

次世代大型ガラス搬送制御システムの開発

Development of Material Control System for Next Generation Liquid Crystal Glass

長谷川 文 夫 技術開発本部総合開発センター制御システムプロジェクト部 主査
岡 島 一 道 技術開発本部総合開発センター制御システムプロジェクト部
志 田 倫 教 技術開発本部総合開発センター制御システムプロジェクト部
村 松 佑 哉 技術開発本部総合開発センター電機システム開発部
中 磨 満 彰 物流・鉄構事業本部物流・自動車生産システム事業部品質保証部 主査

液晶パネル製造ラインでは、生産フローが複雑で、かつ生産量も多い。効率良く生産するためには、プロセス装置や自動倉庫間の搬送を制御する搬送制御システム (MCS) が不可欠である。また、ガラス基板の大型化が進むなか、従来のカセット搬送方式では搬送が限界に近づいており、1枚ごと搬送する枚葉搬送方式が必要となりつつある。そこで、液晶パネル製造ラインの TFT 工程を対象として、カセット搬送および枚葉搬送の制御機能をもつ MCS を開発した。本稿では、システムの概要と主な特長について紹介する。

The transfer control system (MCS) that controls the transportation between process equipment and stockers is indispensable to improve productivity because the process flow is complex and production is high in the LCD production line. It is difficult to transfer the LCD glass with the cassette transfer method, as the LCD glass substrate is becoming larger. Therefore, a single substrate transfer method to transport individual LCD glass substrates is needed. IHI has developed the MCS with optimum cassette transfer function and single substrate transfer function for the TFT array process of the LCD glass production line. The system outline of the developed MCS and the main features are introduced.

1. 緒 言

近年、家庭内のテレビは従来のブラウン管テレビから液晶テレビやプラズマテレビに置き換わりつつあり、電機メーカーの新工場投資も盛んである。当社では、これまで、液晶製造ラインを中心に物流機器・物流システムを納入してきた。液晶製造ラインは一般的に、① ガラス基板の上に TFT (Thin Film Transistor: 薄膜トランジスタ) のアレイ回路を作りこむアレイ工程 ② 別のガラス基板上に RGB の 3 原色の層を作りこむカラーフィルタ工程 ③ アレイ工程で完成したアレイ基板とカラーフィルタ基板を貼り合わせて液晶を注入するセル工程 ④ 完成したセルにドライバ (駆動回路) やバックライトなどを組み込んでディスプレイにするモジュール工程、の 4 工程から構成される⁽¹⁾。

このなかの TFT アレイ工程でのプロセスフローは、① 洗浄工程 ② フォトリソグラフィ工程 ③ エッチング工程 ④ 検査工程 ⑤ リペア工程、など複数の工程を 4 回から 5 回周回することで構成される。このため、生産フローが複雑で、かつ生産量も多い。効率良く生産するためには、TFT アレイ工程内のプロセス装置やガラス基板を

保管しておくストック間の搬送を制御する搬送制御システム (Material Control System: 以下、MCS と呼ぶ) が不可欠である。

また、液晶テレビの主流が 30 インチや 40 インチ型と大型化してきているのに伴い、液晶ディスプレイに使用されるガラス基板も大型化してきている。このため、従来のガラス基板をカセット容器に入れて搬送するカセット搬送方式では搬送が限界に近づいており、ガラス基板を 1 枚 1 枚搬送する枚葉搬送方式の導入が検討されてきている。

そこで、液晶製造ラインの TFT アレイ工程を対象として、カセット搬送および枚葉搬送の制御機能をもつ MCS を開発した。また、MCS の機能や能力において、物流シミュレータを用いて検証する技術を確立し、MCS の機能・能力検証を行った。

2. MCS の開発

2.1 システム構成

MCS は、工場の生産管理システム (Manufacturing Execution System: 以下、MES と呼ぶ) からガラス基板の搬送指示を受け取り、工場内の搬送機器であるクレーンや搬送台車、コンベヤなどを使って、現在の工程から次の

工程までのガラス基板の搬送を制御するコンピュータシステムである。また、MESとは、①生産の計画②液晶製造プロセスの管理③プロセス装置の管理④ロット管理、などを行うコンピュータシステムである。

今回開発したMCSは、①カセット搬送制御を行うMCS（以下、CMCSと呼ぶ）②枚葉搬送制御を行うMCS（以下、SMCSと呼ぶ）③各搬送設備の個々の管理を行う設備コントローラ④搬送機器の制御を行う設備制御盤、から構成される。システム構成を第1図に示す。

2.2 カセット搬送制御システム (CMCS)

2.2.1 主な機能

CMCSの主な機能である搬送制御機能、在庫管理機能および設備管理機能について説明する。

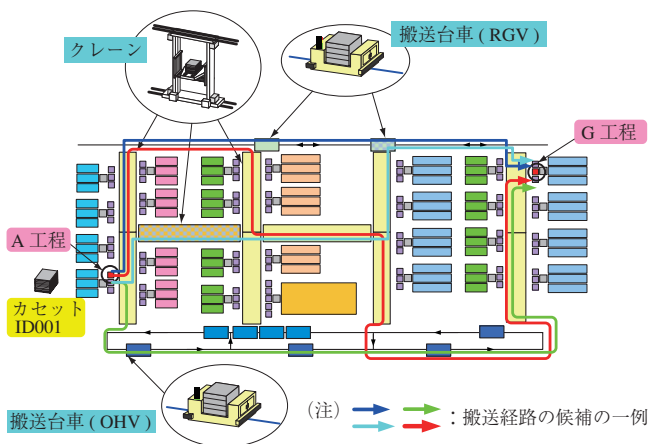
2.2.1.1 搬送制御機能

搬送制御機能は主に搬送経路探索処理、搬送コマンド作成処理および搬送コマンド実行処理の三つの処理から構成される。

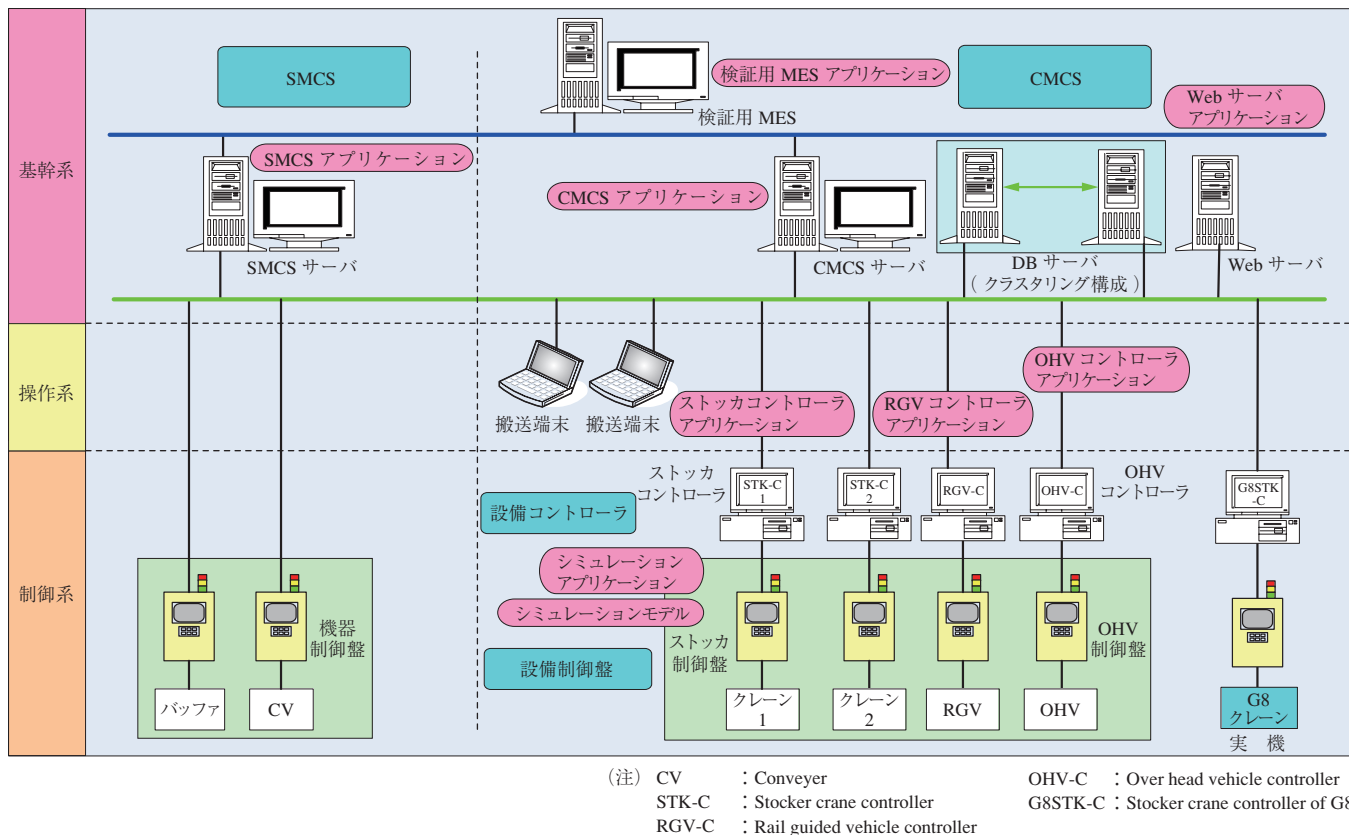
MESからCMCSに送信される搬送指示は、『カセットID001のカセットをA工程からG工程へ搬送せよ』のように、搬送元と搬送先およびカセットIDを指定したFrom-To形式で送られてくる。

搬送経路探索処理ではA工程からG工程にカセットを搬送する場合に、複数ある搬送経路から目的地まで一番早く到着できる経路を探索する。搬送経路の例を第2図に示す。

搬送経路が決定すると搬送コマンド作成処理で搬送経路上のクレーンや搬送台車などの各搬送設備への搬送指示が作成される。作成された搬送指示は搬送コマンド実行処理によって、各搬送設備に送信される。搬送途中で搬送の



第2図 搬送経路の例
Fig. 2 Transfer route



第1図 システム構成
Fig. 1 MCS system configuration

キャンセルや搬送先の変更も可能であり、搬送状況はリアルタイムで監視、表示される。搬送状況を表示するトラッキングモニタ画面を第3図に示す。

2.2.1.2 在庫管理機能

搬送中のカセットおよび自動倉庫に保管中のカセットの位置とカセット ID の管理、および自動倉庫に保管されている空カセットの数の管理を行う。ライン全体の在庫管理画面を第4図、棚内の在庫管理画面を第5図に示す。

2.2.1.3 設備管理機能

クレーン、搬送台車などの搬送装置、ガラス基板を保管しておくストックおよび装置前のポートの稼働状況、動作状態を管理する。

設備の稼働状況はトラッキングモニタ画面で確認可能である。

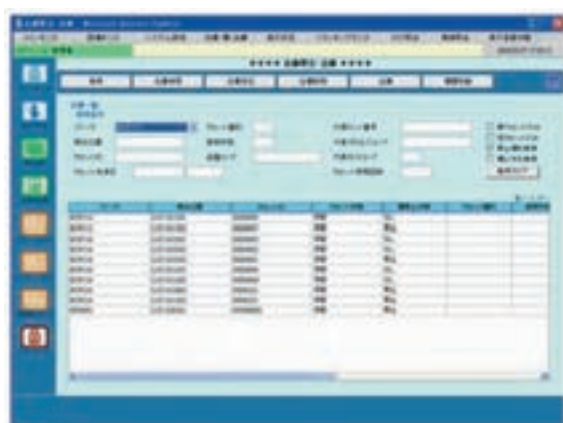
2.2.2 特長

2.2.2.1 最適経路探索アルゴリズム

工場の生産効率を向上させるためには、各工程間の搬送時間を短縮し、搬送効率をアップすることが重要である。



第3図 トラッキングモニタ画面
Fig. 3 Tracking monitor



第4図 在庫管理画面
Fig. 4 Inventory management monitor



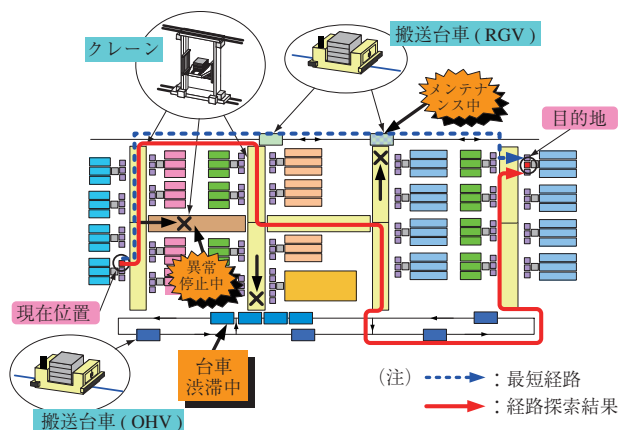
第5図 棚内の在庫管理画面
Fig. 5 Inventory management monitor for buffer

CMCS では、設備の状況をリアルタイムに把握して、その時の工場内のプロセス装置や搬送機器の状況を考慮したうえで、最短時間で目的地に到達可能な経路を探索するアルゴリズムを備えている。最適経路探索アルゴリズムの探索例を第6図に示す。

2.2.2.2 高可用性

液晶製造ラインは、数日のメンテナンス日はあるが、基本的には24時間365日、生産を止めることなく稼働をする。システムのトラブルでラインが停止すると生産に多大な影響を及ぼしてしまうので、システムの可用性を高くすることが重要である。

コンピュータシステムの可用性は、一般にシステムに故障が起きるまでの平均時間 (MTBF: Mean Time Between Failure) と、システムに故障が生じてから復旧するまでの平均所要時間 (MTTR: Mean Time To Repair) で計られる。CMCS では、システム管理プロセスが各処理プロセスの稼働を監視し、万が一ダウンしたプロセスが発見された場合は、即座にダウンしたプロセスを自動復旧する。この機



第6図 最適経路探索アルゴリズムの探索例
Fig. 6 Example of search result of the optimum transfer route algorithm

能を備えることによって、システム停止の頻度・時間を最少にし、可用性を高めている。プロセス監視方法の概念を第7図に示す。

2.2.2.3 システム変更の柔軟性

液晶製造ラインでは、製造プロセスの変更や製造能力の増強のために設備やポートの追加や変更を行うことがあるが、稼働中のラインを可能な限り停止させずにシステムの追加・変更を行う必要がある。

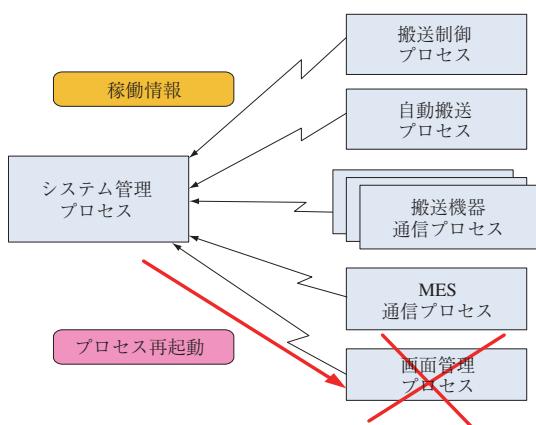
CMCSでは、システムのデータはデータベースサーバで一括管理し、各処理プロセス間の通信も各プロセス間で直接行うのではなく、データベースを介して行っている。このようなアーキテクチャとすることで、設備の変更や追加をする場合や各プロセスのメンテナンスを行う場合でも、システムを停止することなく各プロセスの変更・追加が可能である。

2.2.3 最適経路探索アルゴリズム

2.2.3.1 概要

液晶製造ラインの最適化経路探索問題設定では、以下の特徴がある。

- (1) プロセスフローが複雑で工程数も多いため、すべての搬送経路を事前にシステムに登録しておくことは事実上不可能であり、搬送ごとに搬送経路を決定する必要がある。
- (2) 工程間を結ぶ搬送機器が複数存在するため、同じ目的地に行く場合でも複数の搬送経路が存在するので、複数の経路から最適な搬送経路を選択する必要がある。
- (3) 工程内にはトラブルやメンテナンスなどで停止している装置があり、搬送不可の経路や搬送指示が集中し混雑している経路がある。これらの経路を回避



第7図 プロセス監視方法の概念
Fig. 7 Concept of process monitoring

して搬送をする必要がある。

以上まとめると、搬送時の工場内のプロセス装置や搬送機器の状況をリアルタイムに把握したうえで、複数の経路のなかから最短時間で目的地に到達可能な経路を探索するアルゴリズムが必要である。

そこで、搬送経路上に設けた通過点ごとに搬送時間が最短となる経路と搬送機器を決定するアルゴリズムを開発した。ラインの状況に応じて最適経路・機器を選択することで、経路上の機器が故障した場合でも経路を再探索して停止することなく搬送を行うことが可能である。また、搬送が集中し混雑した経路を回避することも可能である。

第8図に最適経路探索アルゴリズムの処理の流れを示す。

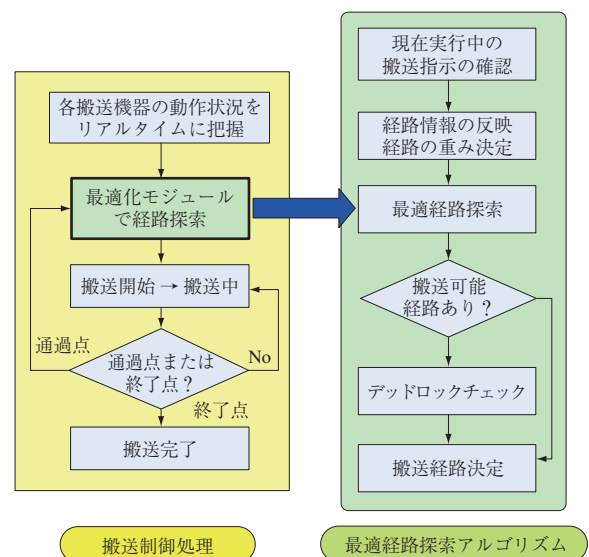
2.2.3.2 最適経路探索アルゴリズム

(1) 搬送のモデル化

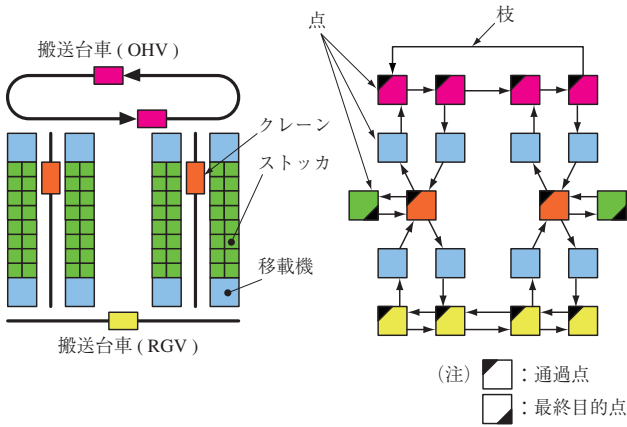
クレーン、搬送台車、移載機といった搬送機器およびカセットをバッファするストックなどをグラフとしてモデル化する。第9図にレイアウトとモデル化の例を示す。グラフは「点」と隣接する点を結んだ「枝」で構成される。枝には「方向」があり、カセットの移動可能な方向を示す。

(2) 経路の重み決定

モデルのすべての枝に「重み」を定義する。搬送元と搬送先を結ぶ搬送経路は複数存在するが、それらの経路中で枝の重みの和が最小となる経路を最適経路とする。重みの大きさは、その枝をカセットが通過する時間とし、搬送量によって増加する関数とする。搬



第8図 最適経路探索アルゴリズムの処理の流れ
Fig. 8 Process flowchart of the optimum transfer route algorithm

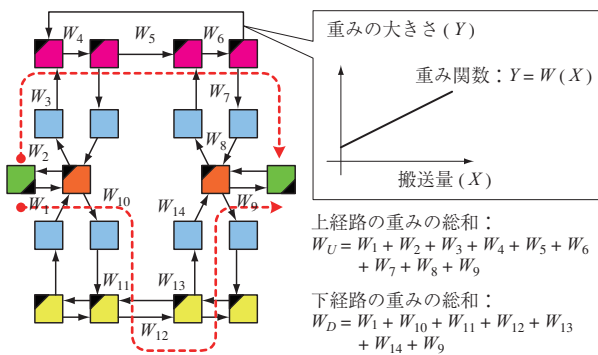


第 9 図 レイアウトとモデル化の例
Fig. 9 Layout and model

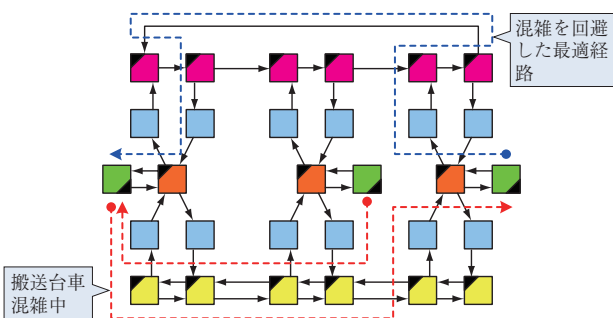
送量は、ある搬送経路で実行中の搬送指示および実行予定の搬送指示の数で表す。この重みが大きくなるほど搬送経路が混雑していることになり、搬送に時間が掛かることを意味する。第 10 図に示す例において、 $W_U > W_D$ であるなら下経路が最適な搬送経路である。

第 11 図に示す例のように特定の経路に搬送が集中すると、重み関数に従って重みが増加するため、別の経路の方が重みの和が小さくなり混雑回避の経路が求められる。

また、メンテナンスのために機器を停止させたとき



第 10 図 モデルと重み
Fig. 10 Model and weighing



第 11 図 混雑回避経路
Fig. 11 Optimum transfer route to avoid congestion

など特定の経路を通過不能にする場合は、第 12 図に示すように、その経路の重みを十分大きくすることで設定可能である。

(3) デッドロックチェック

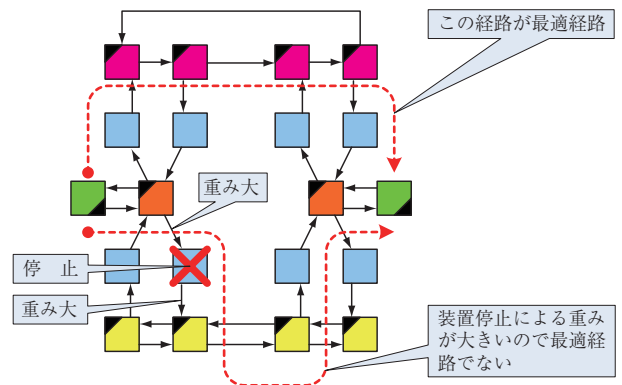
例えば、第 13 図において、A 地点からのカセット ID1 の搬送と B 地点からのカセット ID2 の搬送を同時に行ってしまうと、お互いに次の搬送先に空きスペースがない状態となり、搬送不能となってしまいます。このような状態をデッドロック状態という。

デッドロック状態にならないように、搬送実行前に、次に使用する搬送機器および最終搬送先にカセットが搬送できる空きスペースがあるかどうかを確認し、搬送順序を決定する (第 14 図)。

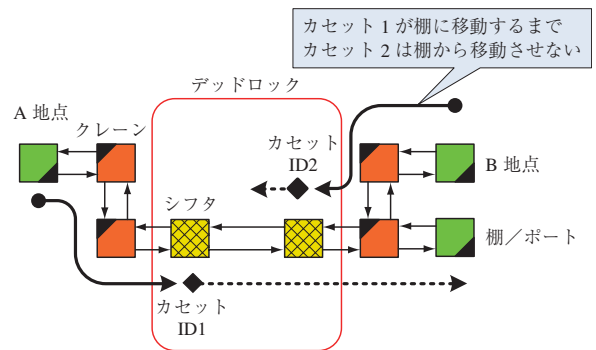
2.3 枚葉搬送制御システム (SMCS)

従来のカセット搬送方式では、カセットの搬送指示はすべて、MCS の上位システムである MES から送信される。枚葉搬送方式で同じように 1 枚 1 枚に対して MES からすべての搬送指示を受信する方式とすると、

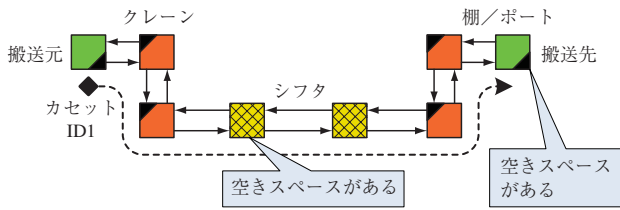
- (1) MES - MCS 間の通信量が膨大になる
- (2) MES で基板 1 枚 1 枚のトラッキングを管理する



第 12 図 装置の停止を考慮した最適経路
Fig. 12 Optimum transfer route to count equipment status



第 13 図 デッドロック
Fig. 13 Dead lock condition



第 14 図 空きスペースの確認
Fig. 14 Checking of free space of equipment

必要があり、MES での処理が増大する。などの問題がある。

そこで、SMCS では MES からロット単位で、プロセス情報と仕分け情報を受信し、この情報を展開することによって、MES から搬送指示を受信せずに SMCS で枚葉搬送工程内のガラス基板の流れを制御できる仕組みを構築した。SMCS のシステム構成を第 15 図に示す。

2.3.1 想定レイアウト

枚葉搬送方式はカセット搬送と比較すると、基板の流れが複雑な工程に適用すると効果がある。そこで、今回は、検査工程および検査後の不良箇所を補修する補修工程（以下、検査・補修工程と呼ぶ）を対象とした。

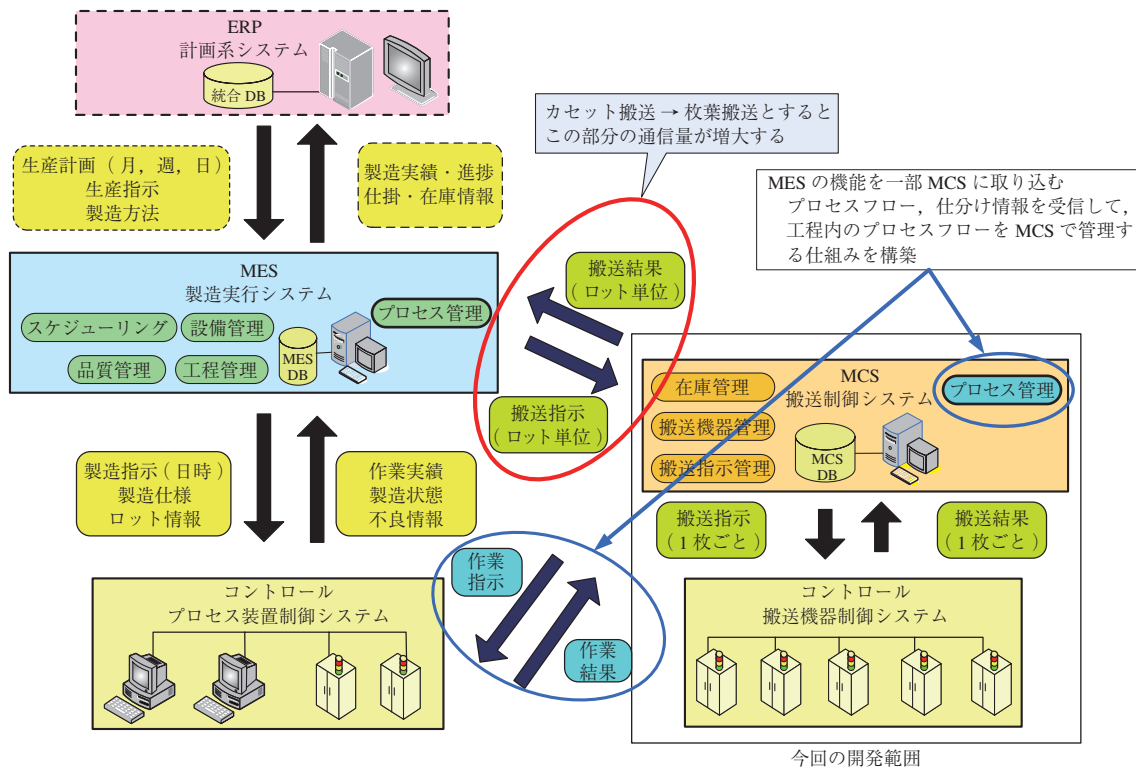
検査・補修工程では、検査結果によって次の工程に搬送されるものと補修後に次の工程に搬送される基板が発生する（分岐点）。また、次の検査工程では、前工程で検査

が OK の基板と補修後に搬送されてくる基板がある（合流点）。検査工程が複数あると、分岐・合流点の数が増え、ガラス基板の流れも複雑になる。

想定した枚葉搬送ラインのレイアウトを第 16 図に示す。本レイアウトを対象として SMCS の開発を行った。

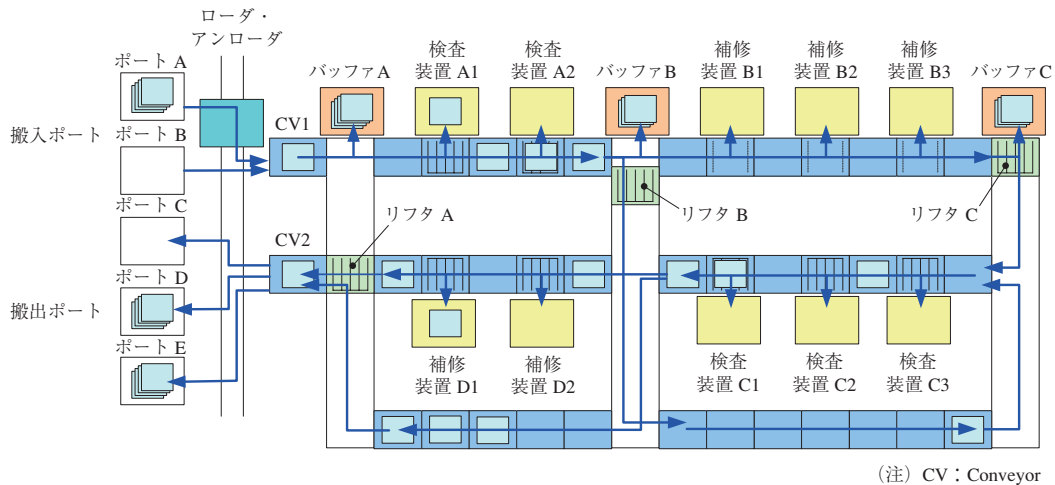
ガラス基板の流れを簡単に述べる。

- (1) ガラス基板はカセットに積載されて枚葉搬送工程の搬入ポートに搬送される。
- (2) ロード・アンロード装置で 1 枚 1 枚ガラス基板を切り出し、枚葉搬送工程に搬送していく。
- (3) プロセスフローに従い、各搬送機器によって、各プロセス装置（検査装置、補修装置）に搬送される。
- (4) 次工程のプロセス装置がすべて処理中の場合は、一時的に装置前に配置されたバッファに搬送される。
- (5) プロセス処理後の基板の搬送先はプロセス処理結果によって異なる。例えば、検査装置 A で処理 OK となった基板は検査装置 C へ、NG となった基板は補修装置 B に搬送される。
- (6) 各プロセス装置での処理結果によって、搬出ポートの指定ポート上のカセットに搬送される。第 16 図に示す青色の矢印がガラス基板の流れを示す。



(注) ERP : Enterprise Resource Planning

第 15 図 SMCS のシステム構成
Fig. 15 SMCS system configuration



第 16 図 枚葉搬送ラインのレイアウト
Fig. 16 Layout for single substrate transfer line

2.3.2 主な機能

SMCS の主な機能は、① 搬送制御機能 ② 在庫管理機能 ③ 設備管理機能、である。在庫管理機能と設備管理機能に関しては、基本的には CMCS と同じなので、搬送制御機能についてのみ述べる。SMCS の画面例を第 17 図に示す。

搬送制御機能は、(1) 工程管理処理 (2) ディスパッチ処理 (3) 最適化ロジック処理 (4) 搬送機器制御処理、から構成される。ディスパッチとは、ここでは、搬送指示によって作成された作業コマンドを搬送機器に割り当てる処理のことを指す。

(1) 工程管理処理

MES から受信したプロセス情報、仕分け情報およびプロセス装置での処理結果から、次の搬送先を決定し、搬送指示を作成する。

(2) ディスパッチ処理

工程管理部で作成される搬送指示を搬送機器制御



第 17 図 SMCS の画面例
Fig. 17 SMCS window

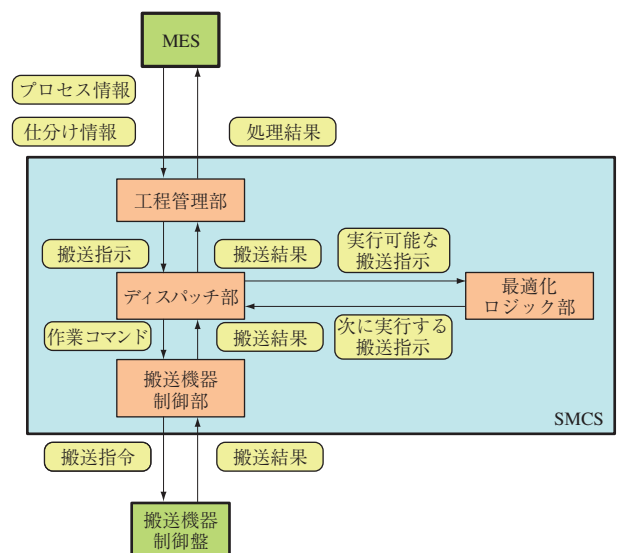
が搬送処理可能な作業単位に分割して、作業コマンドを作成する。

(3) 最適化ロジック処理

搬送指示の現在位置や待機時間、プロセス装置の稼働状態、バッファの状況および工程内の基板や搬送機器の状況などを考慮して、搬送指示の処理順序および搬送先を決定する。

(4) 搬送機器制御処理

ディスパッチ部で作成される作業コマンドを基に、各搬送機器の制御盤へ搬送指令を出力する。また、各搬送機器やプロセス装置、バッファの状態および基板のトラッキング情報を管理する。処理ブロック図を第 18 図に示す。



第 18 図 処理ブロック図
Fig. 18 SMCS operation block

2.3.3 特 長

2.3.3.1 最適化ディスパッチアルゴリズム

枚葉搬送工程内で搬送指示が集中する分岐・合流地点のガラス基板の流れを効率化するアルゴリズムを開発した。枚葉搬送工程はさまざまなライン形態が考えられるので、レイアウトに依存しない単純なルールの組み合わせでアルゴリズムを構築した。

2.3.3.2 プロセスフロー管理

MES からプロセス情報、仕分け情報を受信し、従来、MES で行っていたガラス基板のプロセスフロー管理を SMCS で行うことが可能である。プロセス情報と仕分け情報の説明を第 1 表に示す。

これらの情報から、ガラス基板 1 枚 1 枚のプロセスフローを SMCS 内で作成し、ガラス基板の制御を行う。

2.3.4 最適化ディスパッチアルゴリズム

2.3.4.1 概 要

レイアウト内の分岐・合流地点では、複数の方向からガラス基板が搬送されてくるため、搬送指示が集中する。この分岐・合流地点のガラスの流れを効率化するため、搬

送の集中する搬送機器の処理順序を最適化するのが最適化ディスパッチアルゴリズムの目的である。

ガラスの流れを効率化することで、ガラス基板の搬送時間を短縮し、ガラス基板が工程内に搬入してから搬出されるまでの時間を最短にする。搬送指示が集中する分岐・合流点を第 19 図に示す。

2.3.4.2 処理の流れ

(1) 工程内の状況確認

工程内のプロセス装置、コンベヤの稼働状況、ガラス基板の渋滞状況を把握する。

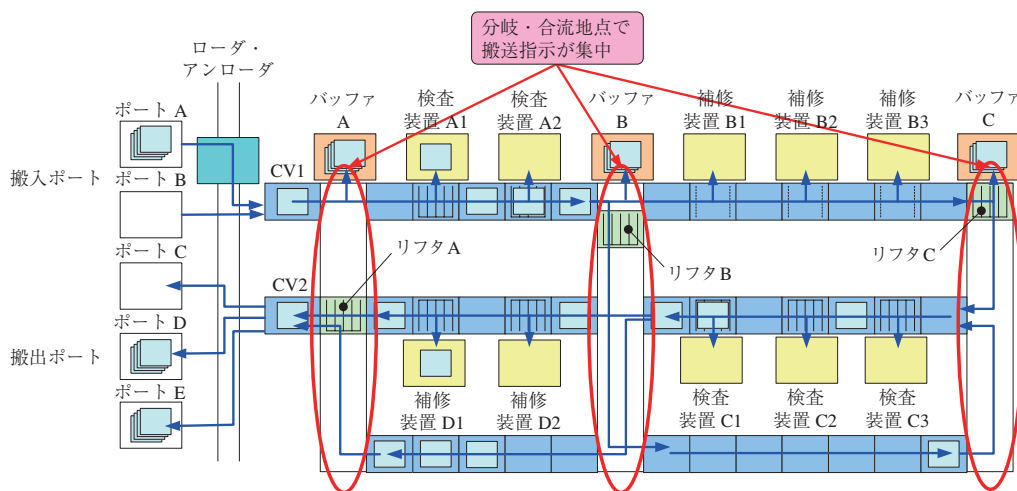
(2) 実行可能な搬送指示リストの作成

現在工程内で発行されている搬送指示リストのなかから、工程内の各基板・機器情報を取得して、搬送指示の実行可否を確認し、実行可能な搬送指示を抽出する。

第 20 図に実行可能な搬送指示の例を示す。図中で緑色の基板が実行可能な搬送指示である。具体的には、バッファで搬送待ちしている基板、リフトの最前列で搬送待ちしている基板が対象である。ただし、バ

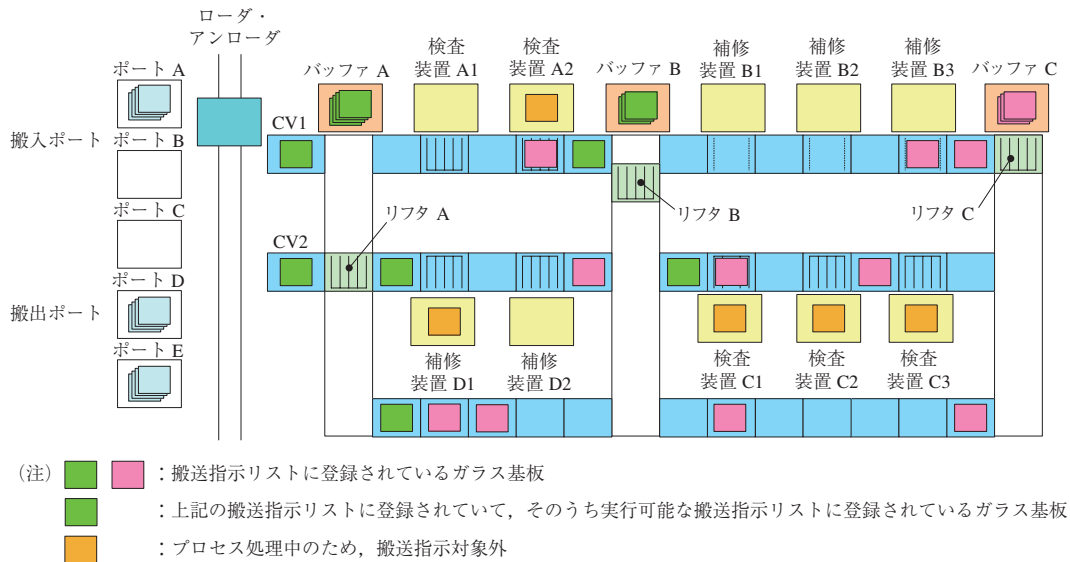
第 1 表 プロセス情報と仕分け情報
Table 1 Process information and sort information

項 目	説 明	具 体 例
プロセス情報 1	プロセス装置で処理した基板が次にどこの工程に搬送するかの情報 (プロセス処理結果によって搬送先が変更になる.)	・プロセス装置 A で OK → プロセス装置 B に搬送 ・プロセス装置 A で NG → プロセス装置 C に搬送
プロセス情報 2	ロットごとの処理ルールに関する情報	・プロセス装置 A ではロット A は処理 ・プロセス装置 A ではロット B は処理しない
プロセス情報 3	プロセス装置で処理する場合のレシビ情報	・ロット A はレシビで処理 ・ロット B はレシビで処理
仕 分 け 情 報	プロセス装置の処理結果によって、どの搬出ポートに搬送するかの情報	・プロセス装置 C で OK → ポート 3 に搬送 ・プロセス装置 D で NG → ポート 4 に搬送



第 19 図 搬送指示が集中する分岐・合流点

Fig. 19 Branches and confluence points that concentrate transfer instructions



第 20 図 実行可能な搬送指示の例
 Fig. 20 Example of executable transfer instruction

ッファ C 内の基板とリフタ C の最前列に停止している基板は、次の工程である C 工程の検査装置がすべて処理中なので、実行可能な搬送指示には含まれない。

(3) 各搬送指示の優先度の算出

実行可能な搬送指示リストにある各搬送指示の優先度を決定する。搬送指示の優先度は①搬送先②基板の待機時間③搬送先プロセス装置の負荷④搬送元プロセス装置の負荷⑤工程内の基板枚数⑥搬送方向の搬送設備の負荷、の六つの評価項目に重みを掛けて、 Σ 条件の算出値 \times 重み で算出する。

3. システム検証技術の確立

3.1 システム検証方法

物流シミュレータを用いて、CMCS および SMCS の機能・能力の検証を行った。

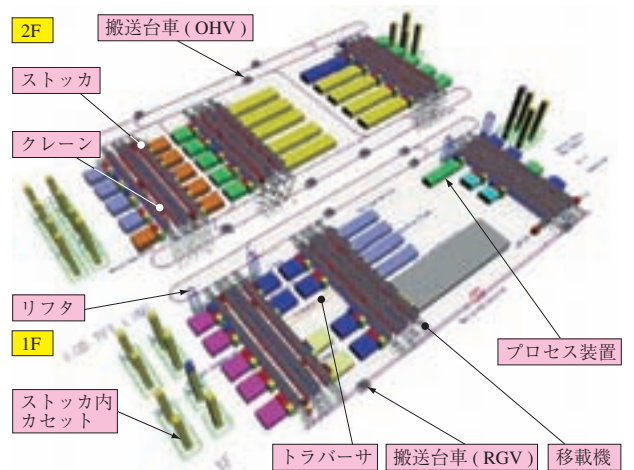
具体的には、工場内の機械設備および機械設備を直接制御する機器制御盤の機能をシミュレーションモデルに組み込み、このシミュレーションモデルに CMCS の下位に位置する設備コントローラや SMCS を接続し、シミュレーションモデルを仮想工場とした。さらに、CMCS, SMCS の上位側に検証用 MES を接続し、機能、能力の検証を行った。

3.1.1 シミュレーションモデル

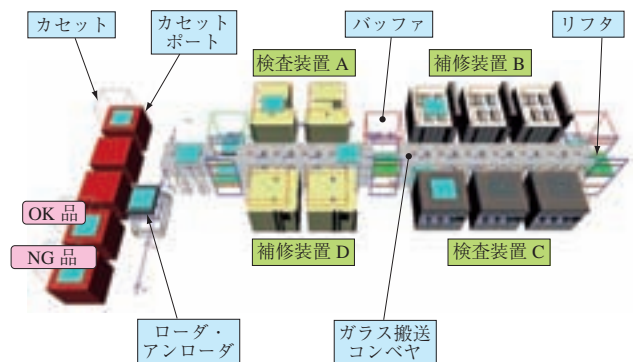
液晶製造ラインの TFT アレイ工程および枚葉搬送工程を物流シミュレータで構築した。シミュレーションモデルのイメージを第 21 図、第 22 図に示す。

3.1.2 システム検証での処理の流れ

CMCS の場合を例に処理の流れを説明する。



第 21 図 TFT アレイ工程モデル
 Fig. 21 Simulation model of TFT array process



第 22 図 枚葉搬送工程モデル
 Fig. 22 Simulation model of single substrate transfer line

- (1) MES から搬送指示を受け取る。
- (2) CMCS は受信した搬送指示から各搬送機器への搬送指令を作成する。この搬送指令を各設備コントローラへ送信する。
- (3) 設備コントローラは搬送指令を各搬送機器への作業コマンドへ分解し、シミュレーションモデルへ送信する。
- (4) シミュレーションモデルでは、この作業コマンドに従い、モデル内の搬送機器を動作させる。
- (5) シミュレーションモデルでは、搬送完了後、作業コマンド完了報告を設備コントローラへ送信する。
- (6) 設備コントローラは CMCS へ搬送完了報告をし、CMCS は同様に MES へ搬送完了報告をする。

すべての通信メッセージは実際のコマンドと同じフォーマットのものを使用している。また、CMCS、SMCS や設備コントローラのソフトウェアおよび機器も実際と同じものを使用している。このように、CMCS、設備コントローラに接続する設備制御盤、搬送機器をシミュレーションモデルで実現することによって、実工場と同じ条件、同じ処理の流れでガラスの搬送や生産の状況を確認できる。オフラインでシステムの検証が行えることによって、ソフトウェアの信頼性の向上、システム立ち上げ時間の短縮につながる。

システム検証方法の処理の流れを第 23 図に示す。

3.2 システム検証結果

CMCS の最適化経路探索アルゴリズムおよび SMCS の搬送効率化アルゴリズムの機能、能力検証を行った結果を述べる。

3.2.1 CMCS の検証結果

3.2.1.1 アルゴリズムの機能検証結果

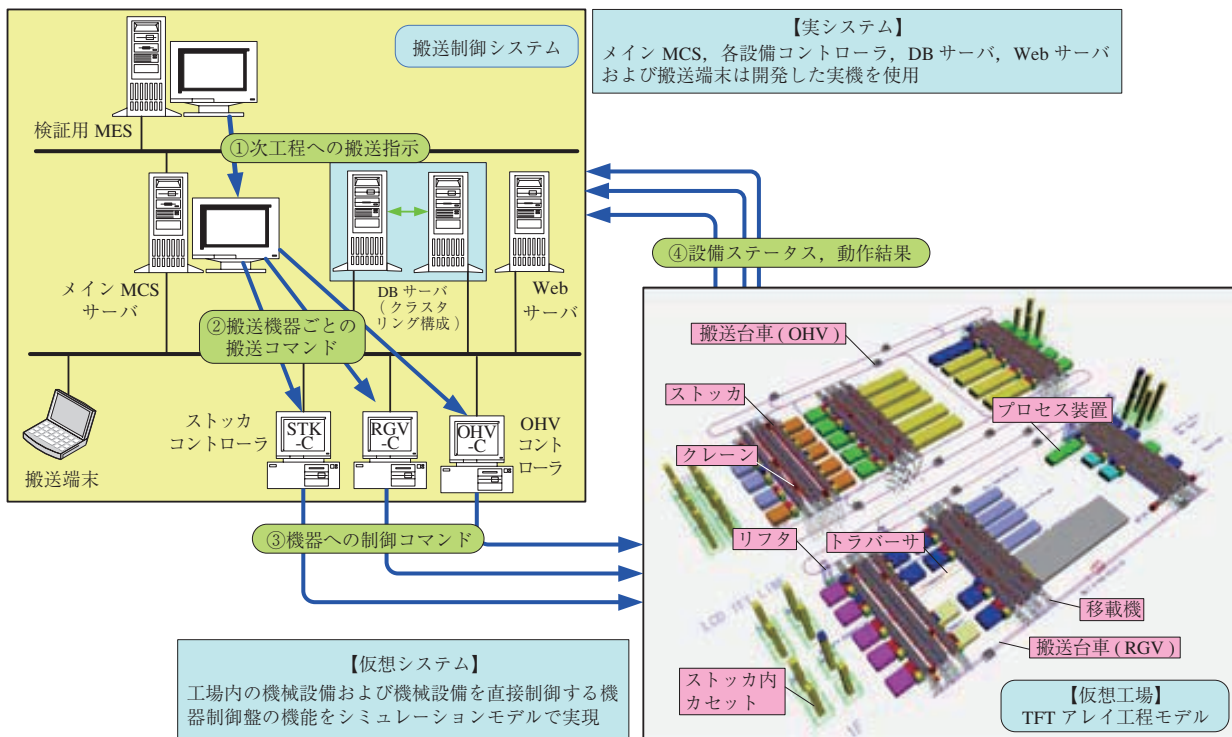
(1) 混雑回避

工場内のあるストッカから別のストッカに同時に複数のカセットの搬送指示が発生した場合に、混雑回避機能によって、同一の経路への搬送指示は集中しなかった。

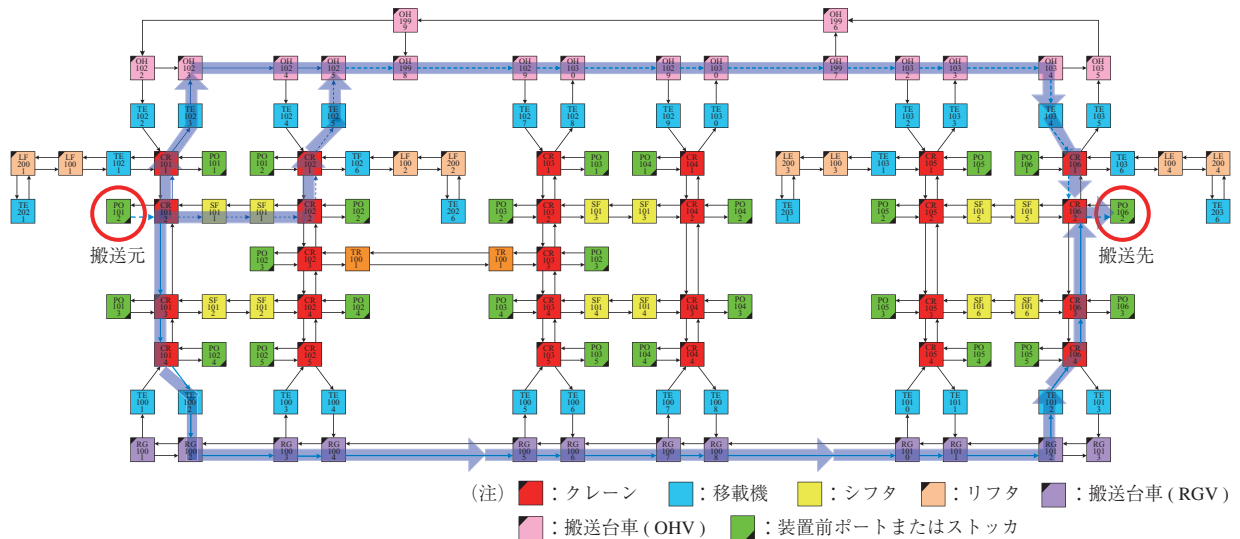
第 24 図に混雑回避例を示す。図中の搬送元から搬送先へ同時刻に四つの搬送指示が発生した場合に、二つの搬送指示は上側の経路（一部、別の経路を選択）、二つの搬送指示は下側の経路（同じ経路）が選択された。

(2) 停止機器回避

第 25 図に停止機器回避例を示す。搬送元から搬送先への搬送経路の途中にトラブルやメンテナンスなどで停止している搬送機器を複数セットし、経路探索を行った。工場内の搬送機器が停止した場合でも、停止している機器を回避した経路となっている。

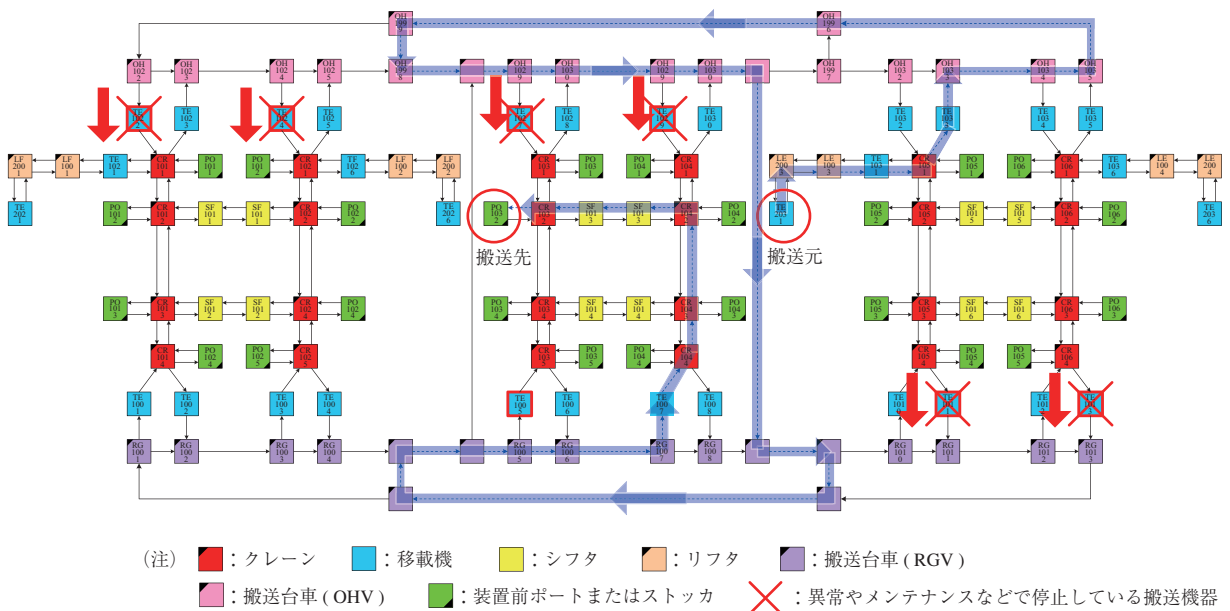


第 23 図 システム検証方法の処理の流れ
Fig. 23 Process flow of system verification method



第 24 図 混雑回避例

Fig. 24 Example of search result of optimum transfer route to avoid congestion



第 25 図 停止機器回避例

Fig. 25 Example of search result of optimum transfer route to count equipment status

3.2.1.2 アルゴリズムの能力検証結果

最適化経路探索アルゴリズムで探索した経路で搬送を実行した場合と、従来のようにあらかじめ登録された経路で搬送を実行した場合（現行搬送）での搬送時間の違いを検証した。今回のテストでは、搬送元から搬送先へ同時に四つの搬送指示が発生した場合の搬送時間を比較した。比較は以下の三つのパターンで行った。

- ① 1階エリア内での搬送
- ② 2階エリア内での搬送
- ③ 1階エリアから2階エリアへの搬送

検証結果の代表例を第2表に示す。

検証パターン②では、現行搬送の場合は四つの搬送指示はすべて同じ経路で搬送実行されたが、最適化経路探索アルゴリズムでは、搬送経路が二つの経路に分散されたため、搬送時間が約半分となった。

検証パターン③では搬送経路が短く、代替経路がないため搬送経路、搬送時間とも同じとなった。検証結果から、最適化経路探索アルゴリズムの優位性を確認した。

3.2.2 SMCSの検証結果

搬送が集中する部分の搬送を「単純に到着順に処理し

第2表 最適化経路探索アルゴリズムの能力検証結果
Table 2 Result of optimum transfer route algorithm

検証パターン	搬送時間 (h:m:s)		改善率 (%)	結果
	現行搬送	最適化搬送		
①	0:59:11	0:57:37	2.6	○
②	1:43:06	0:55:50	45.8	◎
③	0:33:39	0:33:39	0.0	△

(注) ◎：優
○：良
△：同等

第3表 最適化ディスパッチアルゴリズムの能力検証結果
Table 3 Result of optimum dispatch algorithm

検証パターン	スループット (s)		改善率 (%)	結果
	到着順	最適化搬送		
①	6 645	6 413	3.5	○
②	6 606	6 377	3.5	○
③	7 113	6 822	4.1	○

(注) ○：良

た場合」と「最適化ディスパッチアルゴリズムで処理した場合」を比較した。比較は以下の三つのパターンで行った。検証結果を第3表に示す。

- ① 通常にガラス基板が流れた場合
- ② プロセス装置が一定時間停止した場合
- ③ リフト CV が一定時間停止した場合

最適化ディスパッチアルゴリズムで処理を行うことによって、ガラス基板が工程内に搬入してから搬出されるまでの時間（スループット）が1カセット当たり約200～300s（約3.5～4%）改善された。枚葉搬送工程で

は1日に12～15カセットが処理（工場全体の生産能力を月産3万枚とした場合）されるため、1日当たりでは、約1時間の改善となり、最適化ディスパッチアルゴリズムの優位性が確認できた。

4. 結 言

液晶製造ラインの TFT アレイ工程および将来導入が期待されている枚葉搬送工程に対応可能な MCS の開発を完了した。また、オフラインでのシステム検証技術を確認した。本システムのソフトウェアアーキテクチャーはほかの分野でも適用可能であり、半導体ラインや一般物流の FA (Factory Automation) ラインなどに適用範囲の拡大を図っていく所存である。

— 謝 辞 —

本システムの開発に当たり、自動車・物流システム事業部の関係各位に多くの助言とご協力を頂きました。また、ソフトウェアの開発においては、株式会社 IHI エスキューブに多くのご協力を頂きました。ここに記し、深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 西村靖紀：Electronic Journal 別冊 2006 LCD 工場・装置・設備 株式会社電子ジャーナル 2005年9月 pp. 50 - 59