

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4346073号  
(P4346073)

(45) 発行日 平成21年10月14日(2009.10.14)

(24) 登録日 平成21年7月24日(2009.7.24)

(51) Int.Cl. F I  
**G05B 19/418 (2006.01)** G O 5 B 19/418 Z

請求項の数 5 (全 28 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-16134 (P2004-16134)                  (22) 出願日 平成16年1月23日(2004.1.23)                  (65) 公開番号 特開2005-209025 (P2005-209025A)                  (43) 公開日 平成17年8月4日(2005.8.4)                  審査請求日 平成17年4月21日(2005.4.21)</p> <p>(出願人による申告)平成15年度通信・放送機構、研究テーマ「人間情報コミュニケーションの研究開発」に関する委託研究、産業再生法第30条の適用を受ける特許出願</p> <p>特許権者において、実施許諾の用意がある。</p>	<p>(73) 特許権者 393031586                  株式会社国際電気通信基礎技術研究所                  京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2</p> <p>(74) 代理人 100067828                  弁理士 小谷 悦司</p> <p>(74) 代理人 100075409                  弁理士 植木 久一</p> <p>(74) 代理人 100109438                  弁理士 大月 伸介</p> <p>(72) 発明者 田 雅杰                  京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2                  株式会社国際電気通信基礎技術研究所内</p> <p>(72) 発明者 下原 勝憲                  京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2                  株式会社国際電気通信基礎技術研究所内                  最終頁に続く</p>
---	---

(54) 【発明の名称】 管理装置、管理方法及び管理プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

製品のパレットへの積付における製品がパレットに積み付けられた積付状態を前記パレット毎に表す積付情報を作成する作成手段と、

前記パレットにおける製品の積付処理に課される制約条件として、必ず満たさなければならない必須制約条件と、緩和可能な緩和可能制約条件とのユーザによる設定を受け付ける受付手段と、

前記受付手段によって受け付けられた前記必須制約条件及び前記緩和可能制約条件を記憶する制約条件記憶手段と、

前記制約条件記憶手段に記憶されている前記緩和可能制約条件を緩和した緩和制約条件を作成する緩和手段と、

前記必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たす積付情報を第1グループに、前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすとともに、緩和する前の緩和可能制約条件を満たさない積付情報を第2グループに、前記必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさない積付情報を第3グループに分類する分類手段と、

前記積付情報と、第1グループ、第2グループ及び第3グループのうちの当該積付情報が前記分類手段によって分類されたグループとを対応付けて分類情報として記憶する分類情報記憶手段と、

前記分類手段によって第3グループに分類された積付情報に対して、前記積付情報が達成すべき前記必須制約条件及び前記緩和制約条件の達成度合いを評価し、かつ値が小さく

10

20

なるほど達成度合いが大きくなり、かつ前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎に定められた評価関数を基に、前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎の評価値を算出し、算出した前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎の前記評価値を全て加算することで合計評価値を算出し、算出した前記合計評価値が最大となる積付情報を、前記分類情報記憶手段に記憶されている第3グループに分類されている積付情報の中から制約積付情報として抽出する抽出手段とを備え、

前記緩和手段は、前記抽出手段によって抽出された制約積付情報が前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすように緩和制約条件をさらに緩和することを特徴とする管理装置。

【請求項2】

前記緩和手段は、前記制約積付情報と他の積付情報との間で前記制約積付情報に含まれる製品と前記他の積付情報に含まれる製品とを交換させる、前記制約積付情報が前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすための交換処理を実行させ、少なくとも前記制約積付情報が前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすとともに制約違反の積付情報が少なくなっている場合に前記交換処理を成立させ、

前記分類手段は、前記交換処理後の各積付情報を前記第1乃至第3グループに再び分類し、

前記緩和手段は、再分類後に前記第3グループに属する積付情報が存在する場合、前記緩和制約条件をさらに緩和することを特徴とする請求項1記載の管理装置。

【請求項3】

前記抽出手段は、前記交換処理が成立しなかった場合、前記第3グループの積付情報の中から前記交渉が成立しなかった制約積付情報以外の他の積付情報を新たな制約積付情報として抽出し、

前記緩和手段は、前記新たな制約積付情報と他の積付情報との間で前記新たな制約積付情報が前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすための交換処理を再度実行させることを特徴とする請求項2記載の管理装置。

【請求項4】

コンピュータが、製品のパレットへの積付における製品がパレットに積み付けられた積付状態を前記パレット毎に表す積付情報を作成する作成ステップと、

コンピュータが、前記パレットにおける製品の積付処理に課される制約条件として、必ず満たさなければならない必須制約条件と、緩和可能な緩和可能制約条件とのユーザによる設定を受け付ける受付ステップと、

前記コンピュータが、前記受付ステップにおいて受け付けられた前記必須制約条件及び前記緩和可能制約条件を制約条件記憶手段に記憶する記憶ステップと、

前記コンピュータが、前記制約条件記憶手段に記憶されている前記緩和可能制約条件を緩和した緩和制約条件を作成する緩和ステップと、

前記コンピュータが、前記必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たす積付情報を第1グループに、前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすとともに、緩和する前の緩和可能制約条件を満たさない積付情報を第2グループに、前記必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさない積付情報を第3グループに分類する分類ステップと、

前記コンピュータが、前記積付情報と、第1グループ、第2グループ及び第3グループのうちの当該積付情報が前記分類ステップにおいて分類されたグループとを対応付けて分類情報として分類情報記憶手段に記憶する分類情報記憶ステップと、

前記コンピュータが、前記分類ステップにおいて第3グループに分類された積付情報に対して、前記積付情報が達成すべき前記必須制約条件及び前記緩和制約条件の達成度合いを評価し、かつ値が小さくなるほど達成度合いが大きくなり、かつ前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎に定められた評価関数を基に、前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎の評価値を算出し、算出した前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎の前記評価値を全て加算することで合計評価値を算出し、算出した前記合計評価値が最大となる積付情報を、前記分類情報記憶手段に記憶されている第3グループに分類されている積付

10

20

30

40

50

情報の中から制約積付情報として抽出する抽出ステップとを含み、

前記緩和ステップは、前記コンピュータが、前記抽出ステップにおいて抽出された制約積付情報が前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすように緩和制約条件をさらに緩和することを特徴とする管理方法。

【請求項5】

製品のパレットへの積付における製品がパレットに積み付けられた積付状態を前記パレット毎に表す積付情報を作成する作成手段と、

前記パレットにおける製品の積付処理に課される制約条件として、必ず満たさなければならない必須制約条件と、緩和可能な緩和可能制約条件とのユーザによる設定を受け付ける受付手段と、

前記受付手段によって受け付けられた前記必須制約条件及び前記緩和可能制約条件を記憶する制約条件記憶手段と、

前記制約条件記憶手段に記憶されている前記緩和可能制約条件を緩和した緩和制約条件を作成する緩和手段と、

前記必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たす積付情報を第1グループに、前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすとともに、緩和する前の緩和可能制約条件を満たさない積付情報を第2グループに、前記必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさない積付情報を第3グループに分類する分類手段と、

前記積付情報と、第1グループ、第2グループ及び第3グループのうちの当該積付情報が前記分類手段によって分類されたグループとを対応付けて分類情報として記憶する分類情報記憶手段と、

前記分類手段によって第3グループに分類された積付情報に対して、前記積付情報が達成すべき前記必須制約条件及び前記緩和制約条件の達成度合いを評価し、かつ値が小さくなるほど達成度合いが大きくなり、かつ前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎に定められた評価関数を基に、前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎の評価値を算出し、算出した前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎の前記評価値を全て加算することで合計評価値を算出し、算出した前記合計評価値が最大となる積付情報を、前記分類情報記憶手段に記憶されている第3グループに分類されている積付情報の中から制約積付情報として抽出する抽出手段としてコンピュータを機能させ、

前記緩和手段は、前記抽出手段によって抽出された制約積付情報が前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすように緩和制約条件をさらに緩和することを特徴とする管理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自身に割り当てられた構成要素を用いて自身に課されるタスクを自律的に実行する個体をモデル化したエージェントを複数組み合わせるマルチエージェントシステムを管理する管理装置、管理方法及び管理プログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、生産環境におけるスケジューリング問題を解決するTOC(制約理論)の手法としてDBR(ドラム・バッファ・ロープ)が知られている(例えば、非特許文献1乃至非特許文献3参照)。DBRは、例えば、隊列の進行を例に説明すると、歩みが一番速い人と一番遅い人とがロープで繋がれ、一番遅い人はドラムを持って隊列のリズムを設定し、他の人はこのリズムに従う。一番早い人と一番遅い人との距離は、ロープの長さを超えることはない。他の人は一番遅い人よりも早く歩くことができるので、いつでも距離を詰めることができる。ロープは、突然発生するデッドロックを防ぐため、余裕を持っている。結果的に、隊列の全ての人、一番遅い人のリズムに従属し、平均的に歩き、一番遅い人よりも早くなることはない。

【0003】

10

20

30

40

50

ここで、上述のDBRを生産システムで用いた場合、ドラムは、システムの制約となる工程をモデル化したエージェントが設定するリズムを表し、例えば、生産システムの最も遅い工程で設定される生産ペース等である。また、ロープは、システムの制約となるエージェントとの間で緩和可能な時間を表し、例えば、制約となる工程からシステムの最上流の工程へ繋がるプロセス等である。ロープの長さが生産にかかる時間や仕掛け在庫量に相当する。バッファは、システムの不確定性に対応するために設定される時間的余裕を表し、例えば、制約となる工程前の仕掛品の在庫や運送前の在庫等である。バッファの大きさは、例えば、倉庫の大きさ等を表している。

【非特許文献1】E. M. Goldratt and J. Cox; The Goal: A Process of Ongoing Improvement, The North River Press (1984)

10

【非特許文献2】E. Noreen, D. Smith and J. T. Mackey; The Theory of Constraints and Its Implications for Management Accounting, The North River Press (1995)

【非特許文献3】D. Smith; The Measurement Nightmare; How the Theory of Constraints Can Resolve Conflicting Strategies, Policies and Measure, St. Lucie Press (2000)

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記のように、DBRに基づく生産管理手法では、制約条件を設けて制約となる工程を認識し、解消する必要がある。この制約条件を厳しくし過ぎると、制約となるエージェントが増え、生産システムが止まってしまう。一方、制約条件を緩和し過ぎると、制約となるエージェントが減り、生産システムは動くが、生産システムのスループットが減少することになる。

【0005】

このように、従来のDBRに基づく生産管理手法では、どれくらい制約を緩和すればよいかの見極めが困難であり、システムの制約となるボトルネックを認識し、かつ当該ボトルネックを解消することが困難であった。

30

【0006】

本発明の目的は、システムの制約となるボトルネックをより早く認識することができるとともに、当該ボトルネックを解消してシステムの活動を改善することができる管理装置、管理方法及び管理プログラムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る管理装置は、製品のパレットへの積付における製品がパレットに積み付けられた積付状態を前記パレット毎に表す積付情報を作成する作成手段と、前記パレットにおける製品の積付処理に課される制約条件として、必ず満たさなければならない必須制約条件と、緩和可能な緩和可能制約条件とのユーザによる設定を受け付ける受付手段と、前記受付手段によって受け付けられた前記必須制約条件及び前記緩和可能制約条件を記憶する制約条件記憶手段と、前記制約条件記憶手段に記憶されている前記緩和可能制約条件を緩和した緩和制約条件を作成する緩和手段と、前記必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たす積付情報を第1グループに、前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすとともに、緩和する前の緩和可能制約条件を満たさない積付情報を第2グループに、前記必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさない積付情報を第3グループに分類する分類手段と、前記積付情報と、第1グループ、第2グループ及び第3グループのうちの当該積付情報が前記分類手段によって分類されたグループとを対応付けて分類情報として記憶する分類情報記憶手段と、前記分類手段によって第3グループに分類された積付情報に

40

50

対して、前記積付情報が達成すべき前記必須制約条件及び前記緩和制約条件の達成度合いを評価し、かつ値が小さくなるほど達成度合いが大きくなり、かつ前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎に定められた評価関数を基に、前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎の評価値を算出し、算出した前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎の前記評価値を全て加算することで合計評価値を算出し、算出した前記合計評価値が最大となる積付情報を、前記分類情報記憶手段に記憶されている第3グループに分類されている積付情報の中から制約積付情報として抽出する抽出手段とを備え、前記緩和手段は、前記抽出手段によって抽出された制約積付情報が前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすように緩和制約条件をさらに緩和するものである。

【0008】

本発明に係る管理装置においては、必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たす積付情報を第1グループに、必須制約条件及び緩和制約条件を満たすとともに、緩和する前の緩和可能制約条件を満たさない積付情報を第2グループに、必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさない積付情報を第3グループに分類し、第3グループに分類された積付情報の中からシステム全体の制約となる制約積付情報を抽出しているため、システムの制約となる積付情報をより早く認識することができる。また、抽出された制約積付情報を第1及び第2グループのいずれかに分類できるように緩和制約条件を緩和しているため、当該積付情報の状態をアクティブな状態に改善することができる。この結果、システムの制約となるボトルネックをより早く認識できるとともに、当該ボトルネックを解消してシステムの活動を改善することができる。

【0009】

また、評価関数の値から制約積付情報を的確且つ迅速に抽出することができる。

【0010】

また、上記の管理装置において、前記緩和手段は、前記制約積付情報と他の積付情報との間で前記制約積付情報に含まれる製品と前記他の積付情報に含まれる製品とを交換させる、前記制約積付情報が前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすための交換処理を実行させ、少なくとも前記制約積付情報が前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすとともに制約違反の積付情報が少なくなっている場合に前記交換処理を成立させ、前記分類手段は、前記交換処理後の各積付情報を前記第1乃至第3グループに再び分類し、前記緩和手段は、再分類後に前記第3グループに属する積付情報が存在する場合、前記緩和制約条件をさらに緩和するものである。この場合、制約積付情報の状態をアクティブな状態に改善してシステムの活動を改善することができる。

【0011】

また、上記の管理装置において、前記抽出手段は、前記交換処理が成立しなかった場合、前記第3グループの積付情報の中から前記交渉が成立しなかった制約積付情報以外の他の積付情報を新たな制約積付情報として抽出し、前記緩和手段は、前記新たな制約積付情報と他の積付情報との間で前記新たな制約積付情報が前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすための交換処理を再度実行させるものである。

【0012】

この場合、交換処理が成立しなかった制約積付情報は協力者として交換処理に参加することができるが、交換処理の主役になることがないので、交渉のデッドロックを防止することができる。

【0013】

本発明に係る管理方法は、コンピュータが、製品のパレットへの積付における製品がパレットに積み付けられた積付状態を前記パレット毎に表す積付情報を作成する作成ステップと、コンピュータが、前記パレットにおける製品の積付処理に課される制約条件として、必ず満たさなければならない必須制約条件と、緩和可能な緩和可能制約条件とのユーザによる設定を受け付ける受付ステップと、前記コンピュータが、前記受付ステップにおいて受け付けられた前記必須制約条件及び前記緩和可能制約条件を制約条件記憶手段に記憶する記憶ステップと、前記コンピュータが、前記制約条件記憶手段に記憶されている前記

10

20

30

40

50

緩和可能制約条件を緩和した緩和制約条件を作成する緩和ステップと、前記コンピュータが、前記必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たす積付情報を第1グループに、前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすとともに、緩和する前の緩和可能制約条件を満たさない積付情報を第2グループに、前記必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさない積付情報を第3グループに分類する分類ステップと、前記コンピュータが、前記積付情報と、第1グループ、第2グループ及び第3グループのうちの当該積付情報が前記分類ステップにおいて分類されたグループとを対応付けて分類情報として分類情報記憶手段に記憶する分類情報記憶ステップと、前記コンピュータが、前記分類ステップにおいて第3グループに分類された積付情報に対して、前記積付情報が達成すべき前記必須制約条件及び前記緩和制約条件の達成度合いを評価し、かつ値が小さくなるほど達成度合いが大きくなり、かつ前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎に定められた評価関数を基に、前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎の評価値を算出し、算出した前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎の前記評価値を全て加算することで合計評価値を算出し、算出した前記合計評価値が最大となる積付情報を、前記分類情報記憶手段に記憶されている第3グループに分類されている積付情報の中から制約積付情報として抽出する抽出ステップとを含み、前記緩和ステップは、前記コンピュータが、前記抽出ステップにおいて抽出された制約積付情報が前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすように緩和制約条件をさらに緩和するものである。

10

#### 【0014】

本発明に係る管理プログラムは、製品のパレットへの積付における製品がパレットに積み付けられた積付状態を前記パレット毎に表す積付情報を作成する作成手段と、前記パレットにおける製品の積付処理に課される制約条件として、必ず満たさなければならない必須制約条件と、緩和可能な緩和可能制約条件とのユーザによる設定を受け付ける受付手段と、前記受付手段によって受け付けられた前記必須制約条件及び前記緩和可能制約条件を記憶する制約条件記憶手段と、前記制約条件記憶手段に記憶されている前記緩和可能制約条件を緩和した緩和制約条件を作成する緩和手段と、前記必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たす積付情報を第1グループに、前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすとともに、緩和する前の緩和可能制約条件を満たさない積付情報を第2グループに、前記必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさない積付情報を第3グループに分類する分類手段と、前記積付情報と、第1グループ、第2グループ及び第3グループのうちの当該積付情報が前記分類手段によって分類されたグループとを対応付けて分類情報として記憶する分類情報記憶手段と、前記分類手段によって第3グループに分類された積付情報に対して、前記積付情報が達成すべき前記必須制約条件及び前記緩和制約条件の達成度合いを評価し、かつ値が小さくなるほど達成度合いが大きくなり、かつ前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎に定められた評価関数を基に、前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎の評価値を算出し、算出した前記必須制約条件毎及び前記緩和制約条件毎の前記評価値を全て加算することで合計評価値を算出し、算出した前記合計評価値が最大となる積付情報を、前記分類情報記憶手段に記憶されている第3グループに分類されている積付情報の中から制約積付情報として抽出する抽出手段としてコンピュータを機能させ、前記緩和手段は、前記抽出手段によって抽出された制約積付情報が前記必須制約条件及び緩和制約条件を満たすように緩和制約条件をさらに緩和するものである。

20

30

40

#### 【発明の効果】

#### 【0015】

本発明によれば、システムの制約となるボトルネックをより早く認識することができるとともに、当該ボトルネックを解消してシステムの活動を改善することができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0016】

以下、本発明の一実施の形態による生産管理装置を用いた生産管理システムについて図面を参照しながら説明する。

#### 【0017】

50

図1は、MAS（マルチエージェントシステム）について説明するための図である。MASとは、自身に割り当てられた構成要素を用いて自身に課されるタスクを自律的に実行する個体をモデル化したエージェントを複数組み合わせる構成されるシステムである。なお、本実施の形態では、製造、物流及び販売の一連の生産システムにおけるMASについて説明するが、本発明は特にこれに限定されず、他のシステムにも同様に適用することができる。また、本実施形態において、製造工場、運送会社、販売拠点、パレット及びトラックなどが、自身に割り当てられた構成要素を用いて自身に課されるタスクを自律的に実行する個体に相当する。

【0018】

図1に示す生産システムは、製造エージェント、物流エージェント及び販売エージェントの上位エージェントシステムに分けることができ、製造エージェントは複数の製造工場で構成され、物流エージェントは複数の運送会社で構成され、販売エージェントは複数の販売拠点で構成される下位エージェントシステムとに分けることができる。ここで、構成要素、制約条件及びタスクが共に同じエージェントを同質エージェントとする。例えば、図1の製造エージェントでは、工場A、工場B及び工場Cは加工原材料、加工機械及び操作者から構成され、それぞれ原材料を加工するので同質エージェントとすることができる。また、構成要素、制約条件及びタスクのうち少なくとも1つが異なるエージェントを異質エージェントとする。例えば、上位エージェントシステムにおける製造エージェント、物流エージェント及び販売エージェントは、それぞれ構成要素、制約条件及びタスクが異なるため、異質エージェントとすることができる。

【0019】

同質エージェントと異質エージェントとは、エージェント同士の競争、協調の形式が異なる。すなわち、例えば、異質エージェント同士の場合、同じ資源を競合することはほとんどないが、相互依存するため、ムカデ競争のようにエージェント同士の同期行動が重要となる。また、同質エージェント同士の場合、競合する資源がほとんど同じであり、資源に対する競争力が強く、依存性が弱いので、資源が有限な場合はエージェント間の協調性が重要となる。そこで、以下の説明では、同質エージェント同士と異質エージェント同士の2つの実施形態について説明する。

【0020】

まず、同質エージェント同士における生産管理システムについて説明する。図2は、本発明の一実施の形態による生産管理装置のハードウェア構成の一例を示す図である。図2に示す生産管理装置10は、パーソナルコンピュータ等から構成され、入力装置1、ROM（リードオンリメモリ）2、CPU（中央演算処理装置）3、RAM（ランダムアクセスメモリ）4、外部記憶装置5、表示装置6及び記録媒体駆動装置7を備えて構成される。各ブロックは内部のバスに接続され、このバスを介して種々のデータ等が各ブロック間で入出力され、CPU3の制御の下、種々の処理が実行される。

【0021】

入力装置1は、キーボード、マウス等から構成され、ユーザが制約条件等を入力するために用いられる。ROM2には、システムプログラム等が予め記憶される。外部記憶装置5は、ハードディスクドライブ等から構成され、後述する生産管理プログラム等を記憶している。CPU3は、外部記憶装置5から生産管理プログラム等を読み出し、後述する生産管理処理等を実行して各ブロックの動作を制御する。RAM4は、CPU3の作業領域等として用いられる。表示装置6は、CRT（陰極線管）又は液晶表示装置等から構成され、CPU3の制御の下、種々の画面を表示する。

【0022】

なお、生産管理プログラム等は、CD-ROM、DVD-ROM及びフレキシブルディスク等から構成されるコンピュータ読み出し可能な記録媒体8に記録するようにしてもよい。この場合、CD-ROMドライブ、DVD-ROMドライブ及びフレキシブルディスクドライブ等から構成される記録媒体駆動装置7を用いて記録媒体8から読み出された生産管理プログラム等が外部記憶装置5にインストールされる。また、生産管理プログラム

等がネットワークを介して接続されている他のコンピュータ等に記憶されている場合、当該コンピュータ等からネットワークを介して生産管理プログラム等をダウンロードするようにしてもよい。

#### 【 0 0 2 3 】

次に、上記のように構成された生産管理装置の主要な機能について説明する。図 3 は、図 2 に示す生産管理装置の主要機能の一例を示すブロック図である。

#### 【 0 0 2 4 】

図 3 に示す生産管理装置 1 0 は、機能的には、制御部 1 0 0、記憶部 2 0 0 及び入力部 3 0 0 を備えて構成される。制御部 1 0 0 は、CPU 3 等から構成され、CPU 3 等が外部記憶装置 5 に記憶されている生産管理プログラム等を実行することによって、制約条件設定部 1 0 1、エージェント分類部 1 0 2、制約エージェント認識部 1 0 3、制約エージェント改善部 1 0 4、エージェント従属部 1 0 5、判別部 1 0 6 及び制約条件緩和部 1 0 7 として機能する。記憶部 2 0 0 は、外部記憶装置 5 等から構成され、CPU 3 等が外部記憶装置 5 に記憶されている生産管理プログラム等を実行することによって、制約条件記憶部 2 0 1 及びエージェント分類情報記憶部 2 0 2 として機能する。入力部 3 0 0 は、入力装置 1 等から構成され、CPU 3 等が外部記憶装置 5 に記憶されている生産管理プログラム等を実行することによって、制約条件入力受付部 3 0 1 として機能する。

#### 【 0 0 2 5 】

制約条件入力受付部 3 0 1 は、ユーザによる制約条件の入力を受け付ける。具体的に、制約条件入力受付部 3 0 1 は、予め提示される制約条件の中からユーザが所望する制約条件を受け付ける。制約条件記憶部 2 0 1 は、制約条件入力受付部 3 0 1 によって受け付けられた制約条件を記憶する。

#### 【 0 0 2 6 】

制約条件設定部 1 0 1 は、予め記憶している分類ルールに基づき、制約条件記憶部 2 0 1 に記憶されている制約条件を、必ず満たさなければならない必須制約条件と、緩和可能な緩和可能制約条件とに設定する。現実のシステムには多くの複雑な制約条件が存在し、全ての制約条件を同時に満たすことは困難であり、これらの制約条件には、必ず満たさなければならない必須制約条件と、緩和可能な緩和可能制約条件とが存在する。そこで、制約条件設定部 1 0 1 は、システムのボトルネックを解消するために、制約条件記憶部 2 0 1 に記憶されている制約条件を、必ず満たさなければならない必須制約条件と、緩和可能な緩和可能制約条件とに分類し、緩和可能制約条件に緩和パラメータを設け、ボトルネックの状況に応じて緩和パラメータを変化させることで制約条件を一定の程度まで緩和させる。例えば、運輸費の削減のためにはコンテナの効率に注目する。各製品には、配送納期及び現地納期の 2 つの納期がある。一般的には現地納期単位で製品をコンテナに積載することによって、コンテナの効率を良くすることができる。なお、制約条件設定部 1 0 1 を設けることなく、ユーザが制約条件入力受付部 3 0 1 を用いて、必須制約条件及び緩和可能制約条件を設定してもよい。

#### 【 0 0 2 7 】

システムの複雑性を簡略化するために、各システムは幾つかのサブシステム（エージェント）から構成されるとし、システムの目標もサブシステム毎に割り付ける。システムの目標を達成するには、各サブシステムの目標を達成しなければならない。この目標を達成するために、各サブシステムは互いに交渉を行う。制約条件設定部 1 0 1 は、各サブシステムによる交渉を評価する評価関数及び成立規則を目標及び緩和可能制約条件により定義する。評価関数は、その値が大きくなるに従って、制約違反の状況、あるいは目標を達成することができない状況が厳しいことを表している。

#### 【 0 0 2 8 】

システムは幾つかのエージェントで構成され、各エージェントは自らの目標を達成するために、ヒューリスティック手法を用いて自らが置かれた条件下で要素（資源）を競合して利用する。エージェントの能力や外部環境が異なるので、エージェント同士の競争の結

10

20

30

40

50

果、各エージェントの状況が変わり、制約条件を満たすエージェントと制約条件を満たさないエージェントとが同時に発生する。

【0029】

この状況をより認識し易くするために、エージェント分類部102は、制約条件設定部101によって設定された制約条件に基づいて、全ての制約条件すなわち必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たすエージェントを第1グループに、必須制約条件及び緩和制約条件を満たすエージェントを第2グループに、必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさない、制約違反やシステムのボトルネックとなるエージェントを第3グループに分類する。エージェント分類部102は、各エージェントが第1～第3グループのうちのどのグループに分類されたかをエージェント分類情報としてエージェント分類情報記憶部202に記憶する。なお、緩和制約条件は、後述する制約条件緩和部107により緩和可能制約条件を緩和したものである。

10

【0030】

エージェント分類情報記憶部202は、エージェントと、第1グループ、第2グループ及び第3グループのうちの当該エージェントが属するグループとを対応付けてエージェント分類情報として記憶する。

【0031】

制約エージェント認識部103は、エージェント分類部102によって第3グループに分類された各エージェントのうち、システム全体の制約となる制約エージェントを認識する。例えば、エージェント分類部102によって、制約違反となるエージェントは第3グループに分類されているので、制約エージェント認識部103は、第3グループに分類されたエージェントに対して当該エージェントが達成すべき目標の達成度合いを評価する評価関数の値を求め、評価関数の値が最も大きいエージェントをシステムがゴールに達することを妨げる制約エージェントとして認識する。また、制約エージェント認識部103は、後述する制約エージェント改善部104によって交渉が成立しなかった場合、第3グループのエージェントの中から交渉が成立しなかった制約エージェント以外の他のエージェントを新たな制約エージェントとして抽出する。

20

【0032】

制約エージェント改善部104は、制約エージェントと他のエージェントとの間で制約エージェントが必須制約条件及び緩和制約条件を満たすための交渉を実行させ、すべてのエージェントが必須制約条件及び緩和制約条件を満たすとともにシステム全体の状況が悪化しない場合に交渉を成立させる。このとき、制約エージェント改善部104は、制約エージェント認識部103によって認識された制約エージェントに利用可能な資源を優先的に最大限活用させ、制約状況を改善する。例えば、加工工程が制約エージェントになっている場合、機械や人員の稼働時間を増やすことで、加工する速度を向上させる。

30

【0033】

エージェント従属部105は、制約エージェント認識部103によって認識された制約エージェント以外の他のエージェントを制約エージェントに従属させる。ここで、同質エージェントと異質エージェントとは行動が異なる。同質エージェントは、同じ資源を競争するので、一定の協調・譲歩行動が必要となる。一方、異質エージェントは、同じ資源を競争しないが、行動の同期化が必要となる。制約になる工程が改善されないと、前工程がいくら進んでいてもその結果は在庫となるので、全体のスループットを向上させることはできない。また、無条件下で協調・譲歩及び同期化を図れば、システム全体の進行スピードが遅くなり、結果的にスループットを向上させることはできない。したがって、エージェント同士の協調・譲歩及び同期化に条件をつける必要がある。

40

【0034】

判別部106は、エージェント分類情報記憶部202に記憶されているエージェント分類情報を参照し、第3グループに属するエージェントが存在するか否かを判別する。また、判別部106は、エージェント分類部102によってエージェントを分類する処理、制約エージェント認識部103によって制約エージェントを認識する処理、制約エージェン

50

ト改善部 104 によって制約エージェントを改善する処理、エージェント従属部 105 によって制約エージェント以外のエージェントを制約エージェントに従属させる処理、及び制約条件緩和部 107 によって制約条件を緩和させる処理が所定の回数だけ繰り返されたか否かを判別する。なお、この所定の回数としては、制約違反を解消することができない回数が予め設定されている。さらに、判別部 106 は、緩和パラメータの値が最大値になったか否かを判別する。

#### 【0035】

制約条件緩和部 107 は、判別部 106 によって第 3 グループに属するエージェントが存在すると判別された場合、制約条件記憶部 201 に記憶されている制約条件のうち緩和可能な緩和可能制約条件をさらに緩和させて緩和制約条件を作成する。制約条件の厳しさや資源の有限性によって、条件をつけて従属させた場合、制約エージェントが改善されない可能性がある。そのため、システムに十分な柔軟性を持たせる必要があり、デッドロックとなる制約条件を緩和させ、他のエージェントと協調して再びアクティブな状況に変化させる。

10

#### 【0036】

例えば、配車エージェントは、制約条件によって部分的に納期の異なる荷物を積むことができない。船便の空間は有限なのでコンテナを増やすことはできない。このような場合、緩和可能制約条件を緩和させてコンテナの充填率が高くなるよう積載する。この緩和によって、同じ条件の荷物が分割されて積載され、卸エージェントは作業しにくくなるが、デッドロックを解消することができる。なお、どの緩和可能制約条件を緩和させ、あるいはどの緩和可能制約条件を緩和させないかは、第 3 グループに属するエージェントの状況によって定める。また、緩和可能制約条件をどの程度緩和させるかは、システム全体の状況及び第 2 グループの緩和状況によって定める。

20

#### 【0037】

なお、本実施形態において、制約条件入力受付部 301 及び制約条件設定部 101 が受付手段の一例に相当し、エージェント分類部 102 が分類手段の一例に相当し、制約エージェント認識部 103 が抽出手段の一例に相当し、制約エージェント改善部 104、エージェント従属部 105 及び制約条件緩和部 107 が緩和手段の一例に相当する。

#### 【0038】

次に、上記のように構成された生産管理システムの生産管理装置 10 による生産管理処理について説明する。図 4 は、図 2 に示す生産管理装置 10 の生産管理処理を説明するためのフローチャートである。なお、図 4 に示す生産管理処理は、CPU 3 が予め記憶されている生産管理プログラムを実行することにより行われる処理である。

30

#### 【0039】

まず、ステップ S1 において、制約条件設定部 101 は、制約条件入力受付部 301 によって受け付けられて制約条件記憶部 201 に記憶されている制約条件を、必ず満たさなければならない必須制約条件と、緩和可能な緩和可能制約条件とに分類して設定する。

#### 【0040】

次に、ステップ S2 において、エージェント分類部 102 は、制約条件設定部 101 によって設定された制約条件に基づいて、必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たすエージェントを第 1 グループに、必須制約条件及び緩和制約条件を満たすエージェントを第 2 グループに、必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさないエージェントを第 3 グループに分類する。このとき、エージェント分類部 102 は、各エージェントが第 1 グループ、第 2 グループ及び第 3 グループのうちどのグループに属するかをエージェント分類情報としてエージェント分類情報記憶部 202 に記憶する。

40

#### 【0041】

なお、初回は、緩和可能制約条件を緩和した緩和制約条件が作成されておらず、必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たすエージェントと、必須制約条件及び緩和可能制約条件の少なくとも一つを満たさないエージェントしか存在しないため、各エージェントは第 1 グループと第 3 グループとに分類される。

50

## 【 0 0 4 2 】

次に、ステップ S 3 において、制約エージェント認識部 1 0 3 は、エージェント分類情報記憶部 2 0 2 に記憶されているエージェント分類情報を読み出し、エージェント分類部 1 0 2 によって第 3 グループに分類された各エージェントのうち、システム全体の制約となる制約エージェントを認識する。

## 【 0 0 4 3 】

次に、ステップ S 4 において、制約エージェント改善部 1 0 4 は、制約エージェント認識部 1 0 3 によって認識された制約エージェントの制約状況を改善する。制約エージェント改善部 1 0 4 は、制約エージェントと他のエージェントとの間で制約エージェントが必須制約条件及び緩和制約条件を満たすための交渉を実行させ、すべてのエージェントが必須制約条件及び緩和制約条件を満たすとともにシステム全体の状況が悪化しない場合に交渉を成立させる。

10

## 【 0 0 4 4 】

例えば、第 3 グループに分類される制約エージェントと第 1 又は第 2 グループに分類される非制約エージェントとの 2 つのエージェントによる交渉が実行され、非制約エージェントのシステム全体における状況が悪化したとしても、相手の制約エージェントより状況が悪化しなければ、交渉が成立したとする。交渉が成立した場合、エージェント分類部 1 0 2 は、交渉後の各エージェントを第 1 乃至第 3 グループに再び分類する。

## 【 0 0 4 5 】

次に、ステップ S 5 において、エージェント従属部 1 0 5 は、制約エージェント認識部 1 0 3 によって認識された制約エージェント以外の他のエージェントを制約エージェントに従属させる。

20

## 【 0 0 4 6 】

次に、ステップ S 6 において、判別部 1 0 6 は、制約エージェント改善部 1 0 4 によって交渉が成立したか否かを判別する。ここで、交渉が成立したと判別されると（ステップ S 6 で Y E S ）、ステップ S 7 に移行し、交渉が成立しなかったと判別されると（ステップ S 6 で N O ）、ステップ 8 に移行する。

## 【 0 0 4 7 】

交渉が成立した場合、ステップ S 7 において、エージェント分類部 1 0 2 は、交渉後の各エージェントを、制約条件設定部 1 0 1 によって設定された制約条件に基づいて、第 1 乃至第 3 グループに再び分類する。

30

## 【 0 0 4 8 】

一方、交渉が成立しなかった場合、ステップ S 8 において、判別部 1 0 6 は、交渉が成立しなかった制約エージェントをチェック・バッファに分類する。本実施形態では、交渉のデッドロックを防ぐため、チェック・バッファという集合を用意している。現時点で制約エージェントにある全ての資源を交渉の要素としても、交渉が成立しなければ、この制約エージェントは現時点では改善することはできないと判断し、チェック・バッファに分類する。チェック・バッファに分類されたエージェントは、インアクティブエージェントとし、交渉の主役になれないが、協力者として交渉に参加する。このように、全ての交渉に失敗した制約エージェントをチェック・バッファに分類することによって、重複探索を防止することができる。

40

## 【 0 0 4 9 】

次に、ステップ S 9 において、判別部 1 0 6 は、第 2 グループ又は第 3 グループに属するエージェントが存在するか否かを判別する。ここで、第 2 グループ又は第 3 グループに属するエージェントが存在すると判別されると（ステップ S 9 で Y E S ）、ステップ S 3 に戻り、再び制約エージェント認識部 1 0 3 によって制約エージェントが認識される。第 2 グループ又は第 3 グループに属するエージェントが存在しないと判別されると（ステップ S 9 で N O ）、制約違反が解消されたか、第 1 グループに分類されるエージェント以外のエージェントがチェック・バッファに分類されているので、これ以上交渉することができず、ステップ S 1 0 に移行する。

50

## 【 0 0 5 0 】

第2グループ又は第3グループに属するエージェントが存在しない場合、ステップS10において、判別部106は、ステップS2からステップS13までの処理を、予め設定された所定回数だけ繰り返したか否かを判別する。ここで、予め設定された所定回数だけ繰り返したと判別されると(ステップS10でYES)、処理を終了し、予め設定された所定回数だけ繰り返していないと判別されると(ステップS10でNO)、ステップS11に移行する。

## 【 0 0 5 1 】

所定回数だけ繰り返していない場合、ステップS11において、判別部106は、緩和パラメータの値が最大値になったか否かを判別する。ここで、緩和パラメータの値が最大値になったと判別されると(ステップS11でYES)、処理を終了し、緩和パラメータの値が最大値になっていないと判別されると(ステップS11でNO)、ステップS12に移行する。

10

## 【 0 0 5 2 】

緩和パラメータの値が最大値になっていない場合、ステップS12において、判別部106は、エージェント分類情報記憶部202に記憶されているエージェント分類情報を参照し、第3グループ又はチェック・バッファに属する制約エージェントが存在するか否かを判別する。ここで、第3グループ又はチェック・バッファに属する制約エージェントが存在すると判別された場合(ステップS12でYES)、ステップS13に移行し、第3グループ又はチェック・バッファに属する制約エージェントが存在しないと判別された場合(ステップS12でNO)、システムのボトルネックは解消されたとして処理を終了する。

20

## 【 0 0 5 3 】

制約エージェントが存在すると判別された場合、ステップS13において、制約条件緩和部107は、制約条件記憶部201に記憶されている制約条件のうちの緩和可能な緩和可能制約条件を緩和させ、制約条件記憶部201に記憶されている制約条件を再設定する。そして、ステップS2において、エージェント分類部102は、制約条件緩和部107によって緩和された制約条件に基づいて、システムを構成する各エージェントを、必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たす第1グループと、必須制約条件及び緩和制約条件を満たす第2グループと、必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさない第3グループとに分類する。このステップS2からステップS13までの処理が、ステップS10で所定回数繰り返した、ステップS11で緩和パラメータの値が最大値になった、又はステップS12で第3グループに属するエージェントが存在しないと判別されるまで繰り返し行われる。

30

## 【 0 0 5 4 】

このように、必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たすエージェントを第1グループに、必須制約条件及び緩和制約条件を満たすエージェントを第2グループに、必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさないエージェントを第3グループに分類し、第3グループに分類されたエージェントの中からシステム全体の制約となる制約エージェントを抽出しているため、システムの制約となるエージェントをより早く認識することができる。また、抽出された制約エージェントを第1及び第2グループのいずれかに分類できるように緩和制約条件を緩和しているため、当該エージェントの状態をアクティブな状態に改善することができる。この結果、システムの制約となるボトルネックをより早く認識することができるとともに、当該ボトルネックを解消してシステムの活動を改善することができる。

40

## 【 0 0 5 5 】

また、制約エージェント認識部103は、第3グループに分類されたエージェントに対して当該エージェントが達成すべき目標の達成度合いを評価する評価関数を基に制約エージェントを抽出するので、評価関数の値から制約エージェントを的確且つ迅速に抽出することができる。

50

## 【 0 0 5 6 】

さらに、制約エージェント改善部 1 0 4 は、制約エージェントと他のエージェントとの間で制約エージェントが必須制約条件及び緩和制約条件を満たすための交渉を実行させ、すべてのエージェントが必須制約条件及び緩和制約条件を満たすとともにシステム全体の状況が悪化しない場合に交渉を成立させ、エージェント分類部 1 0 2 は、交渉後の各エージェントを第 1 乃至第 3 グループに再び分類し、制約条件緩和部 1 0 7 は、再分類後に第 3 グループに属するエージェントが存在する場合、緩和制約条件をさらに緩和するので、制約エージェントの状態をアクティブな状態に改善してシステムの活動を改善することができる。

## 【 0 0 5 7 】

さらにまた、制約エージェント認識部 1 0 3 は、交渉が成立しなかった場合、第 3 グループのエージェントの中から交渉が成立しなかった制約エージェント以外の他のエージェントを新たな制約エージェントとして抽出し、制約エージェント改善部 1 0 4 は、新たな制約エージェントと他のエージェントとの間で新たな制約エージェントが必須制約条件及び緩和制約条件を満たすための交渉を再度実行させる。したがって、交渉が成立しなかった制約エージェントは協力者として交渉に参加することができるが、交渉の主役になることがないので、交渉のデッドロックを防止することができる。

## 【 0 0 5 8 】

次に、同質エージェントによる荷物のパレットへの積付を例にして、生産管理処理を具体的に説明する。図 5 は、同質エージェントによる荷物のパレットへの積付を例にして、生産管理処理を具体的に説明するための図である。なお、以下の説明では、荷物をパレットに積み付ける作業員をエージェントとする。図 5 に示す作業員 H 1 は、荷物をパレットに積み付ける作業に熟練した熟練者であり、作業員 H 2 及び作業員 H 3 は、作業員 H 1 より遅く、作業員 H 4 より早く積み付けることができ、作業員 H 4 は、初心者である。

## 【 0 0 5 9 】

各製品（荷物）には納期があり、各作業員が一定量の製品をパレットに積み付ける。最後の人の完了時刻が集荷作業の完了時刻である。そして、次のステップである出荷作業、すなわちトラックの配車がスタートする。したがって、パレットに荷物を積み付ける作業員は、限られた時間内でパレット積付作業を完了すること、すなわち作業の同期化が求められる。しかしながら、図 5 に示すように、作業員 H 1 は熟練者であるので、作業のスピードは速く、限られた時間より早く完了することができる。そのため、熟練者である作業員 H 1 によって積み付けられるパレットは、必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たすことができ、第 1 グループ B 1 に分類される。一方、作業員 H 4 は初心者であり、作業のスピードが遅いので、限られた時間内に完了することができない。そのため、初心者である作業員 H 4 によって積み付けられるパレットは、必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たすことができないため、第 3 グループ B 3 に分類される。作業員 H 2 及び作業員 H 3 は、作業員 H 1 より遅く、作業員 H 4 より早く積み付けることができ、全体へは影響しないので、作業員 H 1 と作業員 H 4 との間の自由なスピードで作業することができる。そのため、作業員 H 2 によって積み付けられるパレット及び作業員 H 3 によって積み付けられるパレットは、必須制約条件及び緩和制約条件を満たすことができ、第 2 グループ B 2 に分類される。

## 【 0 0 6 0 】

図 6 は、製品を集荷する際に作成される柱について説明するための図であり、図 6 ( a ) は、積み付ける前の製品の一例を示す図であり、図 6 ( b ) は、図 6 ( a ) の製品を用いた柱の一例を示す図である。製品が大きい場合、一定の高さと一定の重量とを有する柱を作成し、その柱をトラック又はコンテナに配置する。柱の構成要素は製品であり、目的は制約条件を満たすと共に限られた空間及び重量を最大限に利用することであり、タスクはその目的を達成するためにより製品を探して積み付けることである。したがって、各柱は自律したエージェントであると考えられる。例えば、図 6 ( a ) に示す製品を積み付けた場合、図 6 ( b ) に示す 4 つの柱を作成することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 1 】

制約条件入力受付部 3 0 1 は、ユーザによる制約条件の入力を受け付け、制約条件記憶部 2 0 1 に記憶する。ここで、制約条件入力受付部 3 0 1 によって受け付けられた制約条件が下記の ( A ) ~ ( H ) であったとする。

- ( A ) 柱の高さがトラックの高さを越えないように積み付ける。
- ( B ) 柱の重量が最大搬送重量を超えないように積み付ける。
- ( C ) 同じ仕向地の荷物を同じ柱に積み付ける。
- ( D ) 同じ納期の荷物を同じ柱に積み付ける。
- ( E ) 重い荷物が下に、軽い荷物が上になるよう積み付ける。
- ( F ) 大きい荷物が下に、小さい荷物が上になるよう積み付ける。
- ( G ) 柱の高さをできるだけ揃えて積み付ける。
- ( H ) 同じ製品ができるだけ同じ柱になるように積み付ける。

10

## 【 0 0 6 2 】

次に、制約条件設定部 1 0 1 は、制約条件入力受付部 3 0 1 によって受け付けられ、制約条件記憶部 2 0 1 に記憶されている上記の ( A ) ~ ( H ) の制約条件を、必ず満たさなければならない必須制約条件と、緩和可能な緩和可能制約条件とに設定する。ここで、制約条件設定部 1 0 1 は、上記の制約条件 ( A )、( B )、( C ) 及び ( D ) を必須制約条件に設定し、上記の制約条件 ( E )、( F )、( G ) 及び ( H ) を緩和可能制約条件に設定する。そして、制約条件設定部 1 0 1 は、緩和可能制約条件である制約条件 ( E )、( F ) 及び ( G ) に緩和パラメータを定義し、制約条件を緩和する程度を制限する。さらに、制約条件設定部 1 0 1 は、制約条件及び目的を定式化し、定式化した制約条件及び目的に基づいて評価関数を定義する。

20

## 【 0 0 6 3 】

ここで、上記制約条件 ( A ) ~ ( H ) を定式化する例について説明する。必須制約条件である制約条件 ( A ) は下記の ( 1 ) 式で表され、制約条件 ( B ) は下記の ( 2 ) 式で表され、制約条件 ( C ) は下記の ( 3 ) 式で表され、制約条件 ( D ) は下記の ( 4 ) 式で表される。

## 【 0 0 6 4 】

$$m_k, m h_k \quad m h_{m a x} \cdots \cdots (1)$$

$$m_k, m g_k \quad m g_{m a x} \cdots \cdots (2)$$

$$P^{k_i}, P^{k_j} \quad m_k, i \quad j, \text{ then } P^{k_i}, P^{k_j} \quad \text{same target} \cdots \cdots (3)$$

$$P^{k_i}, P^{k_j} \quad m_k, i \quad j, \text{ then } P^{k_i} \quad \text{and } P^{k_j} \quad \text{have the same due date} \cdots \cdots (4)$$

30

## 【 0 0 6 5 】

なお、上記 ( 1 ) 式において、 $m_k$  は第  $k$  個の柱を表し、 $m h_k$  は柱の高さを表し、 $m h_{m a x}$  は緩和することができる柱の最大の高さを表している。上記 ( 2 ) 式において、 $m_k$  は柱を表し、 $m g_k$  は柱の重量を表し、 $m g_{m a x}$  は緩和することができる柱の最大の重量を表している。上記 ( 3 ) 式及び ( 4 ) 式において、 $P^{k_i}$  及び  $P^{k_j}$  は第  $k$  個の柱  $m_k$  に従属する第  $i, j$  個の製品を表し、 $P^{k_i}$  と  $P^{k_j}$  とは異なる製品であることを表している。

40

## 【 0 0 6 6 】

また、柱  $m_k$  の長さ  $m l_k$ 、幅  $m w_k$ 、高さ  $m h_k$  及び重量  $m g_k$  は、下記の ( 5 ) 式 ~ ( 8 ) 式の条件を満たす。

## 【 0 0 6 7 】

【数1】

$$ml_k = \max_i \{l_i^k | P_i^k \in m_k\} \dots (5)$$

$$mw_k = \max_i \{w_i^k | P_i^k \in m_k\} \dots (6)$$

$$mh_k = \sum_{i=1}^{lk} h_i^k \dots (7)$$

$$mg_k = \sum_{i=1}^{lk} g_i^k \dots (8)$$

10

【0068】

また、緩和可能制約条件である制約条件（E）は下記の（9）式で表され、制約条件（F）は下記の（10）及び（11）式で表され、制約条件（G）は下記の（12）式で表される。制約条件（H）は、初期解を作成するとき、必須制約条件を満たした上で考慮する。

【0069】

$$g_{i+1}^k (1 - g) \min \{g_i^k, g_1^k\} \dots (9)$$

$$\{1 - (4/3) l\} \max \{l_i^k, l_1^k\} l_{i+1}^k \{1 + l\} \min \{l_i^k, l_1^k\} \dots (10)$$

$$\{1 - (4/3) w\} \max \{w_i^k, w_1^k\} w_{i+1}^k \{1 + w\} \min \{w_i^k, w_1^k\} \dots (11)$$

$$(1 - h) mh_{max} < mh_k \quad mh_{max} \dots (12)$$

20

【0070】

なお、上記（9）～（12）式において、 $l_i^k$ 、 $w_i^k$ 及び $g_i^k$ は、製品 $P_i^k$ の長さ、幅及び重量を表し、 $l$ 、 $w$ 、 $g$ 及び $h$ は、上下に配置される製品の長さ、幅、重量及び隣接する柱の高さに関する緩和パラメータを表している。

30

【0071】

緩和パラメータ  $l$ 、 $w$ 、 $g$ 、 $h$  は、それぞれ  $0 \leq l \leq l_{max}$ 、 $0 \leq w \leq w_{max}$ 、 $0 \leq g \leq g_{max}$  及び  $0 \leq h \leq h_{max}$  である。なお、 $l_{max}$  は、製品の緩和可能な最大の長さを表し、 $w_{max}$  は、製品の緩和可能な最大の幅を表し、 $g_{max}$  は、製品の緩和可能な最大の重量を表し、 $h_{max}$  は、柱の緩和可能な最大の高さを表している。緩和パラメータは、初期値が緩和されていない状態を示し、制約違反の状況に応じて徐々に緩和させる。緩和パラメータの最大値はユーザの要求に応じて決定される。

【0072】

次に、評価関数について説明する。製品 $P_i^k$ の容積率 $E_k$ は、下記の（13）式で表される。

40

【0073】

【数2】

$$E_{kv} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{lk} v_i^k}{ml_k \times mw_k \times mh_{max}} \dots (13)$$

【0074】

なお、上記（13）式において、 $E_k$ は容積率を表し、 $v_i^k$ は製品 $P_i^k$ の容積を表し、 $ml_k$ は柱 $m_k$ の長さを表し、 $mw_k$ は柱 $m_k$ の幅を表し、 $mh_{max}$ は緩和する

50

ことができる柱  $m_k$  の最大の高さを表している。また、容積率  $E_k$  は、その値が小さければ小さいほど容積が高く、 $E_k = 0$  が最適解である。

【0075】

システム全体の評価関数  $E_k$  は、下記の (14) 式で表される。

【0076】

$$E_k = \mu_1 \times E_{k1} + \mu_2 \times E_{kw} + \mu_3 \times E_{kg} + \mu_4 \times E_{kh} + \mu_5 \times E_k \dots \dots (14)$$

【0077】

なお、上記 (14) 式において、 $E_k$  はシステム全体の評価関数を表し、 $E_{k1}$  は柱の長さに関する評価関数を表し、 $E_{kw}$  は柱の幅に関する評価関数を表し、 $E_{kg}$  は柱の重量に関する評価関数を表し、 $E_{kh}$  は柱の高さに関する評価関数を表し、 $\mu_1$ 、 $\mu_2$ 、 $\mu_3$ 、 $\mu_4$  及び  $\mu_5$  はそれぞれの評価関数の重み付け係数を表している。また、上記 (14) 式における  $E_{k1}$ 、 $E_{kw}$ 、 $E_{kg}$  及び  $E_{kh}$  は、下記の (15) 式 ~ (18) 式で表される。

【0078】

【数3】

$$E_{kl} = \sum_{i=1}^{lk-1} E_{klij} \dots (15)$$

$$E_{kw} = \sum_{i=1}^{lk-1} E_{kwji} \dots (16)$$

$$E_{kg} = \sum_{i=1}^{lk-1} E_{kghi} \dots (17)$$

$$E_{kh} = \begin{cases} 0 & \text{for } mh_k > mh_{\max} - \min_i \{h_i\} \\ \frac{mh_{\max} - mh_k}{\varepsilon_{h\max} \times mh_{\max}} & \text{otherwise} \end{cases} \dots (18)$$

【0079】

なお、上記 (15) 式における  $E_{k1ij}$  は下記の (19) 式で表され、上記 (16) 式における  $E_{kwji}$  は下記の (20) 式で表され、上記 (17) 式における  $E_{kghi}$  は下記の (21) 式で表される。

【0080】

10

20

30

【数4】

$$E_{kl_i} = \begin{cases} \frac{l_i^k - l_{i+1}^k}{\frac{3}{4}\epsilon_{lmax} \times l_i^k} & \text{for } l_i^k \geq l_{i+1}^k \\ \frac{l_{i+1}^k - l_i^k}{\epsilon_{lmax} \times l_i^k} & \text{for } l_i^k < l_{i+1}^k \end{cases} \dots (19)$$

10

$$E_{kw_i} = \begin{cases} \frac{w_i^k - w_{i+1}^k}{\frac{3}{4}\epsilon_{wmax} \times w_i^k} & \text{for } w_i^k \geq w_{i+1}^k \\ \frac{w_{i+1}^k - w_i^k}{\epsilon_{wmax} \times w_i^k} & \text{for } w_i^k < w_{i+1}^k \end{cases} \dots (20)$$

$$E_{kg_i} = \begin{cases} 0 & \text{for } g_i^k \geq g_{i+1}^k \\ \frac{g_{i+1}^k - g_i^k}{\epsilon_{gmax} \times g_i^k} & \text{for } g_i^k < g_{i+1}^k \end{cases} \dots (21)$$

20

【0081】

エージェント分類部102は、エージェントである各作業員H1～H4を、制約条件入力受付部301によって受け付けられた制約条件に基づいて、必ず満たさなければならない必須制約条件及び緩和可能な緩和可能制約条件を満たす第1グループB1と、必須制約条件及び緩和制約条件を満たす第2グループB2と、必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさない第3グループB3とに分ける。すなわち、エージェント分類部102は、必須制約条件を満たし、かつ緩和可能制約条件を全て満たす作業員を第1グループB1に分類する。また、エージェント分類部102は、必須制約条件を満たし、かつ緩和可能制約条件を一つでも満たす作業員を第2グループB2に分類する。さらに、エージェント分類部102は、一つでも必須制約条件を満たさない、又は緩和可能制約条件を全て満たさない作業員を第3グループB3に分類する。この結果、図5の例では、作業員H1が第1グループB1に分類され、作業員H2及び作業員H3が第2グループB2に分類され、作業員H4が第3グループB2に分類されることとなる。

30

【0082】

続いて、制約エージェント認識部103は、制約となるエージェントを認識し、制約エージェント改善部104は、制約エージェント認識部103によって認識された制約となるエージェントを改善する。

40

【0083】

図7は、同質エージェントによる荷物のパレットへの積付を例にして、制約エージェントの改善について説明するための図であり、図7(a)は、エージェント分類部102によって分類される前の各エージェントを示す図であり、図7(b)は、エージェント分類部102によって分類された各エージェントを示す図であり、図7(c)は、重量とサイズに関する制約条件を緩和させた後の各エージェントを示す図であり、図7(d)は、さらに重量とサイズに関する制約条件を緩和させた後の各エージェントを示す図である。

50

## 【 0 0 8 4 】

図 7 ( a ) に示すように、エージェント a 1 は、同じ大きさの 5 0 k g の荷物が 2 つ積み付けられ、さらにその上に 5 0 k g の荷物よりサイズが小さい 3 8 k g の荷物が積み付けられている。エージェント a 2 は、同じ大きさの 3 8 k g の荷物が 3 つ積み付けられている。エージェント a 3 は、同じ大きさの 5 5 k g の荷物が 3 つ積み付けられている。エージェント a 4 は、同じ大きさの 8 5 k g の荷物が 2 つ積み付けられ、さらにその上に 8 5 k g の荷物よりサイズが大きい 2 0 k g の荷物が積み付けられている。エージェント a 5 は、6 0 k g の荷物の上に、サイズの小さい 6 5 k g の荷物が 2 つ積み付けられている。エージェント a 6 は、6 5 k g の荷物の上に、サイズの小さい 4 8 k g の荷物が積み付けられ、さらにその上にサイズの小さい 6 0 k g の荷物が積み付けられている。エージェント a 7 は、8 5 k g の荷物の上にサイズの大きい 6 0 k g の荷物が積み付けられ、さらにその上にサイズの小さい 3 8 g の荷物が積み付けられている。

10

## 【 0 0 8 5 】

図 7 ( a ) の状態の各エージェントを第 1 グループ、第 2 グループ及び第 3 グループに分けた場合、図 7 ( b ) のように分けられる。図 7 ( b ) における緩和パラメータ  $l$ ,  $w$ ,  $g$ ,  $h$  は、それぞれ初期値である  $l_0$ ,  $w_0$ ,  $g_0$ ,  $h_0$  に設定されている。図 7 ( b ) では、制約条件が厳しいため、エージェント a 1, a 2, a 3 が第 1 グループ B 1 に分類され、エージェント a 3, a 4, a 5, a 6, a 7 が第 3 グループ B 3 に分類されている。そこで、制約条件緩和部 1 0 7 は、重量とサイズに関する制約条件を緩和することによって、図 7 ( c ) のように分類する。すなわち、緩和パラメータ  $l$ ,  $w$ ,  $g$ ,  $h$  をそれぞれ  $l_t$ ,  $w_t$ ,  $g_t$ ,  $h_t$  に設定することによって、上述の ( E ) 及び ( F ) の制約条件を緩和し、図 7 ( c ) に示すように、エージェント a 4, a 5 が第 2 グループ B 2 に分類される。しかしながら、まだ制約条件が厳しいため、デッドロック状態に落ち込み、図 7 ( c ) に示すように、エージェント a 6, a 7 は第 3 グループ B 3 に分類されている。この場合、現場の解決手法を用いて制約条件の緩和を行う。制約条件緩和部 1 0 7 は、上記 ( E ) 及び ( F ) の制約条件の緩和を行い、例えば、上の荷物の重量が下の荷物の重量より 1 0 k g まで重くてもよく、かつ下の荷物の長さ及び幅が上の荷物の長さ及び幅の 1 / 1 0 のサイズになってもよいとする。このように、緩和パラメータ  $l$ ,  $w$ ,  $g$ ,  $h$  をそれぞれ  $l_t$ ,  $w_t$ ,  $g_t$ ,  $h_t$  より大きくなるように設定することによって、重量とサイズに関する制約条件をさらに緩和し、制約違反であるエージェント a 7 の荷物 n 1 と、エージェント a 1 の荷物 n 2 とを交換することが可能になる。

20

30

## 【 0 0 8 6 】

エージェント分類部 1 0 2 は、緩和された制約条件に基づいて、エージェントを分類する。この結果、図 7 ( d ) に示すように、制約違反であったエージェント a 7 は、第 3 グループ B 3 から第 2 グループ B 2 に移動し、利得を得ることとなる。エージェント a 1 は、制約条件を全て満たさなくなるので、第 1 グループ B 1 から第 2 グループ B 2 に移動するが、システム全体としては、制約違反のエージェントが少なくなっているのが改善されたことになる。図 7 ( d ) の状態で、判別部 1 0 6 によって第 3 グループ B 3 に属するエージェントが存在するか否かが判別されると、エージェント a 6 が第 3 グループ B 3 に属しているため、第 3 グループ B 3 に属するエージェントが存在すると判別される。そこで、制約条件緩和部 1 0 7 は、エージェント a 6 が第 3 グループ B 3 から第 2 グループ B 2 に移動するように制約条件を緩和する。

40

## 【 0 0 8 7 】

図 8 は、第 1 乃至第 3 グループに属するエージェントの数の変化の一例を示す図であり、縦軸は、第 1 乃至第 3 グループに分類されたエージェントの数を表し、横軸は、シミュレーションの繰り返し回数を表している。

## 【 0 0 8 8 】

図 8 に示すように、エージェント同士の交渉及び制約緩和により、必ず満たさなければならない必須制約条件及び緩和された緩和制約条件の少なくとも一つを満たさない制約違

50

反の第3グループに分類されたエージェントC3の数は、シミュレーションを繰り返す回数が多くなるにつれて徐々に減少している。また、必須制約条件及び緩和制約条件を満たす第2グループに分類されたエージェントC2の数は、シミュレーションを繰り返す回数が多くなるにつれて徐々に増加し、必須制約条件を満たす第1グループに分類されたエージェントC1に分類されたエージェントC1の数も徐々に増加している。

#### 【0089】

図8に示す結果より、自動的に制約違反を改善することができ、第3グループに分類されたエージェントの数を減らすとともに、第1及び第2グループに分類されるエージェントの数を増やすことができる。したがって、本実施形態における制約緩和の手法は、単に制約違反を緩和するだけでなく、緩和により探索の環境が変化してデッドロック状態を回避又は脱出する機会を増やすことができる。また、エージェント間の競争と譲歩は各曲線の振動状況からも分かる。

#### 【0090】

図9は、チェック・バッファに分類されたエージェントの数の一例を示す図であり、縦軸は、チェック・バッファに分類されたエージェントの数を表し、横軸は、シミュレーションの繰り返し回数を表している。

#### 【0091】

図9に示すチェック・バッファに分類されたエージェントの数は、制約条件の緩和を行った回数である。チェック・バッファに分類されるエージェントが第2グループ又は第3グループに分類される場合、探索の状況が変化しない限りエージェント同士の交渉は成立しない。その原因は、制約条件が厳しすぎるためであり、制約条件を緩和する必要がある。制約条件の緩和により、各エージェントは交渉条件が変わり、再びエージェント同士間で交渉を成立させることができるようになる。また、チェック・バッファと緩和パラメータの値とによって、無駄な探索を回避する事ができ、予め設定された繰り返し回数に達しなくても自動的に終了することができる。これは、現実問題から与えられた厳しい探索時間にも本手法が適用可能であることを意味している。

#### 【0092】

このように、マルチエージェントシステムは、構成要素、制約条件及びタスクが同じ同質エージェントから構成され、制約エージェント改善部104は、ドラム・バッファ・ロープを用いて制約エージェントと他のエージェントとの間で制約エージェントが制約条件を満たすための交渉を実行させる。したがって、同質エージェントから構成されるマルチエージェントシステムの制約となるボトルネックをより早く認識することができるとともに、当該ボトルネックを解消してシステムの活動を改善することができる。

#### 【0093】

次に、異質エージェント同士における生産管理システムについて説明する。図10は、物流システムの異質エージェント同士における生産管理システムについて説明するための図である。図10に示す物流システム400は、梱包・集荷プロセス410、出荷プロセス420及び配送プロセス430等で構成され、各プロセスは、構成要素(資源)、制約条件、目標及び評価基準が異なり、異質エージェントである。受注情報受付440によって出荷又は輸出指示に関する受注情報が受け付けられ、自動シミュレーション450によって梱包、パレット、車両積付及び経路計算の全部又は一部がシミュレーションされる。

#### 【0094】

梱包・集荷プロセス410には、指定された製品を在庫から取り出すピッキング作業411及び製品をパレットに積み付けるパレット積付作業412があり、制約条件を満たす製品を組み合わせて積み付け、目標を達成するパレットを作成する。出荷プロセス420には、パレットを積み付ける車両(トラック)を選択する実車マッチング421及びパレットを車両に積み付ける車両積付作業422があり、梱包・集荷プロセス410において作成されたパレットを、制約条件を満たし、かつ容積と重量積が高くてコストが安いトラックに積み付ける。配送プロセス430には、配送する車両の積載量等の車両情報を登録する車両情報登録431及び配送する車両と配送する経路と配送する時間を決定する車両

10

20

30

40

50

・経路・時間決定432があり、パレットを積み付けた車両が納期、稼働時間及びリードタイムを考慮しながら最適なコスト及び経路を決定して目的地490に配送する。

【0095】

なお、受注情報受付440において受注や経路等に変更があった場合、及び実車マッチング421において車両状況や天気等に変更があった場合、変更された情報は、計画変更460において変更され、変更された受注情報が自動シミュレーション450及びピッキング作業411に反映される。また、パレット積付作業412が終了した後、パレット積付実績修正470においてパレット積付実績が修正され、車両積付作業422が終了した後、車両積付実績が修正され、それぞれの実績は自動シミュレーション402に反映される。

10

【0096】

異質エージェントは、構成要素が異なり、同じ資源を競争しないが、MASの一つのチェーンとして相互に依存しあっている。システム全体の目標達成のためには、各エージェントが目標を達成しなければならない。したがって、各エージェントは、自らの利益のみを考えるのではなく、協調しなければならない。そのため、稼働時間、リードタイム、納期及び経路等に従う配車配送作業の完了時刻によって、必ず満たさなければならない必須制約条件及び緩和可能な緩和可能制約条件を満たすエージェントを第1グループに、必須制約条件及び緩和された緩和制約条件を満たすエージェントを第2グループに、必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさないエージェントを第3グループに分類し、制約違反であるエージェントが属する第3グループの状況を追跡しながらバッファとなる第2グループを管理する。

20

【0097】

異質エージェント同士における生産管理装置の構成は、図3に示す同質エージェント同士における生産管理装置10の構成と同じであるので説明を省略する。

【0098】

まず、制約条件入力受付部301は、ユーザによる制約条件の入力を受け付け、制約条件記憶部201に記憶する。ここで、制約条件入力受付部301によって受け付けられた制約条件を下記の(A)~(F)であったとする。

(A) 各作業の締め時間と納期(到着時間)とを必ず守る。

(B) 各倉庫及び物流センターの稼働時間を必ず守る。

30

(C) 外部要素が変化しても計画した各作業の開始時刻と完了時刻とをできるだけ確保する。

(D) できるだけトラックの容積率を高くする。

(E) できるだけコストの安いトラックを選択する。

(F) できるだけ配送時間と待ち時間とを短くする。

【0099】

次に、制約条件設定部101は、上記の制約条件(A)及び(B)を、必ず満たさなければならない必須制約条件に設定し、上記の制約条件(C)、(D)、(E)及び(F)を、緩和可能な緩和可能制約条件に設定する。そして、制約条件設定部101は、各作業の開始時刻と完了時刻とに関する緩和パラメータ、トラックの容積率に関する緩和パラメータ、トラックのコストに関する緩和パラメータ及び配送時間に関する緩和パラメータを設定する。

40

【0100】

各作業の開始時刻と完了時刻とに関する緩和パラメータの初期値は、各作業における最も早く開始可能な開始時刻と、最も早く完了可能な完了時刻とである。各作業の開始時刻と完了時刻とに関する緩和パラメータの最大値は、各作業における最も遅く開始可能な開始時刻と、最も遅く完了可能な完了時刻とである。すなわち、各作業の開始時刻と完了時刻とは、必須制約条件(A)及び(B)を違反しない時刻まで緩和することができる。

【0101】

トラックの容積率に関する緩和パラメータの最大値は、予め指定される最小の容積率に

50

応じて設定するが、初期値（最小値）は、例えば、配送する荷物の量等に応じて設定する。

【 0 1 0 2 】

トラックのコストに関する緩和パラメータの最大値は、熟練者の経験により決定され、最低限許可することができるコストである。また、トラックのコストに関する緩和パラメータの最小値は、制約条件（ A ）及び（ B ）と、制約違反の状況を考慮して決定する。

【 0 1 0 3 】

配送時間は、納期とコストとに関係があり、長ければ長いほどコストが高くなり、納期を満たすことが困難となる。配送時間に関する緩和パラメータの最大値（最大許す時間）は、熟練者の経験により決定されるが、最適な時間は、制約条件（ A ）及び（ B ）と、制約違反の状況を考慮して決定する。

10

【 0 1 0 4 】

制約条件設定部 1 0 1 は、上記の制約条件（ C ）～（ F ）と目標とに重みを付けて、各エージェント間による交渉を評価する評価関数  $E_t$  を下記の式（ 2 2 ）のように定義する。

【 0 1 0 5 】

$$E_t = E C_t + E S_t + E D_t + E P_t \cdot \cdot \cdot (22)$$

【 0 1 0 6 】

なお、上記（ 2 2 ）式において、 $E_t$  は、システム全体を評価する評価関数であり、 $E C_t$  は、緩和パラメータを含む集荷プロセスを評価する評価関数であり、 $E S_t$  は、緩和パラメータを含む出荷プロセスを評価する評価関数であり、 $E D_t$  は、緩和パラメータを含む配送プロセスを評価する評価関数であり、 $E P_t$  は、緩和パラメータを含む計画変更を評価する評価関数である。

20

【 0 1 0 7 】

これらの評価関数  $E C_t$  ,  $E S_t$  ,  $E D_t$  ,  $E P_t$  の値は、データの性質、限られる作業時間、制約条件の緩和及びエージェント同士の交渉によって変化する。制約条件が厳しくなく、かつ時間に余裕のあるデータであれば、あまり制約条件を緩和しなくてもよいシミュレーション結果を得ることができる。また、必須制約条件を満たし易く、より高い容積率のパレット及びトラックが得られると、トラックの数を少なくすることができ、システム全体のコストを低くすることができる。容積率、コスト及び時間の3つの要素はそれぞれ互いに依存している。納期の余裕があれば、よい解（容積率が高く、かつ全体のコストが安くなるトラック）を得ることができ、配送プロセスに要するコストも安くすることができる。

30

【 0 1 0 8 】

図 1 0 に示す物流システムでは、各プロセスの順番が固定されている。そこで、各プロセスに一定の大きさのバッファを設け、バッファの大きさは緩和パラメータで調整する。バッファの大きさは、該当するプロセスの開始時刻と完了時刻とに関係する。システムの中で一番遅いプロセスが、制約となるプロセスであると認識し、当該プロセスがシステム全体のペースを設定する。他のプロセスは制約となるプロセスが設定するペースに従って開始時刻と完了時刻とを調整する。例えば、図 1 0 の出荷プロセス（車両積付作業）を開始することができる前提条件としては、梱包・集荷プロセス（ピッキング作業及びパレット積付作業）が完了していることである。この条件を満たさなければ、車両積付作業を行うことはできない。この場合、梱包・集荷プロセスに問題があると考えられる。しかしながら、車両が遅く到着した、稼働時間を延長した、作業員が足りない、あるいは作業員の作業レベルが低いなどの理由によって、完了時刻が守れない場合は、当該出荷プロセスの問題であると考えられる。したがって、エージェント分類部 1 0 2 は、緩和パラメータを含む開始時刻と完了時刻とに従って、必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たすエージェントを第 1 グループに、必須制約条件及び緩和制約条件を満たすエージェントを第 2 グループに、必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさないエージェントを第 3 グループに分類する。

40

50

## 【 0 1 0 9 】

図 1 1 は、配送ルート（経路）の決定に関して説明するための図である。図 1 1 では、倉庫 A、倉庫 B 及び倉庫 C から拠点 A まで荷物を配送する例を示している。なお、各倉庫での集荷作業は 2 時間であり、出荷作業は 2 時間である。また、複数の倉庫を経由する追い積みの場合、2 番目に通過する倉庫からは集荷時間を考慮せず、前の倉庫での出荷及び運送時間の中で集荷作業を行う。さらに、最大積載重量が 4 トンのトラックは、1 時間に 0.7 万円かかり、最大積載重量が 10 トンのトラックは、1 時間に 1 万円かかり、最大積載重量が 13 トンのトラックは、1 時間に 1.3 万円かかるものとする。各倉庫から出荷される荷物の量は 4 トンのトラック 1 台分であるとする。

## 【 0 1 1 0 】

各倉庫から拠点 A まで配送する場合、複数のルートが考えられる。例えば、倉庫 A、倉庫 B 及び倉庫 C からそれぞれ直接拠点 A に配送する第 1 のルート、倉庫 C から拠点 A まで直接配送し、倉庫 B から倉庫 A を経由して拠点 A まで配送する第 2 のルート、倉庫 A から拠点 A まで直接配送し、倉庫 B から倉庫 C を経由して拠点 A まで配送する第 3 のルート、及び倉庫 C から倉庫 B と倉庫 A とを經由して拠点 A まで配送する第 4 のルートなどが考えられる。

## 【 0 1 1 1 】

第 1 のルートを用いる場合、倉庫 A から拠点 A まで直接配送するルート 5 0 1 は、リードタイムが 8 時間であり、集荷時間及び出荷時間を合わせて総合 12 時間で配送される。倉庫 B から拠点 A まで直接配送するルート 5 0 2 は、リードタイムが 10 時間であり、集荷時間及び出荷時間を合わせて総合 14 時間で配送される。倉庫 C から拠点 A まで直接配送するルート 5 0 3 は、リードタイムが 9 時間であり、集荷時間及び出荷時間を合わせて総合 13 時間で配送される。各倉庫から拠点 A まで 4 トンのトラックを用いて配送した場合、14 時間で全ての倉庫からの配送を完了し、運賃の合計は 18.9 万円となる。

## 【 0 1 1 2 】

第 2 のルートを用いる場合、倉庫 C から拠点 A まで直接配送するルート 5 0 3 は、リードタイムが 9 時間であり、集荷時間及び出荷時間を合わせて総合 13 時間で配送される。倉庫 B から倉庫 A まで配送するルート 5 0 4 は、リードタイムが 1 時間であり、倉庫 B から倉庫 A で追い積みをして拠点 A まで総合 15 時間で配送される。倉庫 C から拠点 A まで 4 トンのトラックを用いて配送した場合、運賃は 6.3 万円であり、倉庫 B から倉庫 A で追い積みをして拠点 A まで 10 トンのトラックを用いて配送した場合、運賃は 9 万円である。第 2 のルートを用いた場合、15 時間で全ての倉庫からの配送を完了し、運賃の合計は 15.3 万円となる。

## 【 0 1 1 3 】

第 3 のルートを用いる場合、倉庫 A から拠点 A まで直接配送するルート 5 0 1 は、リードタイムが 8 時間であり、集荷時間及び出荷時間を合わせて総合 12 時間で配送される。倉庫 B から倉庫 C まで配送するルート 5 0 5 は、リードタイムが 2 時間であり、倉庫 B から倉庫 C で追い積みをして拠点 A まで総合 17 時間で配送される。倉庫 A から拠点 A まで 4 トンのトラックを用いて配送した場合、運賃は 5.6 万円であり、倉庫 B から倉庫 C で追い積みをして拠点 A まで 10 トンのトラックを用いて配送した場合、運賃は 11 万円である。第 3 のルートを用いた場合、17 時間で全ての倉庫からの配送を完了し、運賃の合計は 16.6 万円となる。

## 【 0 1 1 4 】

第 4 のルートを用いる場合、倉庫 C から倉庫 B まで配送するルート 5 0 6 は、リードタイムが 2 時間であり、倉庫 C から倉庫 B 及び倉庫 A で追い積みをして拠点 A まで総合 19 時間で配送される。倉庫 C から倉庫 B 及び倉庫 A で追い積みをして拠点 A まで 13 トンのトラックを用いて配送した場合、運賃は 14.3 万円である。第 4 のルートを用いた場合、19 時間で全ての倉庫からの配送を完了し、運賃は 14.3 万円となる。

## 【 0 1 1 5 】

各倉庫や拠点等で予定のオーダー、締め時間、リードタイム、稼働時間及び納期に従っ

10

20

30

40

50

て、各プロセスはその上位プロセスで得た解の上に、下位プロセスの初期緩和されていない制約条件に基づいて、自らの制約条件を緩和し、エージェント間の交渉をしながら制約違反しない解を作成するシミュレーションを行う。このシミュレーション結果をシステムの初期解とする。但し、本プロセスの制約緩和は上位プロセスに影響を与えるので、上位プロセスの解を再び改善する必要がある。例えば、出荷プロセスでは、集荷プロセスで得た解の上に、配送プロセスの緩和されていない制約条件に基づいて、自らの制約条件を緩和し、トラック間の交渉をしながら制約違反しないトラックを選択する。しかし、容積率の低いトラックが存在する場合、拠点ごとに配車していた制約条件を配送する方面（複数の拠点に配送する）によって配車するように緩和させる。トラックの容積率の制約条件を満たさない原因がパレットの容積率の低さにある場合、パレットを拠点ごとに積み付けていた制約条件を配送する方面（複数の拠点に配送する）によって積み付けるように緩和させる。但し、この場合、容積率の高いパレットを積み付けるように再シミュレーションする必要はない。実際の作業では、システムが自動的に判断して最小の範囲で変更する。なお、ユーザがシミュレーションする範囲を指定してもよい。

10

## 【0116】

各倉庫はシミュレーションの結果に基づいて作業員の数を決定する。しかしながら、作業員の経験が異なる場合、予測できない問題が発生する可能性がある。そこで、計画される各プロセスの開始時刻と完了時刻とを満たさない可能性がある。そこで、各プロセス間は、一定時間の余裕（時間バッファ）を設定する。エージェント分類部102は、カレント作業の完了時刻前に到着したジョブの集合を必須制約条件及び緩和可能制約条件を満たす第1グループに、カレント作業の完了時刻から次の作業の開始時刻までに到着したジョブの集合を必須制約条件及び緩和制約条件を満たす第2グループに、次の作業開始時刻に到着したジョブの集合を必須制約条件及び緩和制約条件の少なくとも一つを満たさない第3グループに分類する。

20

## 【0117】

制約エージェント認識部103は、現在のプロセスの開始時刻になっても上位プロセスの作業が完了されない場合、上位プロセスにボトルネックが発生したと認識し、当該上位プロセスを制約エージェント（制約プロセス）として認識する。例えば、制約エージェント認識部103は、配送プロセスの開始時刻になっても出荷プロセスの作業が完了されない場合、出荷プロセスにボトルネックが発生したと認識し、出荷プロセスを制約エージェントとして認識する。

30

## 【0118】

制約となったプロセスは、システム全体のスループットの向上に影響を与えるので、改善しなければならない。そこで、制約エージェント改善部104は、制約プロセスに優先的に利用可能な資源を最大限活用させ、制約状況を改善する。エージェント従属部105は、制約プロセス以外の非制約プロセスの作業スピードを制約プロセスの作業スピードに従属させる。例えば、配送プロセスの開始時刻になってもトラックの配車がまだ終わっていないならば、出荷プロセスは残業や作業員の追加を行うことによって、作業のスピードをアップさせる。他のプロセスは、制約プロセスの状況に応じて作業計画を変更する。

40

## 【0119】

続いて、プロセス間の協調、譲歩及び同期化の交渉基準を決める。この交渉基準には、緩和された制約条件を満たすこと、制約プロセスは改善されること、及びシステム全体の状況が悪くならないことの3点が考えられる。例えば、出荷プロセスの完了時刻を1時間オーバーした場合、配送プロセスの開始時間に1時間の余裕があれば、この時間を出荷プロセスに譲ることで、出荷プロセスの制約違反をなくすことができる。また、出荷プロセスにおける作業員の数が足りないため、配送プロセスの開始時刻までに作業が終わらないと予測できる場合、上位の集荷プロセスのバッファを出荷プロセスに譲ることで制約違反を解消する。ただし、集荷プロセスも第3グループに存在する場合、この譲歩行動を行うことはできない。

## 【0120】

50

そして、制約条件緩和部 107 は、各プロセスの協調及び譲歩による交渉を行っても制約違反を解消することができず、各緩和可能制約条件の緩和パラメータが最大値にならないければ、制約条件を緩和する。例えば、パレットやトラックの容積率に関する緩和パラメータを低く設定することで作業しやすくなる。また、開始時刻と完了時刻に関する緩和パラメータを変更し、各プロセスの時間バッファの大きさを調整する。すなわち、制約となったプロセスの時間バッファを長く設定し、最も作業が早く完了するプロセスの時間バッファを短く設定することで、制約違反の状況を解消することができる。さらに、トラックの容積率に関するパラメータを緩和し、他の倉庫で追い積みする予定のトラックを直送に変更することによって、制約違反の状況を解消することができる。

【0121】

このように、マルチエージェントシステムの少なくとも一部は、構成要素、制約条件及びタスクのうちの少なくとも一つが異なる異質エージェントから構成され、制約エージェント改善部 104 は、隣接する異質エージェント間の依存関係を維持しながらドラム・バッファ・ロープを用いて制約エージェントと他のエージェントとの間で制約エージェントが制約条件を満たすための交渉を実行させる。したがって、異質エージェントから構成されるマルチエージェントシステムの部分において制約となるボトルネックをより早く認識することができるとともに、当該ボトルネックを解消してシステムの活動を改善することができる。

【0122】

なお、本実施形態において、ユーザが入力装置 1 を用いてシステムのシミュレーション時間及び範囲を指定してもよい。判別部 106 は、この指定された時間及び範囲に応じてシミュレーションを繰り返す回数を設定する。また、ユーザが入力装置 1 を用いて緩和パラメータの最大値と最小値とを設定してもよい。なお、ユーザによって設定された緩和パラメータの最大値と最小値とが、予め設定されている閾値を越える場合、表示装置 6 によりユーザに対してミスや危険性を提示してもよい。また、入力装置 1 によって、作業員の作業スピードの入力を受け付けることで、実作業の開始可能時刻と完了可能時刻とを予測し、予測結果に応じて各プロセスを第 1 乃至第 3 グループに分類してもよい。さらに、各プロセスにおける実際の開始時刻と完了時刻との入力を受け付けることによって、制約違反が発生した場合、表示装置 6 により作業員に提示してもよい。

【0123】

この場合、複数の緩和パラメータが設定され、作業員は実際の作業の状況に応じて緩和パラメータを調整することができるので、この従業員による緩和パラメータの修正に従って、自動的にシミュレーションし、作業員に対してシミュレーション結果を提示することができる。

【図面の簡単な説明】

【0124】

【図 1】MAS (マルチエージェントシステム) について説明するための図である。

【図 2】本発明の一実施の形態による生産管理装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

【図 3】図 2 に示す生産管理装置の主要機能の一例を示すブロック図である。

【図 4】図 2 に示す生産管理装置の生産管理処理を説明するためのフローチャートである。

【図 5】同質エージェントによる荷物のパレットへの積付を例にして、生産管理処理を具体的に説明するための図である。

【図 6】製品を集荷する際に作成される柱について説明するための図である。

【図 7】同質エージェントによる荷物のパレットへの積付を例にして、制約エージェントの改善について説明するための図である。

【図 8】第 1 乃至第 3 グループに属するエージェントの数の変化の一例を示す図である。

【図 9】チェック・バッファに分類されたエージェントの数の一例を示す図である。

【図 10】物流システムの異質エージェント同士における生産管理システムについて説明

10

20

30

40

50

するための図である。

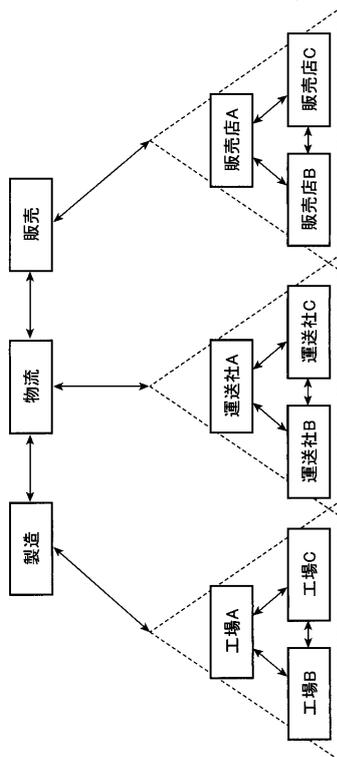
【図11】配送ルート（経路）の決定に関して説明するための図である。

【符号の説明】

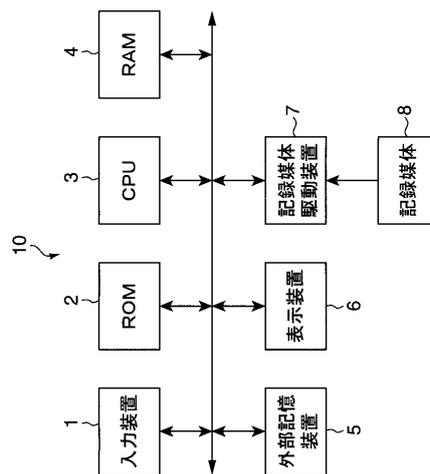
【0125】

- 100 制御部
- 101 制約条件設定部
- 102 エージェント分類部
- 103 制約エージェント認識部
- 104 制約エージェント改善部
- 105 エージェント従属部
- 106 判別部
- 107 制約条件緩和部
- 200 記憶部
- 201 制約条件記憶部
- 202 エージェント分類情報記憶部
- 300 入力部
- 301 制約条件入力受付部

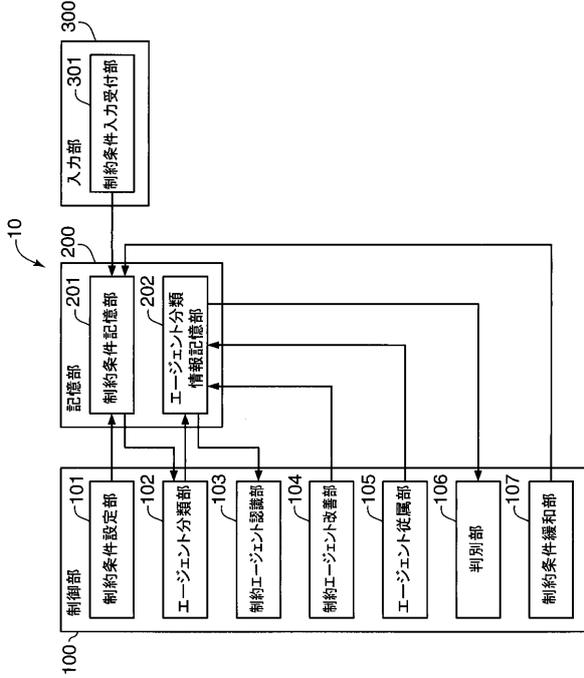
【図1】



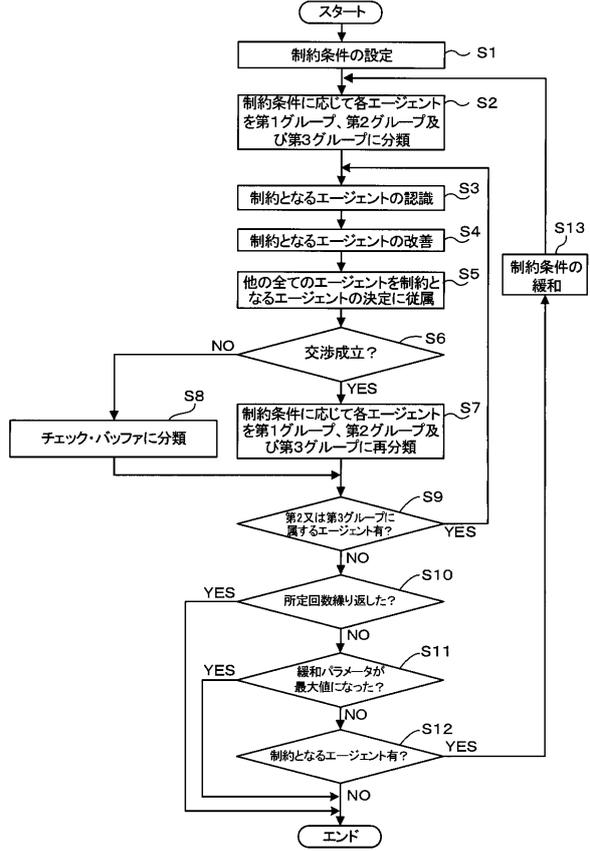
【図2】



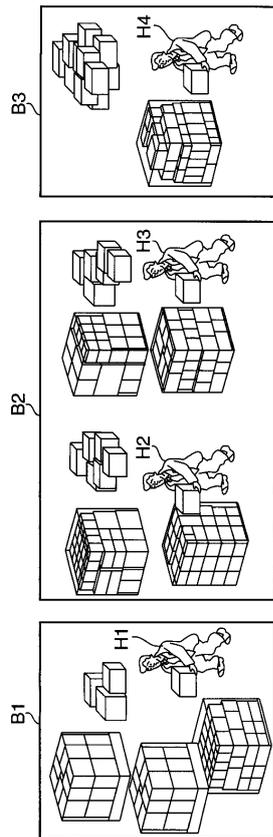
【図3】



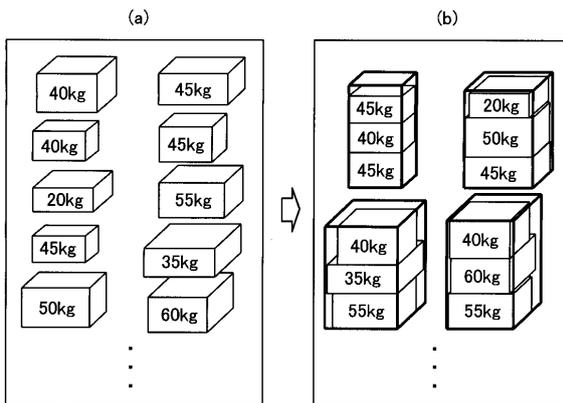
【図4】



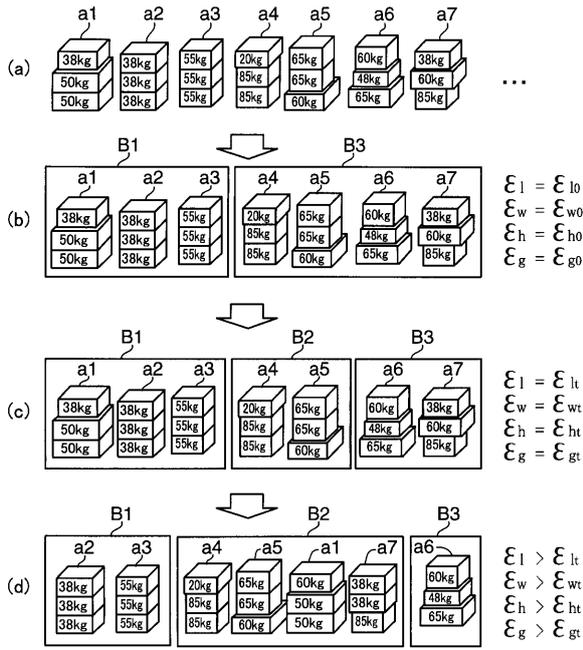
【図5】



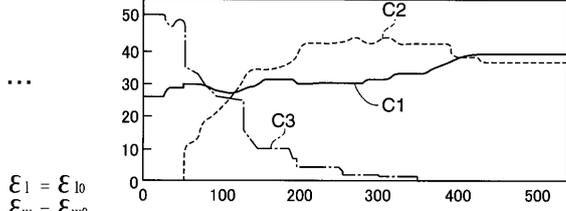
【図6】



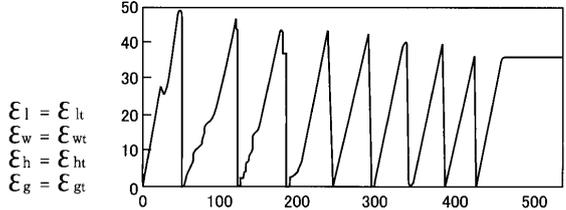
【 図 7 】



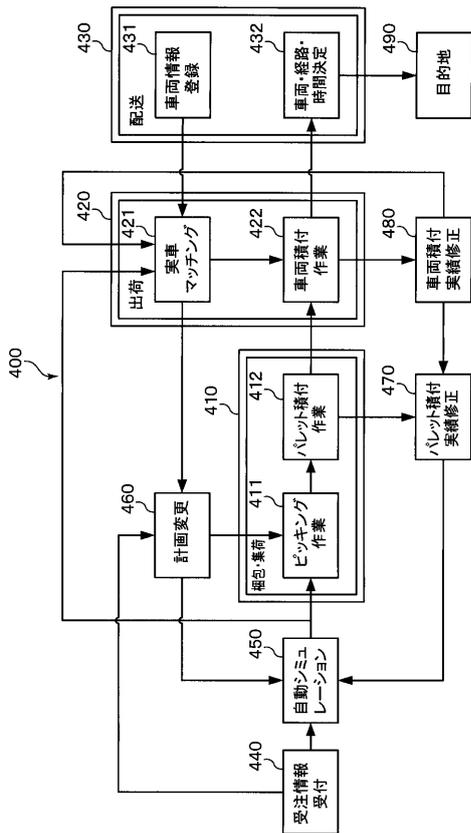
【 図 8 】



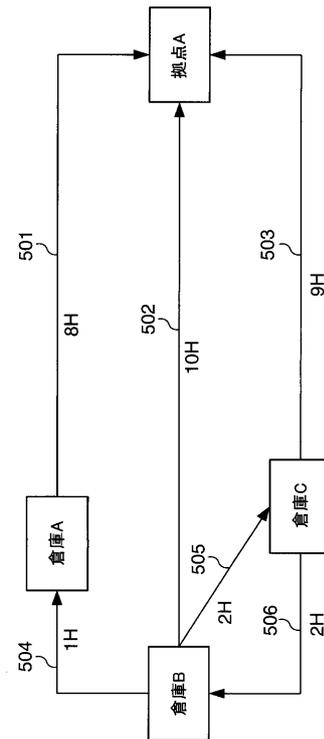
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 榎木 哲夫  
京都市左京区岩倉三宅町240-7
- (72)発明者 劉 遠  
京都市左京区山端壱町田町1

審査官 松原 陽介

- (56)参考文献 特開平08-161405(JP,A)  
特開平10-269294(JP,A)  
特開平07-006157(JP,A)  
特開平07-024675(JP,A)  
特開2000-254837(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G05B 19/418