノードz1(剪断)は、別のブランチTotal Process(全体的処理)/d13も有し、これはz1/e79/n175にて開始してn176/e78/n84にて終了する(図9)。派生したブランチは、「D」を含む楕円で識別し、マシン・イベントの関数として定義される、熱プロセス期間を表す。

【0011】

図2は、Plunger To Loading Position(プランジャをローディング位置へ)/MP1(「P」は以前のサイクルを意味する)がn13において完了しなければならないことも示す。ノードn13は、作業Plunger To Loading Position/M1が直前のサイクル中にn15で完了したときの時点である。これは、n13をn15に接続するサイクル時間ブランチ(図6)によって示される。プランジャは、独立して移動可能なシンブル(thimble)を含み、Plunger To

10

20

30

40

50

Loading Position/M1の終了時に、シンプル及びプランジャ双方が動作を開始する。ノードn177、Gob Delivery/M13の終了は、n13後のある時点(s2)でなければならない(1対の閉じた隣接する方向矢印に伴う「s」は、接続されているノード間を通過するある時刻(シーケンス拘束)を表す)。

【0012】

また、図2は、直前のサイクルt2においてBaffle Off(バッフル・オフ)/MP15が完了した時点である、ノードn20も示す。これは、サイクル時間ブランチt2によって示されている。サイクル時間ブランチt2は、後続サイクルにおいてBaffle Of/M15が完了する時点であるノードn22(図4)に接続されている。ノードn20は、n1に接続されている。n1は、n20以降のある時点(s22)においてBaffle On(バッフル・オン)/M14を開始する。即ち、Baffle On/M14は、Baffle Off/15が完了するまでは、開始することができない。ブランチBaffle On/M14の作業は、ノードn93にて終了する。バッフル作業は、n8/e3/n7にて開始しn8にて終了する準作業Baffle Moves To Interference With Gob(バッフルがゴブと干渉するように移動する)/m4と、n8/e3/n9にて開始し、n10/e28/n93にて終了するBaffle On Completion(バッフル完了)/m5とに分けられる。また、ノードn4をn8に接続する衝突ブランチBaffle Collides With Gob(バッフルがゴブと衝突)/c1(衝突ブランチは、「c」で識別される不規則曲線によって表されている)も示す。これは、確実に衝突が発生しないようにするために、バッフルがn8に到達する前に、ゴブがn4になければならないことを意味する。

【0013】

また、図2は、最終サイクルのBlank Molds Closed(ブランク・モールド閉鎖)/MP9の時点であるノードn40も示す(n40は、現サイクルのBlank Molds Closed/M9の終了時であるノードn55(図6)に接続されており、t1はサイクル差を示す)。Blank Molds Closed/MP9は、n40にて完了する。n40は、n5におけるGob Traverses Blank/m3の開始前のある時点(s21)である。

ゴブが完全にブランクn177/e24/n26に搬入されると、Blank Contact(ブランク接触)/d1(図3)が開始し、Blanks Open(ブランク開放)/M5の時点であるn25/e25/n28まで継続する。時点n5/e63/n183におけるBlank Contact/d1の前に(Gob Traverses Blank/m3が開始する時点)、真空バルブを開放し、プロセス・ブランチVacuum Assist(バキューム支援)/p13(プロセス・ブランチは、「P」を含む楕円によって識別される)を開始する。Vacuum Assist/p13は、真空バルブを閉じるn182まで継続する。これは、ゴブがブランクを横断しているのと同時に、真空をネック・リングを介して供給し(プランジャの装填位置への移動が完了する前)、ゴブをブランクのネック区域に引き込み、更にネック・リング内に引き込むのを加勢することを意味する。

【0014】

時点n12は、ゴブを搬入した(n177)後のある時点(s5)であり、更にバッフルがオンになった(n10)後のある時点(s3)であるが、該時点n12において、圧縮エアー・バルブを開放し、Settle Blow(ブローを設定)/p1を開始する。これは、ノードn11/e73/n21/e68/n155において、圧縮エアー・バルブの閉鎖によって終了する。Settle Blow/p1が終了すると、Settle Blow Vent(ブロー出口を設定)/p10が開始しn19にて終了し、Neck Ring Contact(ネック・リング接触)/d8が開始し、n154/e69/n113/にてNeck Rings Opening(ネック・リング開放)/m21(図5)で終了する。これは、ブロー設定の完了時に、ゴブはネック・リングに接触しており、ネック・リングが開放されるまで、ゴブから熱が除去され続けていることを意味する。Baffle To Down(バッフルを下方へ)/M2(図2)が、n11後のある時点であるn69にて開始し、n35において終了する(カウンター・ブローのためにブランクの上端部を閉鎖する)。ゴブが完全にブランク・モールドに装填されたn177後のある時点s10であり、更に最後のサイクル(t11)中にn173においてBlank Cooling(ブランク冷却)/p7が終了した後の別の時点s11である、n172(図3)において、バルブの開放と共にBlank Cooling/p7が開始されて、バルブを閉じるn171まで継続する。

【0015】

10

20

30

40

50

Vacuum Assist/p13がn182において終了した後の時点s40であり、更にSettle Blow Vent/p10が終了した後の時点s7である、n156（図3）において、Plunger Is Displaced To Counter Blow Position（プランジャをカウンタ・ブロー位置に変位）/M3（シンブルをガラスの外側に後退させる）（これは、n70において終了するプロセスであり、そして同時に（n156/e70/n158）、フィニッシュの区域内のガラスが完全にモールドと接触している）は、n157/e71/n160まで再加熱する（Corkage Reheat/d9）。このn157/e71/n160は、n70の後の有る時点(s39)であり、n35後のある時点(s36)である（Baffle To Down/M2の終了時）。n160において、Counter Blow（ブローを停止）/p11が、バルブの開放と共に開始され、バッフル内のベントを開放するバルブを閉鎖し、プロセスCounter Blow Vent（ブロー出口閉鎖）/p12を開始させる時点n159/e80/n181まで継続する。このプロセスはn180にて終了する。n159後のある時点(s38)である時点n148において、Plunger To Invert Position（変位されているプランジャを反転位置に）/M4を開始し、シンブル及びプランジャを下げる（n147までかかる）。

10

【0016】

n180におけるCounter Blow Vent/p12の終了に続くある時点(s37)であるn149/e66/n151において、以下のイベントが同時に開始される。すなわち、1．n150/e65/n28まで続くParison Bottom Reheat（パリソン底部の再加熱）/d7、及び、2．n22/e30/n33まで続くBaffle Off（バッフル・オフ）/M5（図4）である。Baffle Off/M15は、2つの準作業に分割することができる。その第1の準作業は、Baffle Off Clears Interference With Invert（バッフル・オフでインバートを有する干渉をクリア）/m11であり、n149/e29/n32（図3）にて開始し、n31/e7/n34にて終了する。第2の準作業は、Baffle Off Completion（過去の干渉）/m12であり、n34にて開始しn33にて終了する。n149後のある時点(s8)であるn28（図3）において、以下のイベントが同時に行われる。1．Blanks Open（ブランク・モールドを開放する）/M5。これはn27（図4）にて終了し、ブランク・モールドの底板上にパリソンの底部を残す。2．時点n28/e15/n29（図4）にて開始し、Final Blow（最終ブロー）/p2（図7）が開始するn61/e16/n30（図6）（Blow Head On/M18移動がn101において完了した後のある時点(s15)）まで継続し、n63にて終了するReheat（パリソンの再加熱）/d4。3．n28/e8/n38（図3）にて開始し、n24にて開始したInvert（反転）/M6の完了に対応するn37/e9/n39（図5）まで継続するInverted Reheat/d3。

20

【0017】

n36（図5）（n37後のある時点(s4)）において、n17まで、パリソンを反転させて(Parison Invert Recovery/p4)、再加熱を継続する。この反転作業は、多数の準作業に細分化される。反転変位の開始時(n24/e53/n153)（図4）において、準作業Invert To Baffle Interference/m40があり、時点n152/e67/n125において終了する。次の準作業は、Invert Baffle Interference To Invert Blowhead Interference/m32であり、時点n124/e52/n127にて終了する。次の準作業は、Invert To Takeout Interference1 From Blowhead Interference/m3であり、Invert（反転移動）To Takeout Interference/m33が開始するn126/e60/n140にて終了する。Takeout Interference/m33は、n139/e61/n142にて終了する。次の準作業は、Invert（移動）To Takeout Interference3/m38であり、n142において開始しn141/e54/n129において終了する。最後に、Invert Completion/m35（図5）が行われ、N129にて開始し、n128/e55/n39にて終了する。

30

40

【0018】

以下のような多数の衝突ブランチが識別される。反転が移動する前にプランジャM4が反転位置に変位されないときのPlunger Collides With Invert/c2（図3）（時点n147対時点n24）。反転が移動する前にブランクM5が開放位置に変位されないときのBlanks Collide With Invert/c3（図4）（時点n27対時点n24）。他にも以下のような多数の衝突が示されている。n24の前にバッフルm11が選択点に達したときのBaffle Collides With Invert/c4、及び、反転がそのバッフルとの干渉ゾーンの外側限界に達しているときに、バッフルm11がその最大オフ位置に達したときのBaffle Collides With Invert/c18。干渉ゾーンを複数のゾーンに分割することによって、機構は早めに起動することが可能となる。プロ

50

ーヘッド及び反転は、反転がInvert Baffle Interference To Invert Blowhead Interferenceの終点に達する前に、Blow Head Up MP19が行われなかった場合（最後のサイクルt4）に、衝突する。

【 0 0 1 9 】

また、以下のような取り出しの作業も示されている。すなわち、n143にて終了するTakeout Through Interference1/mp13（図4）（最終サイクル/t7）、n144にて終了するTakeout Through Interference2/mp24（最終サイクル/t8）、n145にて終了するTakeout Through Interference3/mp36（図5）（最終サイクル/t9）である。以下のような多数の衝突が識別される。すなわち、取り出しを行う前に、反転がInterference1に達した場合のTakeout Collides With Invert/c13（図4）（n143対n126）。取り出しを行う前に反転がInterference2に達した場合のTakeout Collides With Invert/c17（n144対n139）。取り出しを行う前に反転がInterference3に達した場合のTakeout Collides With Invert/c16（図5）（n141対n145）。n28の後のある時点である(s34)n179（図4）において、Neck Ring Cooling/p9が開始してバルブを開き、n178まで継続する。これは、invert/M6が移動し始めるn24の前のある時点s35である。

【 0 0 2 0 】

最終サイクルt10中の時点n14において開いていたブロー・モールドMp24（図4）は、n14後のある時点(s17)である時点n98/e56/n146において閉鎖し始める。閉鎖は、以下のような多数の準作業を有する。すなわち、n146にて開始しn109/e32/n42にて終了するMolds Close to Ware Width/m39（図5）、n85にて開始し、n62/e32/n42にて終了するMolds Close To Par I Son Width/m16、n42にて開始しn41/e10/n44にて終了するMolds Close to Receive Position/m14、及び、n44にて開始しn43/e31/n97（図6）にて終了するMolds Close Shut/m15である。取り出しのモールドc10との衝突（時点n89対時点n109）を回避するためには、Takeout Clears Ware From Mold/Mp30（図4）は、Molds Close To Ware Width/m39の前に、直前のサイクルt3において動作していなければならない。更に、モールドが閉じる前（時点n17対n62/e32/n42）又は衝突Par I Son Collides With Mold/c5が発生する前に、Parison Invert Recovery/p4を完了させなければならない。

【 0 0 2 1 】

ネック・リングが開いて、ブローヘッドにおいてパリソンを解放する(Neck Rings Open/M8)（図5）。n46からn45/e44/n112まで行われるこの作業は、2つの部分に分割される。即ち、第2部分(Neck Rings Opening/m21)が開始するときに、n46/e45/n111と同時に開始しn110/e43/n113（n41後のある時点(s26) - Molds Close To Receive Position/m14の終了時、及びBlow Molds Close/M16がn97にて完了する前のある時点(s25)）（図6）にて終了するNeck Ring Open Delay/m18である。この第2部分は、n112にて終了する。Revert To Neck Ring/Blank Interference/m19（n51）の前にNeck Rings Closing/M7（図6）が行われた場合(n49)、衝突Neck Rings Collide With Blank Mold/c6が発生する。n45/におけるネック・リング(M8)の開放後のある時点(s13)であるn100（図5）において、反転を変位させてその元の位置に戻す(Revert/M17)。反転は、n99/e34/n53において完了する。反転は、以下の3つの準作業を有する。1 . n100/e33/n48にて開始し、n47/e12/n52にて終了するRivert Clears Interference With Blow Head/m1。2 . Revert Clears Interference With Blow Headに続いて実行され、n51/e13/n54にて終了するRevert To Neck Ring/Blank Interference/m19。3 . N53/e34/n99にて終了するRevert Completion/m20。n100後のある時点であるn50において、Neck Rings Closing/M7がn49まで動作する。反転が、ブランク・モールドとの干渉のその最初の場所に達する前にネック・リングが閉鎖されない場合（時点n49対n51）、衝突Neck Rings Collide With Blank Mold/c6が発生する。

【 0 0 2 2 】

n23後のある時点(s23)である時点n102（図5）において、移動Blow Head On/M18（図6）が行われ、n101/e36/n59にて終了する。これは、Blow Head To Interference With Revert/m22から開始する2段階の変位である。Blow Head To Interference With Revert/m22は、n102/e35/n58にて開始し、n57にて終了する。Blow Head To Interference With Revert

の前に、Revert Clears Interference With Blow Headが行われない場合、Revert Collides With Blow Head/c8が行われる(n57対n47)。ブローヘッド変位の最終部分は、n57/e14/n60にて開始しn59にて終了するBlow head On Completion/m23である。

n56において、Blanks Close/M9(図6)が開始し、n55まで継続する。n99におけるRevert/M17の完了から、n56におけるBlanks Close/M9に進まない場合、Revert Collides With Blank Molds/c7衝突が発生する。n99後のある時点(s6)であるn16において、Plunger To Loading Position/M1の変位が行われ、n15にて終了する。

【0023】

n30/e17/n66(図7)は、n65/e18/n68にて終了するMold Contact/d5(図8)の開始であり、また、n63にて終了するFinal Blow/p2の開始である。n30/e11/n165は、n166/e77/n168にて開始するVacuum Blow Lead/d12の終了時でもある。また、n168にて、Vacuum Blow/p5が開始し、n167にて終了する。この時点は、n68/e18/n65(図8)の前のある時点(s29)であり、Mold Contact/d5の終了時である。Vacuum Blow Lead/d12及びVacuum Blow/p5双方とも、n97後のある時点(s9)であるn168/e77/n166(図6)において開始する。n97におけるBlow Molds Close/M16の終了時後のある時点(s27)であるn91において、Blow Mold Cooling/p3(図8)が開始し、n90まで継続する。n90は、Mold Contact/d5の終了時(n65/e18/n68)の前のある時点(s30)である。加えて、Blow Mold Precooling/d11(図6)が同じ時点n91/e74/n162にて開始し、n161/e75/n30/e16/n61まで継続する(Reheat/d4の終了時でもある)。Finish Cooling/p6(図7)が、Blow Head On/M18の終了後のある時点(s31)であるn170にて開始し、n169にて終了する。

【0024】

n169におけるFinish Cooling/p6の終了後のある時点(s32)であるn104(図7)において、Blow Head Up/M19が開始し、n103/e38/n73にて終了する。この移動は、以下の多数の準作業に分解することができる。すなわち、1. n104/e76/n164にて開始し、n63(Final Blow/p2の終了時)より前のある時点(s20)であるn163にて終了するBlow Head Up To End Final Blow/m41、2. n163/e37/n72にて開始し、n71にて終了するBlow Head Clears Interference1 With Takeout/m25、3. n71/e21/n95にて開始し、n92にて終了するBlow Head Up Clears Interference2 With Takeout/m7、4. n92/e5/n96にて開始し、n94(図8)にて終了するBlow Head Up Clears Interference3 With Takeout/m8、及び5. n94/e6/n74にて開始し、n73にて終了するBlow Head Up Completion/m26である。

【0025】

Tongs Open/MP12(図6)が(直前のサイクルt5の)n86にて完了し、その後のある時点(28)であるn119において、Kickback(取り出し準備完了位置)/M22が開始し、n118にて終了する。n118後のある時点(s24)であるn106において、Takeout In/M20が開始し、n105にて終了する。取り出し移動は、多数の準移動を有する。すなわち、1. n106/e39/n76にて開始し、n75にて終了するTakeout In To Interference1 With Blow Head/m27、2. n75/e22/n117にて開始し、n116にて終了するTakeout In To Interference2 With Blowhead/m9、3. n116/e19/n132にて開始し、n131にて終了するTakeout To Interference3 With Blowhead/m10、及び、4. n131/e20/n78にて開始し、n77/e40/n105(図8)にて終了するTakeout In Completion/m28。以下のような多数の衝突が識別される。すなわち、1. n75がn71の前に発生した場合に発生するBlow Head Collides With Takeout/c9、2. n116がn92の前に発生した場合に発生するBlow Head Collides With Takeout/c14、及び、3. n131がn94の前に発生した場合に発生するBlow Head Collides With Takeout/c15。n105(Takeout In/M20の終了時)後のある時点(s18)であるn80において、Tongs Close/M11がn79/e51/n120にて終了する。Blank Molds Open/M10が、n68にて開始し、n67/e50/n122にて終了する。この作業は、以下のような多数の準作業を有する。すなわち、1. n68/e49/n121にて開始しn120/e48/n64にて終了するMolds Open To Release Point/m29、2. n64にて開始しn130/e48/n123にて終了するMolds Open To Clear Ware/m6、及び、3. n123にて開始しn122/e50/n67にて終了するMolds Open Completion/m31。n79後のある時点(s19)であるn108において、Tongs Close/M11の終了時に、Takeout Out/M21が発生し、n107(図9)にて終了

する。この作業も以下のような多数の準作業を有する。1. n108/e41/n138にて開始しn133にて終了するTakeout Out Through Interference/m13、2. n133/e57/n82にて開始しn81にて終了するTakeout Clears Ware From Mold/m30 (図9)、3. n81/e23/n135にて開始しn13にて終了するTakeout Out Through Interface3/m36、4. n13/e58/n137にて開始しn136にて終了するTakeout Out Through Interference3/m36、及び、5. n136/e59/n88にて開始し、n87/e42/n107にて終了するTakeout Out Completion/m37。n82がn130の前に発生する場合、衝突Molds Collide With Takeout/c11が発生する。

【0026】

最後に、Takeout Out/M21(n107/e46/n115)の終了時に、Hanging Dead Plate Cooling/d6が行われ、n114まで継続する。n107後のある時点(s12)であるn174において、Dead Plate High/p8が行われ、n18まで継続する。その後のある時点(s33)であるn84/e78/n176/n114において、Total Process/d3が終了し、Hanging Dead Plate Cooling/d6が終了し、Tongs Open/M12がn83にて終了する。

10

【0027】

例示の目的のために、具体的なブロー及びブロー・マシン構成の1つについて説明したが、マシン・ユーザが用いる多数の動作コンフィギュレーションがあり、ブロー・アンド・ブロー、並びに、プレス・アンド・ブローを含み、それぞれについて、ユーザは、多くの独特のプロセスを開発しており、それぞれに多少相違があるであろう。当業者は、図示した構成を理解することにより、自身の実際のコンフィギュレーションに対する拘束図を規定することができるはずである。

20

【0028】

次のステップは、このネットワーク拘束図を、スケジュール合成及び分析の問題の自動定式化及び解法の理想的な表現に、コンピュータによって変換することである。好適な実施形態では、ネットワーク拘束モデルのマトリックス代数表現を利用するが、数学的表現の他の形態も使用可能である。以下のように、ブランチ結合マトリックスFを形成することができる。

1. ネットワーク拘束図(NCD)におけるブランチに1 ~ M_b までの番号をふる。 M_b はネットワーク・ブランチの総数である。割り当てるブランチ番号の順序は任意である。
2. NCD内のノードに1 ~ N_n までの番号を付ける。 N_n は、ネットワーク・ノードの総数である。割り当てるノード番号の順序は任意である。
3. 最初のブランチに対して、ソース・ノードに対応する列に1の値(正の1)を入力し、最初のブランチに対して、宛先ノードに対応する列に-1の値(負の1)を入力し、他の列全てに0を入力することによって、 M_b 行× N_n 列のマトリックスFを形成する。
4. ステップ3において記載した手順を、ネットワーク内の第2、第3、・・・、 M_b ブランチまでについて繰り返すことによって、マトリックスFの第2行から M_b 行までを作成する。

30

その結果、 M_b 行× N_n 列のマトリックスFが得られる。これは、各行に1箇所1が入力され、かつ1箇所-1が入力されている以外は、ほぼ全体的に0で満たされている。

【0029】

具体例を提示するために、単純なネットワーク・モデルのNCDを図10に示す。このネットワークは、 $M_b = 7$ ブランチ、及び $N_n = 6$ ノードを有する。このネットワークのブランチ結合マトリックスは、したがって、7行及び6列を有する。このモデルについて、図3に示したブランチ及びノード番号を利用すると、次の式によってマトリックスFが与えられる。

40

【数1】

$$F = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

10

【 0 0 3 0 】

ネットワーク拘束モデルにおける各ブランチ i は、1 対の形態関係を表す。

$$t_{\text{destination},i} - t_{\text{source},i} \leq \delta_{\text{max},i} \quad (2)$$

$$t_{\text{destination},i} - t_{\text{source},i} \geq \delta_{\text{min},i} \quad (3)$$

ただし、

$t_{\text{destination},i}$ = i 番目のブランチの宛先ノードに割り当てられた時間

$t_{\text{source},i}$ = i 番目のブランチのソース・ノードに割り当てられた時間

$\delta_{\text{max},i}$ = i 番目のブランチに対する最大許容ブランチ期間

$\delta_{\text{min},i}$ = i 番目のブランチに対する最少許容ブランチ期間

である。

【 0 0 3 1 】

ノード時間のベクトル t を定義する。ここで、 t の j 番目の要素は、 j 番目のネットワーク・ノードに割り当てられた時間である。ブランチ結合マトリックス F の i 番目の行を F_i で示すと、式 (2) 及び式 (3) は、次のように書き換えることができる。

$$-F_i t \leq \delta_{\text{max},i} \quad (4)$$

$$-F_i t \geq \delta_{\text{min},i} \quad (5)$$

これは、拘束マトリックス F_i の i 番目の行のノード時間ベクトル t とのマトリックス乗算が、ソース及び宛先ノード時間のみを選択するという事実から得られる。何故なら、行内の他のエントリは全て 0 であるからである。従来慣行にしたがって、正の 1 の値をソース・ノードに対応する要素に割り当て、負の 1 の値を宛先ノードに割り当てる。

式 (3) 及び式 (4) はネットワーク内の各ブランチについて成り立つので、基本マトリックス拘束式は、次のように書くことができる。

$$-F t \leq \delta_{\text{max}} \quad (6)$$

$$-F t \geq \delta_{\text{min}} \quad (7)$$

【 0 0 3 2 】

ブランチがその期間に上位境界を有さない場合、 $\delta_{\text{max},i}$ を正の無限大にセットする。同様に、ブランチがその期間に下位境界を有さない場合、 $\delta_{\text{min},i}$ を負の無限大にセットする。目標値に正確に一致しなければならないブランチについては、上位及び下位境界を目標値 $\delta_{\text{target},i}$ に等しくセットする。

基本マトリックス拘束式 (式 (6) 及び式 (7)) を増強し、3 種類の追加の拘束を考慮に入れる。これら 3 種類の追加の拘束は、次の通りである。

1. 全ての巡回ブランチに対するブランチ期間は、等しくなければならない。これは、システム全体に均一の繰り返し周期を実施するために必要となる。

2. 各準作業ブランチに対するブランチ期間は、その対応する主作業ブランチのブランチ期間の一定分数 (割合) でなければならない。

3. ネットワーク内の 1 つのノードに対する絶対イベント時間は、所望の基準値 (通常は、0) にセットしなければならない。

50

【 0 0 3 3 】

これらの拘束は、先に定義したブランチ結合マトリックス F に関して、次のように表すことができる。

各サイクル・ブランチは、繰り返し周期 T に等しい期間を有さなければならない、したがって、繰り返し周期の特定値には関わらず、 N_t 個のサイクル・ブランチ全てが同じブランチ期間を有していなければならない。サイクル・ブランチに対応するブランチ番号を、集合 $[i_1, i_2, \dots, i_{N_t}]$ によって示す。 k 番目のサイクル・ブランチの期間は、したがって、次のように表すことができる。

$$-F_{i_k} t \quad \delta_{i_k} \quad (8)$$

ここで、 F_{i_k} は、ブランチ結合マトリックス F の i_k 行を表す。

10

【 0 0 3 4 】

次に、以下のように、サイクル・ブランチの期間の各々を、最初のサイクルブランチの期間に等しくセットすることによって、均一なブランチ期間拘束を実施する。

【 数 2 】

$$\begin{bmatrix} -F_{i_2} \\ -F_{i_3} \\ \vdots \\ -F_{i_{N_t}} \end{bmatrix} t = \begin{bmatrix} -F_{i_1} \\ -F_{i_1} \\ \vdots \\ -F_{i_1} \end{bmatrix} t \quad (9)$$

20

これを書き直すと、次の式が得られる。

【 数 3 】

$$\begin{bmatrix} -F_{i_2} + F_{i_1} \\ -F_{i_3} + F_{i_1} \\ \vdots \\ -F_{i_{N_t}} + F_{i_1} \end{bmatrix} t = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

30

【 0 0 3 5 】

式 10 の左辺を表すマトリックス A_t を定義すると、次のようになる。

【 数 4 】

$$A_t = \begin{bmatrix} -F_{i_2} + F_{i_1} \\ -F_{i_3} + F_{i_1} \\ \vdots \\ -F_{i_{N_t}} + F_{i_1} \end{bmatrix} \quad (11)$$

40

式 10 は、次のように、更に纏めて書き直すことができる。

$$A_t t = 0 \quad (12)$$

主作業ブランチに対するブランチ期間を変更する場合、このブランチと関連する準作業ブランチ（ある場合）を、比例して調整し直す必要がある。

【 0 0 3 6 】

この補助拘束集合を表すためには、最初に何らかの表記を定義する必要がある。主作業ブランチに対応するブランチ番号（関連する準作業ブランチを有するブランチのみを含む）を、集合 $[M_1, M_2, \dots, M_{Nm}]$ で示す。ここで、 Nm は、関連する準作業ブランチを有する主作業ブランチの総数である。 k 番目の主作業ブランチに関連する準作業ブランチを、集合 $[m$

50

$m_{k1}, m_{k2}, \dots, m_{kN_k}$]で示す。ここで、 N_k は、 k 番目の主作業ブランチと関連する準作業ブランチの総数である。各準作業ブランチ期間は、関連する主ブランチ期間の固定分数（割合）を表す。 α_{kj} が、 k 番目の主作業ブランチと関連する j 番目の準作業ブランチに対するこの固定分数を示すとする。

すると、 k 番目の主作業ブランチと関連する、必要な拘束集合は、次の式で表すことができる。

【数 5】

$$\begin{bmatrix} F_{m_{k1}} - \alpha_{k1}F_{M_k} \\ F_{m_{k2}} - \alpha_{k2}F_{M_k} \\ \vdots \\ F_{m_{kN_k}} - \alpha_{kN}F_{M_k} \end{bmatrix} t = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

【 0 0 3 7】

式(13)の左辺を表すマトリクス A_{Mk} を定義すると、次のようになる。

【数 6】

$$A_{Mk} = \begin{bmatrix} F_{m_{k1}} - \alpha_{k1}F_{M_k} \\ F_{m_{k2}} - \alpha_{k2}F_{M_k} \\ \vdots \\ F_{m_{kN_k}} - \alpha_{kN}F_{M_k} \end{bmatrix} \quad (14)$$

式13は、次のように更に纏めて書き直すことができる。

$$A_{Mk}t = 0 \quad (15)$$

更に、マトリクス A_m を次のように定義すると、

【数 7】

$$A_m = \begin{bmatrix} A_{M_1} \\ A_{M_2} \\ A_{M_3} \\ \vdots \\ A_{M_{NM}} \end{bmatrix} \quad (16)$$

完全な補助準作業拘束集合は、次の式で表すことができる。

$$A_m t = 0 \quad (17)$$

【 0 0 3 8】

ネットワーク内に1つの基準ノードを選択し、このイベントが発生する絶対時刻を0にセットする。基準ノードのノード番号を k として示すと、この拘束は、次のように表すことができる。

$$A_z t = 0 \quad (18)$$

ここで、行ベクトル A_z の k 番目の要素は1の値を有し、他の要素はすべて0である。

最後に、増強した拘束マトリックス A を次の式によって定義する。

【数 8】

$$A = \begin{bmatrix} -F_r \\ A_t \\ A_m \\ A_z \end{bmatrix} \quad (19)$$

10

ここで、 F_r は、 F において現在冗長な行の全てを排除することによって形成された、縮小ブランチ結合マトリックスである。即ち、準作業ブランチの全てに対応する行、そして最初の巡回ブランチ以外の全てを F から除去し、 F_r を形成する。長さ $N_b + N_t + N_M + 1$ のベクトル b_{min} 及び b_{max} を次のように定義する。

【数 9】

$$b_{min} = \begin{bmatrix} \delta_{min} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (20)$$

20

$$b_{max} = \begin{bmatrix} \delta_{max} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (21)$$

30

【0039】

すると、ネットワーク拘束の完全な集合は、式 (6)、(7)、(12)、(17)、(20) 及び (21) を組み合わせて、増強された拘束式の単一集合にすることによって、以下のように表すことができる。

At b_{max} (22)

At b_{min} (23)

式 (22) 及び (23) の右辺において、ベクトル b_{max} 及び b_{min} の最終的な $N_t + N_M + 1$ 個の要素はそれぞれ、常に 0 で同一である。目的は、必要なネットワーク拘束の全てを満足するイベント時間 (スケジュール) 集合を求めることである。一般に、1 よりも多い、実際には無限に多いスケジュールが、ネットワーク拘束に当てはまる。したがって、方法論に基づいた拘束最適化を採用して、多くの得られる可能性から最も望ましいスケジュールを選択する。最適化評価基準の賢明な選択を行うことによって、種々の実際上の問題に当てはまるように、一般的な手法を修正することができる。

40

【0040】

実際上関心のある最適化評価基準の例を以下に羅列する。

1. 指定した熱処理期間によって、繰り返し周期を極力短縮する。
2. 特定の熱処理期間、例えば、再加熱を、固定繰り返し周期以内で最大化する。
3. 固定繰り返し周期及び指定した 1 組の熱処理期間によって、機構をできるだけ低速化して、磨耗や断裂を極力減らす。

かかる評価基準を利用した最適スケジュールは、開発した新たな方法論を用いると、容易

50

に得られる。

前述のマトリックス代数モデル表現に関して、解決すべき一般的な問題は、以下の式を満足するノード時間の長さ N_n ベクトルを求めることである。

minimize (最小) $f(t)$ (2 4)

ただし、これは、次の拘束を受ける

At $b_{\max}$

At $b_{\min}$

【 0 0 4 1 】

オブジェクティブ関数と呼ばれるスカラー関数 f は、問題に対する多くの可能な解から最も望ましいものを区別するための評価基準を指定する。これは、拘束最適化問題として知られている（非拘束最適化問題に対して）。何故なら、最適な解を探しているが、指定された 1 組の拘束を満たす解に、1 組の可能な解を制限するからである。この場合、拘束は 1 組の線形不等式として表される。

多種多様な実用的評価基準が、形式の二次オブジェクティブ関数に関して表現することができる（実際、定数項 f_0 は厳密には必要とされない。何故なら、システムの極小及び極大の位置に対して何の効果もないからである。ここで保持しているのは、後にオブジェクティブ関数の値に、所望の目標値からの実際のブランチ期間の距離として、より明確な解釈を与えることができるからである。

$f(t) = 1/2 t^T H t + C t + f_0$ (2 5)

以下で詳しく説明するが、本質的なマシン・スケジューリング問題は、実際には、式 (2 5) に示した形式の二次オブジェクティブ関数を用いると、表すことができる。

【 0 0 4 2 】

この二次オブジェクティブ関数及び線形拘束の組み合わせを有する最適化問題は、二次プログラミング問題として知られている。二次プログラミング問題を解く数値アルゴリズムには、高速で信頼性の高いものが種々存在する。実際の場合には（例えば、繰り返し周期を最短にするため）、以下に示す形式の線形オブジェクティブ関数を用いて、最適化評価基準を表すことができる場合もある。

$f(t) = C t + f_0$ (2 6)

この線形オブジェクティブ関数と線形拘束との組み合わせは、線形プログラミング問題として知られている。線形プログラミング問題は、多くの場合、少ない計算で解くことができ、したがって二次プログラミング問題よりも速いが、線形及び二次関数を求める (save) ために用いられる二次プログラミング・ソルバ (solver) は、最も経済的な解決策である。

【 0 0 4 3 】

G T S S M (General Target Schedule Synthesis Methodology : 一般的目標スケジュール合成方法論) の基本的理念は、ネットワーク内の各ブランチの期間に目標値を割り当てることである。これらの目標値は、ユーザがブランチ期間の全てに対して求めたい理想的な 1 組の値を表す。また、満足すべき多くのネットワーク拘束のために、実際には、目標ブランチ期間値の全てを得ることは可能でない場合もある。したがって、G T S S M は、目標値にできるだけ近づくスケジュールを求める。

G T S S M は、以下の 4 つの主要な特徴を用いることによって、種々の問題に対する単一の手法を与えることができる。

1 . 二次オブジェクティブ関数 : 二次オブジェクティブ関数は、スケジュールの観念を数学的に正確にできるだけ目標値に近づくようにする。

2 . ハード・リミット : 各ネットワークブランチ毎に、許容期間にハード上限及び下限を設けることができる。

3 . ロッキング : 指定されたブランチの期間を固定し、これにより、得られたスケジュールにおいてこれらを正確に達成することができる。

4 . Q P ソルバ : ロバストな Q P (二次プログラミング) 数値ソルバの使用。

【 0 0 4 4 】

上述の特徴の各々について、これより更に詳しく説明する。

自動数値解法を実施するために、目標値に近いスケジュールの直感的観念を、数学的に正確にしなければならない。この目的のために、オブジェクティブ関数 $f(t)$ を次のように定義する。

【数 1 0】

$$f(t) = \sum_{i=1}^{N_b} (w_i (\delta_i(t) - \delta_{t_i}))^2 \quad (27)$$

ここで、

w_i = i 番目のネットワークブランチに対する目標と実際の期間との間の偏差の重要性に重み付けする定数

$\delta_i(t)$ = t の関数としての i 番目のネットワークブランチの期間、ノード・イベント時間（スケジュール）の長さ N_n ベクトル

N_b = ネットワークブランチの総数

このように、目標からの距離は、目標と実際のブランチ期間との間の偏差の二乗の加重和として表される。二次元又は三次元の場合（ $N_b = 2$ 、又は $N_b = 3$ ）では、 $w_i = 1$ となり、式（27）はユークリッド距離の式を表していることがわかる。

【0 0 4 5】

i 番目のブランチ期間に対するブランチ期間は、ブランチ結合マトリックスの i 番目の列に関して表せることに着目して、

$$\delta_i(t) = -F_i t$$

したがって、式（27）は、先に定義したマトリックス代数系モデルに関して、次のように表すことができる。

$$f(t) = (W(Ft + \delta))^T (W(Ft + \delta)) \quad (28)$$

ただし、

W = 重み付けマトリックス

δ = 目標ブランチ期間のベクトル

F = ブランチ結合マトリックス

T = ノード・イベント時間（スケジュール）の長さ N_n のベクトル

上付きの T = マトリックスの転置

【0 0 4 6】

ルーチン代数操作にしたがって、式（28）を次のように書き換えることができる。

$$f(t) = t^T F^T W^T W F t + 2 \delta_t^T W^T W F t + \delta_t^T W^T W \delta_t \quad (29)$$

式（29）は、二次オブジェクティブ関数に対して式（25）に与えた標準的形式で表すことができる。

$$f(t) = 1/2 t^T H t + C t + f_0 \quad (30)$$

ただし、

$$H = 2 F^T W^T W F$$

$$C = 2 \delta_t^T W^T W F$$

$$f_0 = \delta_t^T W^T W \delta_t$$

【0 0 4 7】

対角線重み付けマトリックスの要素の定義においては、ある程度の柔軟性がある。最も単純な代替案は、ブランチ重み w_i の各々を 1 の値にセットし、 W が恒等マトリックスとなるようにすることである。これは、ネットワーク・ブランチの全てに対して、所望及び目標期間値の間に、絶対誤差（偏差）に等しい重み付けを与える。場合によっては、絶対誤差手法が適していることもあるが、相対的誤差を問題にする場合の方がより一般的である。その場合、各ブランチの誤差は、その典型的な期間によって正規化される。したがって、相対誤差手法では、典型的期間が 10 ミリ秒のブランチに対して、1 ミリ秒の偏差は、典型的な期間が 10 秒であるブランチに対する 1 秒の偏差と同じ意味であるとみなされる。相対誤差手法では、したがって、以下の式によって重みマトリックスを定義する。

【数 1 1】

10

20

30

40

50

$$W = \begin{bmatrix} 1/(\delta_{high_1} - \delta_{low_1}) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/(\delta_{high_2} - \delta_{low_2}) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/(\delta_{high_{N_b}} - \delta_{low_{N_b}}) \end{bmatrix} \quad (31)$$

ただし、

δ_{high_i} = i 番目のネットワーク・ブランチに対する高スカラ値

δ_{low_i} = i 番目のネットワーク・ブランチに対する低スカラ値

【 0 0 4 8 】

特定のブランチ期間の許容範囲を制限することができると、多くの場合、有用である。この機能を必要とする状況の例は、作業期間中に下位境界を有する機構、及び期間上に下位及び/又は上位境界を有する処理ステップを含むことができる。これらの境界は、式(24)によって与えられるマトリックス拘束関係式の右辺を形成する b_{min} 及び b_{max} ベクトル内の要素に、適切な値を割り当てることによって、G T S S Mにおいてセットされる。

場合によっては、特定のブランチ期間を目標値に正確に等しくするように指定することが望ましい。これを、目標値のロッキングと称する。例えば、ある場合には、フィーダのような上流の機器が容易に調整できないために、サイクルの期間を固定することが必要となる。この機能は、G T S S Mにおいて、上位及び下位境界(式(24)によって与えられるマトリックス拘束関係の右辺を形成するベクトル b_{min} 及び b_{max})の適切な要素の値を、双方共、目標値に等しくセットすることによって、実現される。マトリックスHは正の定数でなければならない。この数値問題に伴う複雑化を避けるために、対象外の期間を有するブランチにも、小さい重みを割り当てることができる。又は、Hが正の準確定(positive semidefinite)でしかない場合を特定の扱うソルバを、用いることができる。

【 0 0 4 9 】

以前の経験又は具体的なテストのいずれかに基づいて、熱形成処理ステップ(再加熱、最終ブロー等)の全てについて、所望の期間を把握することができ、そして、ボトル製造業者は、これらの値が変動することを望まないであろう。繰り返し周期のブランチ期間を固定せず、熱形成に関係するブランチ期間の全てを固定し、機構の作業ブランチ期間を、可能な限り最も速い機構の移動期間に対応する値に固定することによって、繰り返し周期に対する目標期間を0にセットすることができる(できるだけ短くすることが望ましいことを示す)。次に、QPソルバは、ネットワーク拘束の全てに対して繰り返し周期ができるだけ短いスケジュールを求める(これらの拘束は、固定された熱処理期間、及び機構作業期間を、衝突回避、適当なシーケンス等の必要性と共に含む)。

【 0 0 5 0 】

特定のスケジュールが、要求繰り返し周期及び所望の1組の熱形成処理期間を達成することはできるが、これらの目標を達成するために厳密に必要とするよりも高速に機構の一部を動かさなければならない可能性は、極めて高い。代わりに、他の所望の目的を達成するために絶対的に必要とされるだけ、機構を速く動作させることが望ましい場合もある。これにより、サーボ・モータへの平均及びピーク電流(及び、それに伴うモータの加熱)を低減し、その他にもシステム上において総合的な磨耗や断裂を低減することになる。このため、繰り返し周期及びその他の熱処理ブランチ期間を、それらの所望値に固定する。作業ブランチ期間の全てを解除し、それらの目標値を比較的大きな値にセットする。QPソルバは、繰り返し周期及び熱処理期間に対する拘束を満たすことが必要な場合、自由に機構を高速化するであろうが、それ以外では、作業期間をできるだけ増大させるであろう。

【 0 0 5 1 】

所望の目標値を正確に達成することができない場合、所望の目標にできるだけ近づくよう

10

20

30

40

50

にするために、どの境界を緩和しなければならないかについて、ユーザにある指示を与えることができる。これは、最適スケジュールの場所において計算されたラグランジュ乗数値(Lagrang Multiplier Values)を検査することによって、行うことができる。ラグランジュ乗数には、式(24)によって与えられるマトリックス拘束関係式の右辺を形成する b_{min} 及び b_{max} ベクトルに関して、オブジェクティブ関数の偏導関数であると解釈することができる。したがって、特定のラグランジュ乗数に関する非ゼロ値は、 b_{min} 及び b_{max} ベクトルの関連する要素の値を変更することによって、オブジェクティブ関数を増大又は減少させる(ラグランジュ乗数の代数符号によって決まる)ことを示す。かかる拘束をアクティブであると言う。ラグランジュ乗数値がゼロである他の拘束は、インアクティブであると言う。ラグランジュ乗数値の相対的な大きさによってランク付けしたアクティブ拘束を適切にユーザに表示することによって、所望の結果を得ることに對して最大の制限を強いているのはどの境界であるのかが、ユーザに伝えられる。更に、ラグランジュ乗数の符号を用いて、固定されていないブランチの目標値を達成する能力を更に改善するためには、目標値(固定されているブランチの場合)を増大すべきか又は減少すべきかについて判定し、次いで、ユーザに表示することも可能である。ほとんどの拘束最適化アルゴリズムは、ラグランジュ乗数値を計算する機能を備えている(又は、すでにその正常動作の一部としてそれらを計算している)ので、この追加情報は、ユーザに更なる指針を与えるために利用することができる。

10

【0052】

ユーザがシステムを過剰に拘束した場合、提示されたQP問題に対して実現可能な解決策がない場合もある。このような場合、問題が非現実的であることを認識し、境界を十分に緩和して実現可能な解が得られるようにすることが重要である。通例では、QPソルバは、実現可能な解がないことを認識し、適切なフラグを返すことができる。このフラグは、ソフトウェアによって用いられ、GTSSTMに、任意の拘束をできるだけ多く緩和するようにユーザに促すきっかけを実行させることができる。

20

また、MAR(マトリックス代数表現)も、提案されたスケジュールを分析し、あらゆる潜在的に危険な又は望ましくない拘束違反を発見することができる。この機能によって、ユーザがイベント時間に対して要求した変更に対して、インテリジェントな入力評価を行う機構が設けられる。これは、従来の上位及び下位境界のチェックをはるかに凌駕する。スケジュール分析の基本目的は、提案されたスケジュールをチェックして、拘束違反を突き止め、次いで発見できたあらゆる違反を報告する機能を設けることである。この方法は、ユーザが違反の結果を理解することができ、可能な範囲で救済処置を示すような方法で、違反を報告することができる。

30

【0053】

拘束違反の実際のチェックは、計算としては非常に単純であり、単一のマトリックス乗算及び減算を伴うのみである。所望の機能性を最大限得るために、考慮に入れなければならない追加の検討項目がある。主に、ノード(イベント)時間をスケジュールできるのは、システム・モデル全体におけるノードの部分集合についてのみにすぎない、とう事実から、複雑となる。このノードの部分集合を、独立ノード集合と称する。残りの従属ノードに対するノード時間は、独立ノード時間及び既知の固定ブランチ期間から自動的に算出される。

40

また、方法論全体は、次の構成要素からなる。

1. 従属ノード時間について解く
2. 制約違反を検出する
3. 違反を診断し、分類する

【0054】

従属ノード時間は、すでに定義した拘束集合に関して、以下の手順を利用することによって解決することができる。

1. 以下の同等拘束の部分集合を形成する。

$$A_{eq}t = b_{eq}$$

(32)

50

上位及び下位境界が等しいA及びb（それぞれ、式（19）及び（20）において定義されている）の行のみを保持する。なお、既知の固定期間を有するブランチに対する上位及び下位境界は、双方共この既知の固定値にセットされることを注記しておく。これら固定期間ブランチの上位及び下位境界は、したがって、等しく、これらのブランチに対応するAの行は、補助拘束と共に、A_{eq}内に保持される。通例では、既知の固定値を有するブランチは、作業、巡回、及び同時ブランチである。明確に提示された問題を有するために、A_{eq}の行次元は、従属ノード時間の数以上でなければならない。十分な数のブランチに固定値を割り当てて、この条件を満たすようにしなければならない。

【0055】

2. A_{eq}の列を並び替えることによって、分割結合マトリックスA_pを形成する。A_pの内最初のN₁個の列は、独立ノード時間に対応する。tの列をソートしてF_p内の新たな列の順序に対応させることによって、分割ノード時間ベクトルt_pを形成する。これにより、式（32）は次のように書き直すことができる。

【数12】

$$[A_{P_I} \ A_{P_D}] \begin{bmatrix} t_{p_I} \\ \vdots \\ t_{p_D} \end{bmatrix} = b_{eq} \quad (33)$$

3. 式33から、1組の線形方程式を形成する。

$$A_{pD}t_{pD} - (b_{eq} - A_{pI}t_{pI}) = 0 \quad (34)$$

4. 現在の値を、固定ブランチ期間に対応するb_{eq}の独立ノード・イベント時間及び要素に割り当て、式（34）の過剰規定系をt_{pD}について解く。これは、線形方程式の過剰規定系を解くために使用可能な標準的な数値方法、例えば、線形最小二乗ソルバを用いて行うことができる。1組の一貫した固定ブランチ期間、及び適正に構築したネットワーク拘束図では、この過剰規定問題に対する正確な解を得ることができる。即ち、式（34）を満足する従属ノード時間t_{pD}のベクトルを、全く誤差なく求めることができる。正確な解を求めることができない場合、ユーザにその旨を通知し、状況を修正(remedy)することができるようにしなければならない。なお、ゼロ基準ノードは、独立イベント時間とともに含ませてはならず、式（18）に示した定義と一貫性がなければならない。

【0056】

5. t_{pD}及びt_{pI}の要素を、式（22）及び（23）の行に対応する、それらの元の順序にソートし直して、提案されたスケジュールを構成する時間t_{proposed}のベクトルを形成する。

従属時間を計算し、提案したスケジュールが得られたならば、実際に拘束違反を検出することは、比較的単純である。ノード時間t_{proposed}のベクトルによって、提案スケジュールが与えられると仮定すると、式（22）及び式（23）から、チェックする条件は、以下の1組の不等式によって与えられる。

$$At_{proposed} - b_{max} \leq 0 \quad (35)$$

$$At_{proposed} - b_{min} \geq 0 \quad (36)$$

式（35）又は式（36）のいずれかの不等式が完全に満たされない場合、提案スケジュールが少なくとも1つの拘束に違反していることになる。

【0057】

式（35）及び式（36）における各行は、特定のシステム拘束を表す。したがって、これらの式における各行には、説明的テキスト及び厳格性レベル(severity level)を割り当てることができる。そして、式（35）又は式（36）を評価することによって、提案スケジュールを検査する。要求される不等式を満足しなかったいずれの行の行番号も、対応するエラー・メッセージ・テキストを呼び出し表示するインデックスを与える。厳格性レ

10

20

30

40

50

ベルは、厳格性の順に多数の拘束違反をソートするために用いることができ、更にグラフィカル・ユーザ・インターフェース上における適切なカラー・コード、又はその他の属性（点滅）に対するキーとすることもできる。

【 0 0 5 8 】

テキスト及び厳格性の割り当ては、自動的に行うことができる。かかる自動割り当てをどのように行うことができるか理解するために、式（ 3 5 ）又は式（ 3 6 ）の行は、ネットワーク・ブランチから得られることを思い出されたい。各ブランチ・タイプによって示唆される違反は、したがって、属性となることができ、これを特定のブランチ・タイプに割り当て、更に特定のブランチに対して指定する。例えば、衝突ブランチに対して、「反転及びバッフル間で衝突が発生した」という違反テキストを自動的に定義することができる。このイベントは、例えば、1 ～ 1 0 の番号を厳格性レベルに割り当て、1 0 を最も厳格であるとすることができる。式（ 3 5 ）及び式（ 3 6 ）における対応する行は、これらが由来するブランチからこれらの記述を継承する。あるいは、特定の形成プロセスに対してネットワーク拘束図を完全に定義したなら、個々のメッセージを手作業で入力するか、又は自動的に発生するデフォルト集合を編集し、発生し得る有限数の拘束違反毎に、得られたデータをテーブル内に格納することができる。この手作業の手法は、恐らくメッセージの読み易さ(readability)をある程度高めることができるが、誤りを含む可能性もあり、ネットワーク拘束図にいずれの変更が加えられた場合でも、更新しなければならない。したがって、自動手法が好ましい。

【 0 0 5 9 】

現状の技術制御では、これら機構／プロセスの1つの動作は、3 6 0 ° サイクルの選択した角度で機構等を「オン」及び「オフ」に切り替え切ることによって制御される。機構を「オン」にすることは1つのイベントであり、機構を「オフ」にすることも1つのイベントである。図 1 2 及び図 1 3 は、従来の時限イベント・リスト(timed event list)を示し、該リストは、I S マシンに対するそれらの角「オン」時点及び角「オフ」時点を有する。このリストは、マシン制御から得られる。

アンラップ・スケジュールは、既知の繰り返し周期を用い、イベント角度のモジュロ 3 6 0 度（イベント角度 = モジュロ 3 6 0 （アンラップ・イベント時間 / 繰り返し周期）× 3 6 0 ）を計算することによって、対応するラップ・スケジュールに変換することができる。ラップ・スケジュールからアンラップ・スケジュールに変換するには、元のネットワーク拘束図に、アンラップ・ブランチと呼ばれる、新たな1組の有向ブランチを増強する。アンラップ・ブランチから、作業及びシーケンス・ブランチ、ならびにこれらのブランチに入来するあらゆるノードと共に形成されたサブグラフを、サイクル・アンラッピング・グラフと呼ぶ。サイクル・アンラッピング・グラフの一例を、プレス及びブロー・サイクルを示す図 1 2 に示す。

【 0 0 6 0 】

C U G（サイクル・アンラッピング・グラフ）は、次の特性を有するように作成される。

特性 1 . C U G は接続グラフである。

特性 2 . C U G のノードは、正確に N C D（ネットワーク拘束図）における作業及びプロセス・ブランチの全てに対するソース・ノード及び宛先ノード全ての集合である。これは、タイミング・ドラム（シーケンサ）のあらゆる「オン」及び「オフ」角度がグラフ上で表されることを意味する。

特性 3 . C U G 内のあらゆるブランチは、サイクルの一部である（イベントから当該イベントの次の周期的繰り返しまでの経路パス）。例えば、図 1 1 の一番下のラインは、M120 (Tongs Open), M110 (Tongs Close), M210 (Takeout Out) 及び M120 と進む。同様に、その上のラインは、M210 (Takeout Out), M220 (Kickback), M200 (Takeout In)、及び M210 と進む。その上のラインは、M190 (Blow Head Up), M180 (Blow Head Down), p2 (Final Blow), 及び M190 と進む。その上のラインは、MP1000 (Blow Molds Open), M240 (Blow Molds Closed), M1000 と進む。次のラインは、MP100 (Plunger To Loading Position), M230 (Pressing), M80 (Neck Rings Open), M70 (Neck Loading Position) 及び M100 と進む。次

のラインは、MP90 (Blanks Close), M230, M40 (Plunger To Loading Position), M60 (Invert), M70 (Revert), M90と進み、一番左のラインは、MP150 (baffle Up), M140 (Baffle Down), M230, M150 (Baffle Up) と進む。

【 0 0 6 1 】

特性 4 . C U G のノード上に入射するブランチは、ファン・イン(fan in)又はファン・アウト(fan out)のいずれかであるが、両方ではない。即ち、所与のノードに向けられたブランチが 1 つよりも多くある場合、そのノードから離れるノードは 1 つのみである (ファン・イン)。所与のノードを離れるノードが 1 つよりも多くある場合、それに入るノードはまさしく 1 つである (ファン・アウト)。

上述の特性は、C U G は以下の追加特性も有することを暗示する。

10

特性 5 . ブランチ方向に従う 2 つの相互接続するブランチによって横断することができる 3 つのノードのあらゆるシーケンスは、少なくとも 1 つの共通サイクルの一部である。したがって、C U G 内の各ノードは、巡回シーケンスにおける 2 つの他のイベントの間にある。

特性 6 . C U G における各ブランチは、サイクルの一部であるので、1 ピリオド長未満でなければならない。

【 0 0 6 2 】

したがって、入力データが適正に順序付けられ有効な解が得られることのチェックを含む一連のステップにおいて、問題が解かれる。

- 1 . C U G のブランチ結合マトリックスを形成する。
- 2 . C U G のノードを 2 つの集合、即ち、ラップ・イベント角度の入力集合内に与えられた値を有する独立ノード、及びイベント角度が未知である残りの従属ノードに分割する。明確に提起された問題では、従属ノードの全ては、期間がわかっているブランチによって、独立ノードに接続されなければならない。
- 3 . 既知の入カイベント角度を、これらに対応する C U G 内の独立ノードに割り当てる。
- 4 . 以下の式を用いて、従属イベント角度に対するイベント角度を決定する。

20

【 数 1 3 】

$$\Theta_i = \text{mod} \left(\left(\Theta_j \pm \frac{d_{i-j}}{T_{\text{cycle}}} * 360 \right), 360 \right) \quad (37)$$

30

ただし、 Θ_i は、i 番目の従属ノードに対して計算するイベント角度、 Θ_j は、時間期間 d_{i-j} がわかっているブランチを介してノード i に接続される従属ノードである。

式 (3 7) における代数符号は、従属ノードが独立ノードから下流にある場合は、正として選択し、それ以外の場合負として選択する。

【 0 0 6 3 】

5 . 任意の周期的繰り返しノードに対するイベント角度を、それが複製するノード (N C D 内の巡回ブランチによってそれが接続されているノード) の値に等しくなるように割り当てる。

40

6 . 全てのイベント角度は正しい巡回順序であることをチェックする。これを行うには、各ノードに割り当てられたイベント角度が、その直接上流及び下流にある隣接ノード対の値の間にあることをチェックする。

7 . 以下の式を用いて、C U G 内のブランチ全てについて、角度ブランチ期間を求める。

$$\delta = \text{mod}(-F\Theta, 360) \quad (38)$$

ただし、F は、C U G のブランチ結合マトリックス、 Θ は、C U G におけるノード・イベント角度のベクトル、 δ は、C U G における角度ブランチ期間のベクトルである。

【 0 0 6 4 】

8 . 次の式を用いて、角度ブランチ期間のベクトル δ を、時間期間のベクトル d に変換する。

50

$$d = \delta / 360 \cdot T$$

(3 9)

Tは繰り返し周期である。

9. 標準的な数値方法を用いて、可能な過剰規定システムを解くことによって、アンラップ・ノード・イベント時間について解く。

$$-F_r t = \delta$$

(4 0)

ただし、 F_r は、CUGのブランチ結合マトリックスであり、その列が、削除したゼロ基準ノードに対応する。(ゼロ基準ノードの選択は任意であるが、NCDのそれと一致していなければならない。)前述のシステムは過剰規定であるが、実際には、 δ が F_r の列空間にあるので、最少二乗解が有する誤差は0である。これを検証して、あらゆる計算問題を特定しなければならない。

10

10. 式40から決定される対応のアンラップ・イベント時間を用いて、NCDにおける独立ノードに値を割り当てる。これにより、NCDにおける従属ノードを、前述のように決定することができる。

【 0 0 6 5 】

図14は、分析ツール(Tool)の製作を示すブロック図である。最初に、ISマシンにおいてボトル形成プロセスに対してネットワーク拘束図が定義される(60)(ゴブの形成に続くアンラップ・サイクル、そのブランク・ステーションへの搬入、パリソンのブランク・ステーションからブロー・ステーションへの転送、及び、形成されたボトルのブロー・ステーションからの排出)。次いで、拘束図における必須データのコンパイルであり、全てのブランチのリストを含み、各々についてその名称、形式、開始ノード番号、終了ノード番号等を識別する、ネットワーク拘束図のデータ・テーブルへの変換をおこなう(61)。これは、手作業で、拘束図の図面を検査することによって行うことができ、あるいは、コンピュータが拘束図のコンピュータ化図面に基づいてこれを行うことができる。次のステップは、データ・テーブルを数学的表現に変換すること(62)であり、評価のために、コンピュータ化モデルに変換される(64)。図示の実施形態では、コンピュータ化モデルは、マトリックス数学(matrix mathematics)に基づくが、他の数学的手法も使用可能である。ボトル及び当該ボトルを製造するために用いられるプロセス(例えば、プレス・アンド・ブロー、ブロー・アンド・ブロー)の性質に応じて、異なるデータ・テーブルが必要となる場合もある。図示のように、多数のデータ・テーブル(データ・テーブル「N」)をメモリに格納し、かつ、必要に応じて入力することができる。

20

30

【 0 0 6 6 】

図15は、コンピュータ化モデル64の一部を示し、これは、360°マシン・サイクル・イベント角度をボトル形成プロセス・イベント時間にアンラップする(アンラッピング)(66)。これは、入力として、マシン(セクション)・コントローラ42(図1)等からダウンロードしたデータ、又はコンソール、端末等における手作業入力によって、イベント角度、マシン・サイクル時間(ISマシンの360°タイミング・ドラムのサイクル時間)、及び作業期間(変位可能機構の「M」(大文字)期間)を受け取り、ボトル形成プロセスにおけるイベント時間を出力する。尚、イベント角度及びマシン・サイクル時間は、通常、既存のジョブ・ファイルから得られるデータであるが、作業期間はジョブのために定義しなければならない。

40

【 0 0 6 7 】

図16は、このコンピュータ化モデル64を用いて拘束に関するアンラップ・スケジュールを分析する(68)ことを示している(拘束違反回避)。イベント時間、マシン・サイクル時間、作業期間、準作業期間(変位可能機構に対しては「m」(小文字)作業期間)、衝突ブランチ下限、シーケンス・ブランチ下限、及び熱形成プロセス「N」制限を入力とし、コンピュータ化モデルは、制約違反があるか否か判定を行う(70)。単語の入力は、入力された情報を利用可能にすることを意味するが、異なるソースからでも入手可能である。例えば、イベント角度及びマシン・サイクル時間は、既存のジョブ・ファイルから得ることができるが、残りの入力は、データ・テーブルを、データ・テーブルの数学的表現への変換62に入力する時点で入力する。

50

【 0 0 6 8 】

入力、オペレータによって選択可能なある範囲の値を有することができるときはいつでも、かかる入力には、当該入力の上限及び下限を含み、設定を特定の値に固定すべきか、又は、固定せずに制限内のいずれの場所をも許すかに関する選択も含まれている。通常、衝突及びシーケンス・ブランチに対する下限は、ゼロ又は選択した誤差マージンにセットすることができ、これは、オペレータから保護することができ、あるいはオペレータにこれらの入力へのアクセスを与え、オペレータが所望の下限を規定できるようにすることも可能である。拘束違反の1つに、誤ったシーケンスで何かが起こる結果となるスケジュールがある。別の拘束違反には、衝突を招くスケジュールがある。これらの拘束違反はいずれも、熱形成プロセス期間「N」の制限をなくして決定することができる。この追加の入力（複数の入力）によって、アンラップ・スケジュールを評価し、熱形成プロセス期間の1つ以上が短すぎるか、又は長すぎるか、そして、そのために1つ以上の熱形成プロセス拘束に違反するか否か判定することができる。これらの入力及び出力、ならびに後に論ずる実施形態における入力及び出力は、適宜の画面上で見ることができる。

10

【 0 0 6 9 】

いずれかの問い合わせが肯定の答えを得た場合、コントローラはアラームの作動及び/又は入力を拒絶（74）を行い、そして、拘束違反を出力する（76）。問い合わせに肯定的に答えた場合、コントローラは計算したマージンを出力し（78）、オペレータに、スケジュールがどれくらい厳しいかに関してある程度のアイデアを与えることができ、次いで、イベント時間をイベント角度にラップし、イベント角度及び新しいマシン・サイクル時間をプリントする（79）ことができる。なお、「プリント」とは、画面又は文書上に提示される出力としての、オペレータが読み取る形態でデータを提示すること、あるいは、マシン読み取り可能な形態とし、マシンに新たなイベント角度やマシン・サイクル時間を設定し直すこと等によりデータ上でマシン・コントローラが自動的に動作できるようにすることである。

20

【 0 0 7 0 】

1つのモードでは、ISマシンを運転し、オペレータが360°タイミング・ドラムにおける1つ以上のイベント角度を変更したい場合がある。特定のジョブを走らせ、当該ジョブに対する基本データ（期間及び制限）は既にコントローラに入力されている。このデータを、マシン・サイクル時間と共に、マシン・コントローラからダウンロードすることができる。あらゆる提案イベント角度を含むイベント角度は、アンラップ66にダウンロードすることができるので、イベント時間を定義することができる。別のモードでは、オペレータが、以前に走らせたジョブのレコード（イベント角度及びマシン・サイクル時間）を有し、該オペレータがジョブを開始する前に何らかの変更を評価する。空気式シリンダによって作動する多数の機構を有する従来のISマシンでは、作業期間及び準作業期間は、高速カメラを用いる等により、経験的に規定しなければならない場合もある。干渉のために、アクチュエータを作業プロファイルにしたがって変位させる必要がある場合、準作業ゾーンは、経験的に定義することができ、あるいは数学的に決定することもできる。

30

【 0 0 7 1 】

図17は、熱形成プロセス期間を監視するための、このコンピュータ化モデルの使用を示す。イベント時間、作業期間、準作業期間及びマシン・サイクル時間が既知であるとして、又は、入力として、コンピュータ化モデル64は熱形成プロセス期間に関するアンラップ・スケジュールを分析し（80）、次いでコンピュータ化モデル64は、熱形成プロセス期間を出力する（82）。したがって、オペレータは、いずれの時点でも、熱形成プロセス期間を見ることができ、オペレータの経験に基づいて、360°イベント角度及びマシン・サイクル時間に対して変更を加えることができる。熱形成プロセス期間「N」の制限の追加入力によって、コンピュータ・モデルは、熱形成プロセス期間「N」マージンも出力する（81）ことができるので、オペレータは任意のプロセスについても、その時間が、その許容時間枠に対してどこにあるか見ることができる。

40

50

【 0 0 7 2 】

図 1 8 は、既存のマシン設定に対して、最適化サイクル時間（最適化サイクル時間）及び最適化イベント角度をそのスケジュールのために定義するコンピュータ化モデルの使用を示す。作業期間、準作業期間、衝突ブランチ下限、シーケンス・ブランチ下限、イベント時間、マシン・サイクル時間、及び最適化マシン・サイクル時間／目標／固定状態が既知であるとして、又は、最少サイクル時間に対するアンラップ・スケジュールの最適化処理（ 8 2 ）への入力として、コンピュータ化モデル 6 4 は、実現可能なスケジュールがあるか否か判定を行う（ 8 3 ）。ない場合、モデルは入力を拒絶する（ 8 5 ）。マシン・サイクル時間及びイベント時間は、アンラップ(unwrapper)から供給することができ、最適化マシン・サイクル時間は、オペレータによって入力することができる。イベント時間及びマシン・サイクル時間は、熱形成期間を決定するために必要であるに過ぎないので、これらの値は、最適化を行う前に固定することができる。等価な入力は、熱形成期間であろう。

10

【 0 0 7 3 】

オペレータは、最適化マシン・サイクル時間の目標値を 0 に設定し、解除状態にすることができ、コンピュータ化モデルは、最も少ないサイクル時間で、提案スケジュールを最適化しようとする。オペレータが、現在のマシン・サイクル時間から最も速いマシン・サイクル時間にマシン・サイクル時間を短縮するのではなく、サイクル時間をその間のいずれかのマシン・サイクル時間に短縮の方が好ましいと判断した場合、最適化マシン・サイクル時間の目標値を、マシン・サイクル時間と、最も速いマシン・サイクル時間の中間の時点にセットし、固定状態とすることができる。実現可能なスケジュールがある場合、モデルは、最適化イベント時間をイベント角度にラップし（ 8 4 ）、イベント角度及び新たなサイクル時間を、スケジュール・サイクルのためにプリントし（ 8 6 ）、マシン・コントローラ部への入力として利用できるようにする。

20

【 0 0 7 4 】

図 1 9 は、1 つ以上の熱形成プロセス期間（熱形成プロセス期間「N」及び関連する目標、制限及び固定状態）を定義するオペレータの入力に応答して、動作中の I S マシンを調整するための、コンピュータ化モデル 6 4 の使用を示す。マシン・サイクル時間及びイベント時間（又は熱形成プロセス期間）を入力として、更に作業期間、準作業期間、衝突ブランチ下限、シーケンス下限も入力として、コンピュータ化モデル 6 4 のアンラップ・スケジュールの最適化（ 8 8 ）の部分は、実現可能なスケジュールがあるか否か判定を行う（ 9 0 ）。図示のように、追加の入力、熱形成プロセス期間「N」があり、これは、目標（時間）、制限及び固定状態を含む。

30

【 0 0 7 5 】

例えば、オペレータは、十分な「再加熱」時間がないので不良が発生したと判断し、提案した新たな再加熱時間を入力する場合もある。また、オペレータは、プロセスのオフ・ライン評価の間に、複数の新たな熱形成プロセス期間 N1, N2, ... を入力することもできる。これらのモードのいずれにおいても、スケジュール全体に対するイベント角度を利用することができ、これらは全て、オペレータによって入力可能であり、又はマシン・コントローラからダウンロードすることが可能である。

40

【 0 0 7 6 】

実現可能なスケジュールがない場合、コンピュータ化モデルは、入力を拒絶する（ 9 2 ）。実現可能なスケジュールがある場合、コンピュータ化制御部は、熱形成プロセス期間を出力する（ 8 9 ）。かかる出力は、例えば、各期間毎の目標期間のプリントアウト、その目標期間が固定されていたか否かの指示、そして当該期間に対して上限及び下限間にわたるウィンドウ内に位置する実際の期間とすることができる。解がある場合、コンピュータ化モデルの最適化イベント時間をイベント角度にラップする（ 8 4 ）ことにより、イベント時間をイベント角度に換算し、そして、イベント角度及び新たなマシン・サイクル時間のプリント（ 9 4 ）に進む。

【 0 0 7 7 】

50

図 20 は、完全なスケジュール最適化（スケジュール最適化）のためのコンピュータ化モデルの使用を示す。マシン・サイクル時間、イベント時間、作業期間、準作業期間、熱形成プロセス期間、衝突ブランチ期間、及びシーケンス・ブランチ期間は、目標値を表し、アンラップ・スケジュールの最適化（96）へ提供される入力である。加えて、以下のような多数の制限も入力される。1．最小／最大作業期間「N」、2．最小／最大熱形成プロセス期間「N」、3．最小／最大衝突ブランチ「N」、及び4．最小／最大シーケンス・ブランチ「N」。最小／最大作業期間「N」は、サーボ・モータ駆動による変位に関し、選択的に変化させることができる。これらの入力が与えられると、アンラップ・スケジュールの最適化は、スケジュールを探し、実現可能なスケジュールが存在する場合、最適化する。

10

【0078】

質問「実現可能なスケジュールがあるか」（98）に対する答えが否定の場合、オペレータに、制限を緩和する（100）ように指示し、オペレータは制限を修正することによって、解を求めようとする。質問「実現可能なスケジュールがあるか」98に対する答えが肯定の場合、制御は、衝突／シーケンスブランチを最大に設定し、他の全ての期間を固定し、再度アンラップ・スケジュールを最適化する（101）。これによって、これらのブランチを最大化し、ミスシーケンシング(missequencing)の衝突率を更に低下させる。次に、コンピュータ・モデルは、イベント時間をイベント角度にラップし（102）、イベント角度及び新たなマシン・サイクル時間をプリントし（104）、最適化期間対制限を出力する（106）。したがって、オペレータはアンラップ・スケジュールを最大限操作することができる。オペレータは、サイクル時間、イベント角度及びサーボ作業ブランチ期間を有する既存のジョブ・ファイルから開始し、最適化スケジュールを規定するように作業することができる。あるいは、オペレータは、熱形成プロセス期間を入力し、これらをイベント時間に換算することも可能である（図示しない画面はこの情報全てを表示し、彼の分析に便宜をはかることができる）。

20

【0079】

実現可能なスケジュールがある場合（107）（図21）、更なる改善を制約するアクティブな拘束があるか否か判定を行い（108）、ある場合には、アクティブな拘束（改善に向けて動く方向を含む）を出力する（110）。例えば、コンピュータ化モデルは、最適化を妨げる拘束が、ブロー形成冷却時間であることを示すことができる。これによって、オペレータは具体的な問題に取り組み、モールドを通過する冷却剤又はモールドにおける冷却剤の流れを増大させるようスケジュールリングすることができる。解決策がない場合、オペレータに制限を緩和するように指示する（100）。

30

【0080】

図22は、サーボ・モータによって作動させる機構の磨耗を最適化するためのこの技術の使用を示す（磨耗最適化）。ここでは、コンピュータ化モデル64は、アンラップ・スケジュールを最適化するために用いられ、解決策があると判定した場合（107）、次のステップは、コンピュータ・モデルがサーボ作業期間を除いて全ての変数を固定し、目標サーボ作業期間を大きな値にセットすることにより、アンラップ・スケジュールを最適化することである（112）。次のステップは、コンピュータ・モデルがサーボ・モータ「N」をプリントし、サーボ・モータ「N」の最適期間をサーボ・モータ「N」コントローラに送る（114）ことである。コントローラは、次にサーボ・モータ「N」コントローラからサーボ「N」増幅器駆動カードに、サーボ・モータ「N」の最適期間を送出する（116）。増幅器駆動カード116は、次に、増幅器デジタル信号プロセッサにおいて、最適期間に変更する（118）。増幅器デジタル信号プロセッサは、例えば、駆動する機構に対する正規化作業プロファイル进行调整し、あらゆる作業の期間に対応することができる。この環境では、このように調節する理想的なモータは、最小期間から最大期間まで調整可能な正規化作業プロファイルを有するサーボ・モータである。プロファイル化アクティベータ(profiled activator)の好適な実施形態はサーボ・モータであるが、ステッピング・モータのようなその他の電子モータも用いることができる。

40

50

【 0 0 8 1 】

上記に説明した制御は、ボトル形成マシンと共に、マシン制御の一部として直接的に用いることができ、又は、評価の目的のために仮想的に作動させるマシンの制御として間接的に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】1つ以上のセクションを有することができる IS マシンの一つセクションの概略図である。

【図 2】ブロー・アンド・ブロー・プロセスのネットワーク拘束図の第 1 部分である。

【図 3】ブロー・アンド・ブロー・プロセスのネットワーク拘束図の第 2 部分である。

【図 4】ブロー・アンド・ブロー・プロセスのネットワーク拘束図の第 3 部分である。

【図 5】ブロー・アンド・ブロー・プロセスのネットワーク拘束図の第 4 部分である。

【図 6】ブロー・アンド・ブロー・プロセスのネットワーク拘束図の第 5 部分である。

【図 7】ブロー・アンド・ブロー・プロセスのネットワーク拘束図の第 6 部分である。

【図 8】ブロー・アンド・ブロー・プロセスのネットワーク拘束図の第 7 部分である。

【図 9】ブロー・アンド・ブロー・プロセスのネットワーク拘束図の第 8 部分である。

【図 10】ブランチ結合マトリックスのネットワーク・モデルである。

【図 11】IS マシンのセクションを制御する 360° 電子式シーケンサのイベント・タイミング・チャートである。

【図 12】ラップ・サイクルをアンラップするために用いるネットワークの第 1 部分の図である。

【図 13】ラップ・サイクルをアンラップするために用いるネットワークの第 2 部分の図である。

【図 14】ラップ・サイクルからアンラップしたネットワーク拘束図の数学的表現のコンピュータ化モデルの作成を示すブロック図である。

【図 15】ラップ・イベント角度をアンラップ・イベント角度に変換するコンピュータ化モデルの部分を示すブロック図である。

【図 16】コンピュータ化モデルを用いて、シーケンス、衝突、又は期間違反のような拘束違反に関して、アンラップ・スケジュールを分析する制御の動作を示す論理図である。

【図 17】コンピュータ化モデルを用いて、アンラップ・スケジュールを分析し、熱形成プロセスの期間を規定する制御の動作を示す論理図である。

【図 18】コンピュータ化モデルを用いて、スケジュールの最適化に関して、アンラップ・スケジュールを分析する制御の動作を示す論理図である。

【図 19】コンピュータ化モデルを用いて、熱形成プロセス期間「N」入力の場合の実現可能なスケジュールに対するイベント角度を規定する制御の動作を示す論理図である。

【図 20】コンピュータ化モデルを用いて、アンラップ・スケジュールを最適化する制御の動作を示す論理図である。

【図 21】コンピュータ化モデルを用いて、スケジュールが実現可能であると判定した場合に、更なる改善を拘束するあらゆるアクティブな拘束を識別する制御の動作を示す論理図である。

【図 22】コンピュータ化モデルを用いて、変位可能機構上の磨耗を最小に抑えるための制御の動作を示す論理図である。

【符号の説明】

6、8、10、12 セクション

12 モールド開閉機構

14 対向モールド支持部

16 変位機構

18、24、39 モータ

22 バッフル機構

26 ブランジャ機構

30 ネック・リング・ホルダ・アーム

10

20

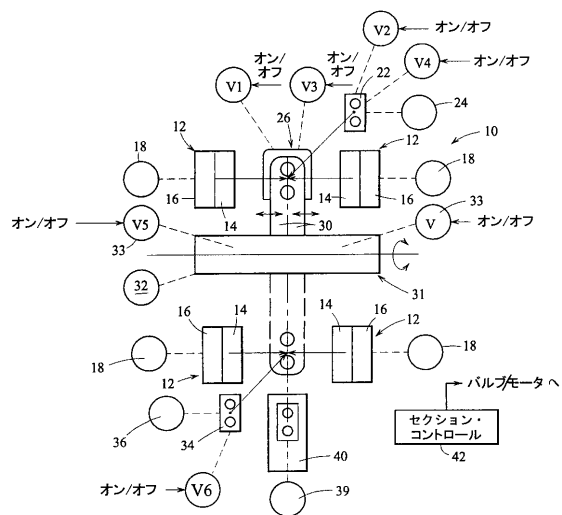
30

40

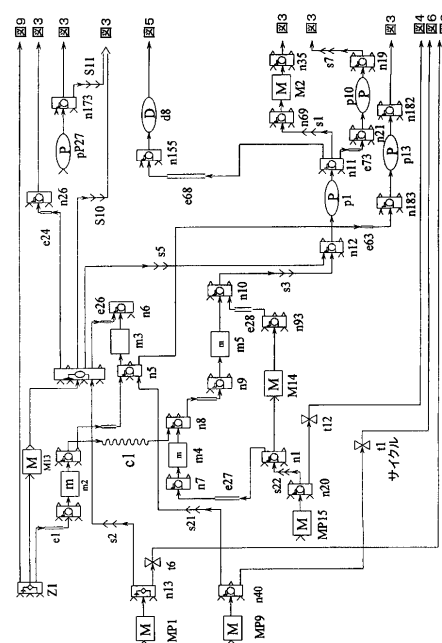
50

- 3 2 サーボモータ・ドライブ
- 3 4 ブローヘッド支持部
- 3 6 サーボ
- 3 8 取り出し機構
- 4 0 デッドプレート
- 4 2 コンピュータ

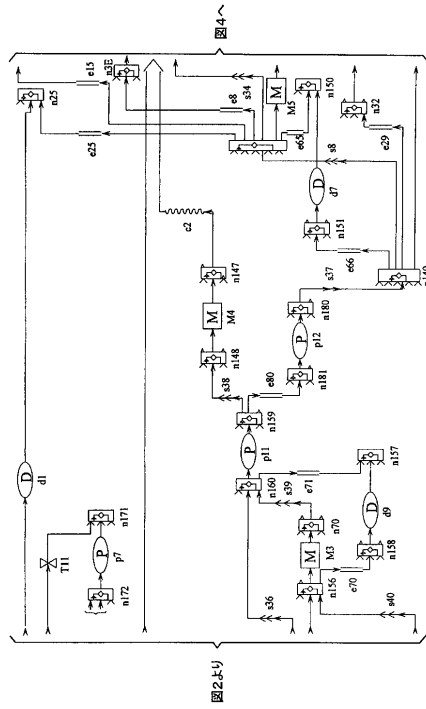
【図 1】



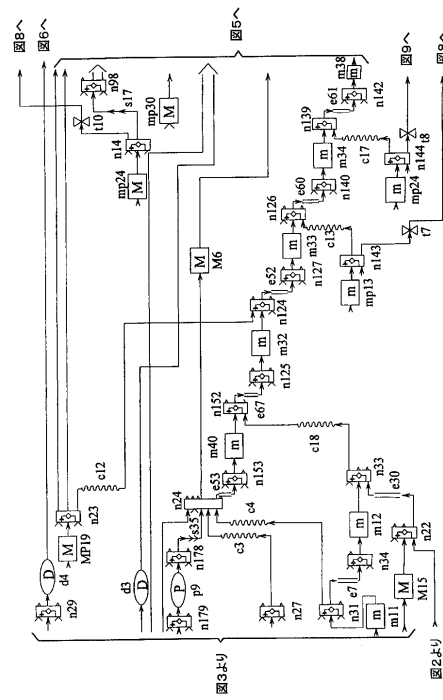
【図 2】



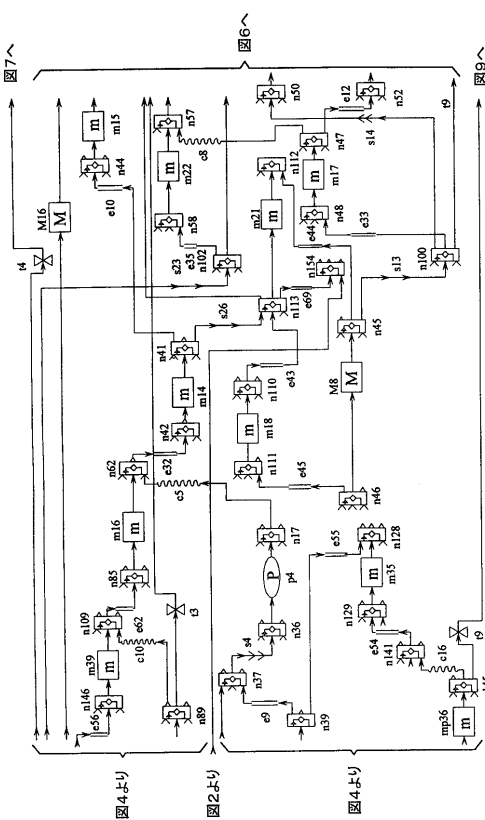
【図3】



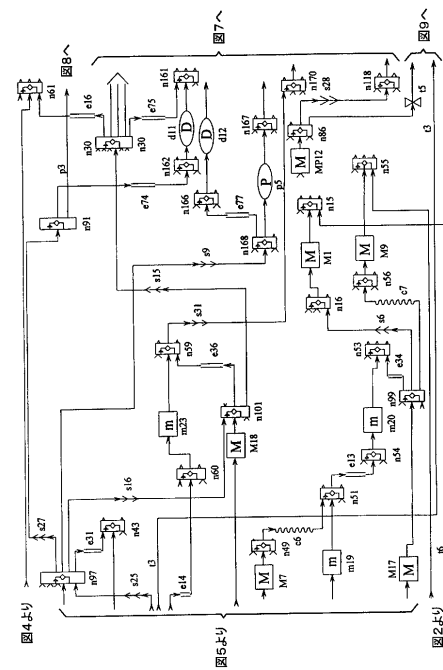
【図4】



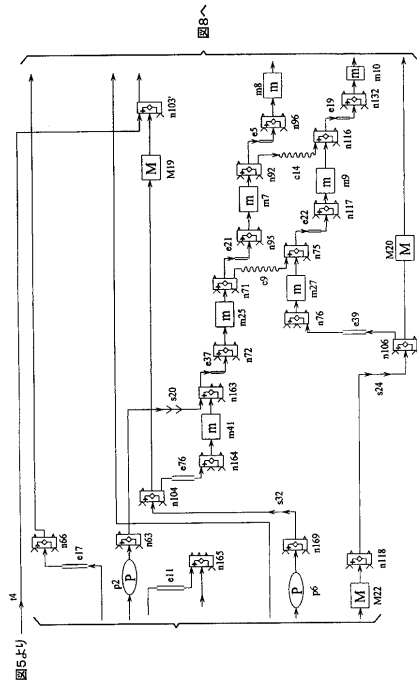
【図5】



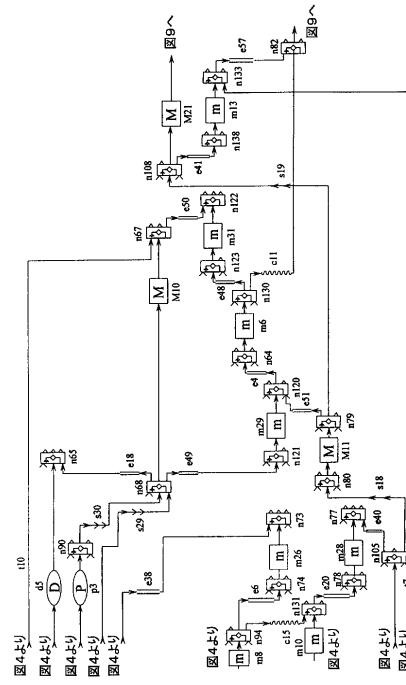
【図6】



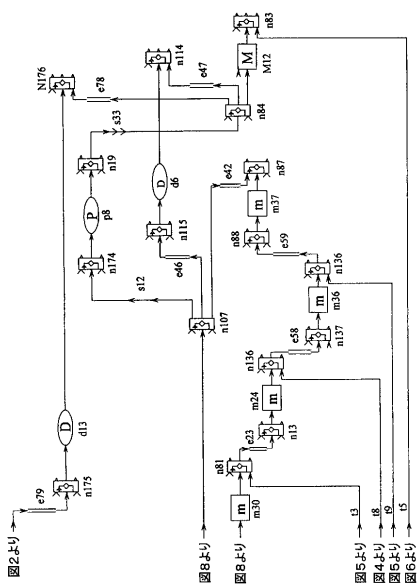
【図 7】



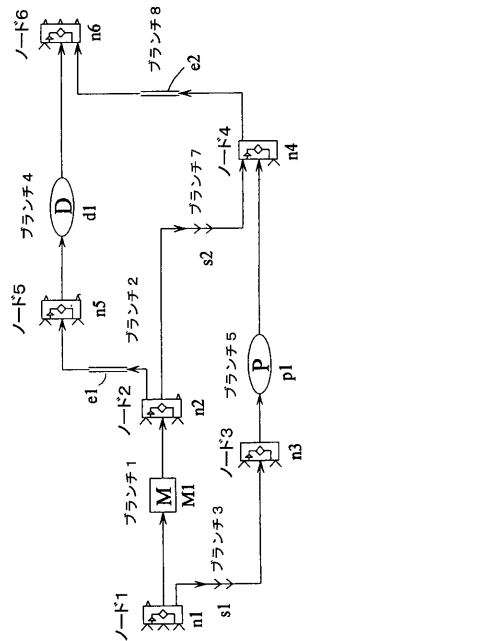
【図 8】



【図 9】



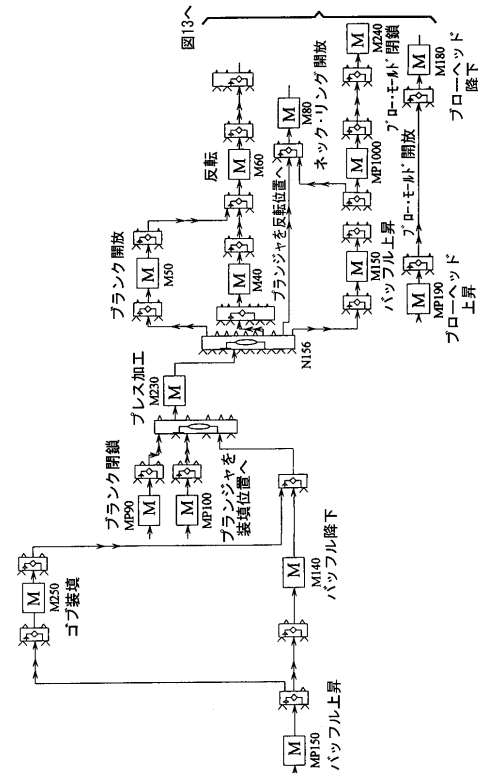
【図 10】



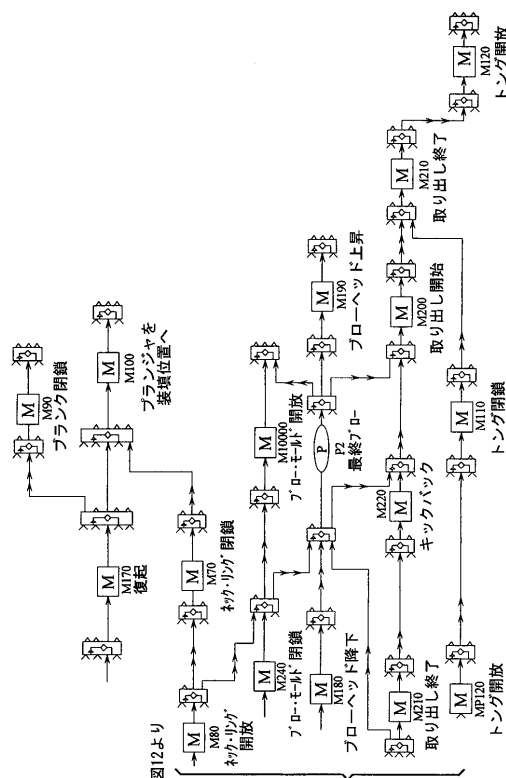
【図 1 1】

	G	H
1 イベント	オン	オフ
2 コブ分離器	334	14
3 ブランク閉鎖	324	130
4 ブランク開放	130	321
5 ブランジャ 上昇	33	123
6 第1 パッフル	9	125
7 ブランジャ 降下	127	327
8 煙突	1	150
9 静定ブロー	1	1
10 ブランジャ 冷却	150	260
11 反転	200	260
12 ネックリング 開放	274.5	283
13 復起	282	172
14 モールド 閉/開	229	170
15 モールド 冷却	10	150
16 フローヘッド	290	113
17 最終ブロー	348	120
18 取り出し 開始	137	197
19 トング 閉鎖	178	78
20 取り出し 終了	197	90

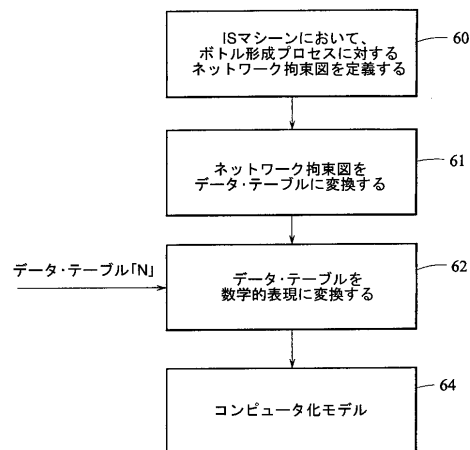
【図 1 2】



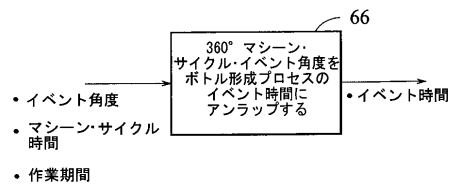
【図 1 3】



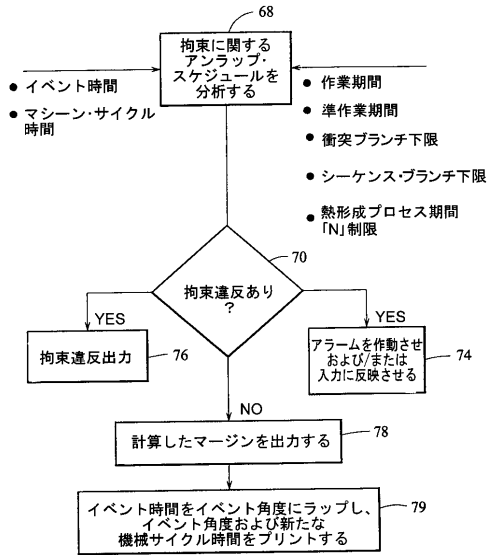
【図 1 4】



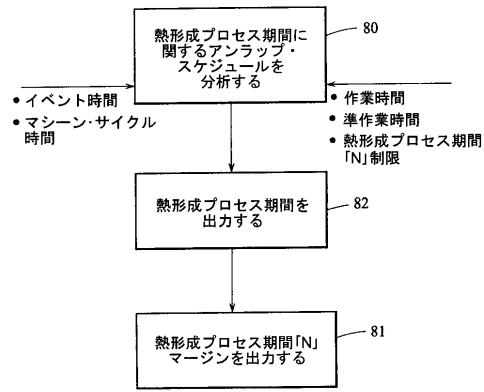
【図 1 5】



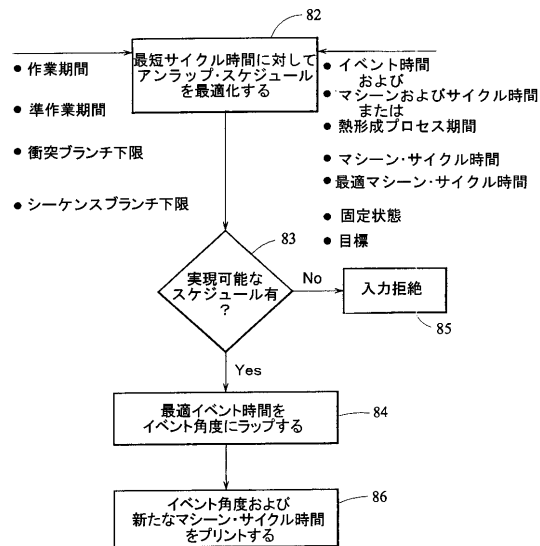
【図 16】



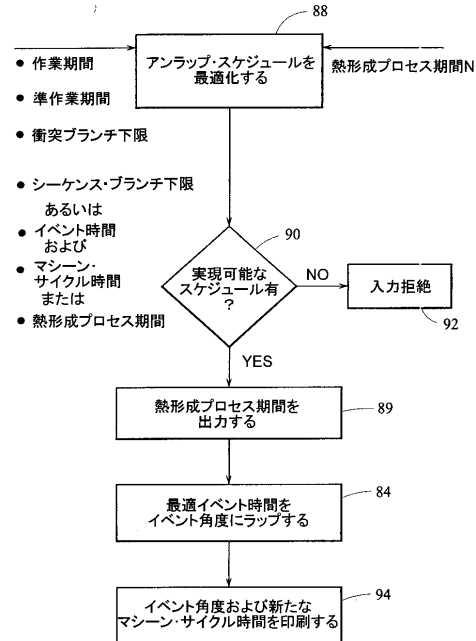
【図 17】



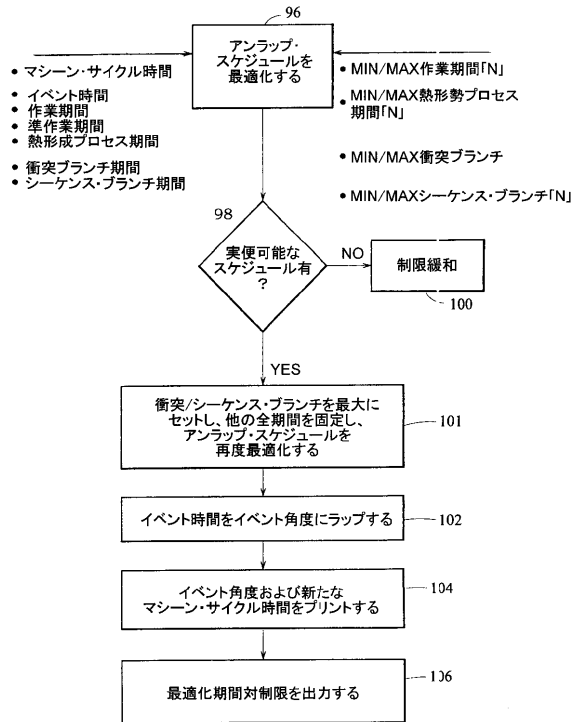
【図 18】



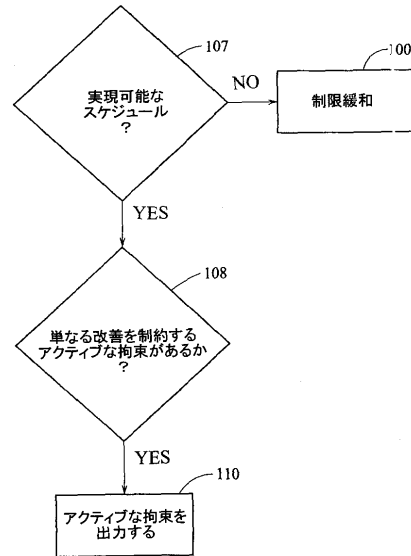
【図 19】



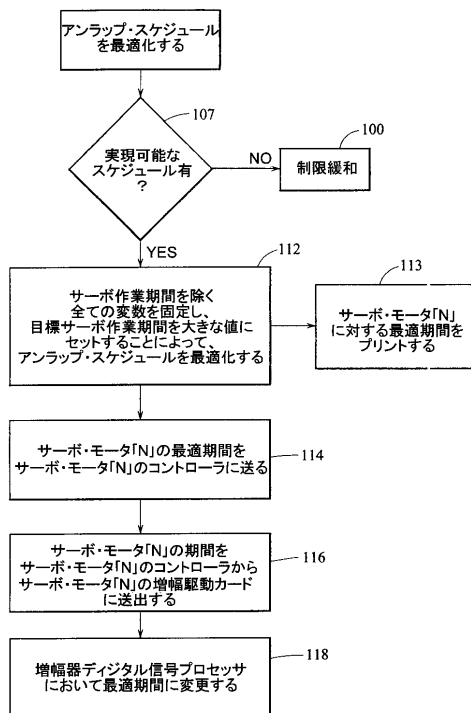
【図 20】



【図 21】



【図 22】



フロントページの続き

(74)代理人 100096068

弁理士 大塚 住江

(72)発明者 ジョナサン・エス・サイモン

アメリカ合衆国コネチカット州 0 6 0 6 3 , プレザント・バレー , センター・ヒル・ロード 1 6
8

審査官 吉田 直裕

(56)参考文献 特開昭 5 7 - 1 6 0 9 2 3 (J P , A)

特開平 1 1 - 0 6 0 2 5 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

C03B 9/41