

SEMI E32-0997

材料搬送管理スタンダード (MMM)

NOTICE: This translation is a REFERENCE COPY ONLY. If differences should exist between the English version and a translation in any other language, the English version is the official and authoritative version.

免責事項： この SEMI スタンダードは、投票により作成された英語版が正式なものであり、日本語版は日本の利用者各位の便宜のために作成したものです。万が一英語と日本語とに差異がある場合には英語版記載内容が優先されます。

SEMI スタンダード日本語翻訳版をご利用にあたっての注釈を本文の末尾に記載しております(「すべきである」「しなければならない」について等)。

NOTICE: This Standard or Safety Guideline has an Inactive Status because the conditions to maintain Current Status have not been met. Inactive Standards or Safety Guidelines are available from SEMI and continue to be valid for use.

1 序文

自動材料搬送は半導体製造の自動化の発展においては重要な道標である。搬送工程の標準化は材料搬送自動化の経済性のために重要である。本スタンダードは材料搬送に関する半導体製造設備の通信について記述する。

1.1 目的 — 本スタンダードは、半導体工場での自動材料搬送、すなわち、あるプロセス工程や保管場所から他へ、材料および他のものを搬送するという課題について記述する。これは材料搬送の概念、材料搬送に関する(搬送装置も含めた)装置の挙動、および課題を遂行するために必要とされるメッセージサービスについて明らかにしている。

1.2 範囲 — 本スタンダードの範囲は、2つの視点から定義される。第1は、含まれる機能の範囲であり、第2は含まれる機能の深さである。

このスタンダードに含まれる機能の範囲は、ある材料を A という場所から B という場所へ工場のホストコンピュータの監督のもとに搬送するという活動に限定される。この搬送は2つのプロセス装置の間で直接行なわれるかもしれないし、‘搬送装置’(材料搬送のための装置)の補助を含むかもしれない。このように、材料搬送の領域は最大4つのタイプの実体を含む(図1参照)。

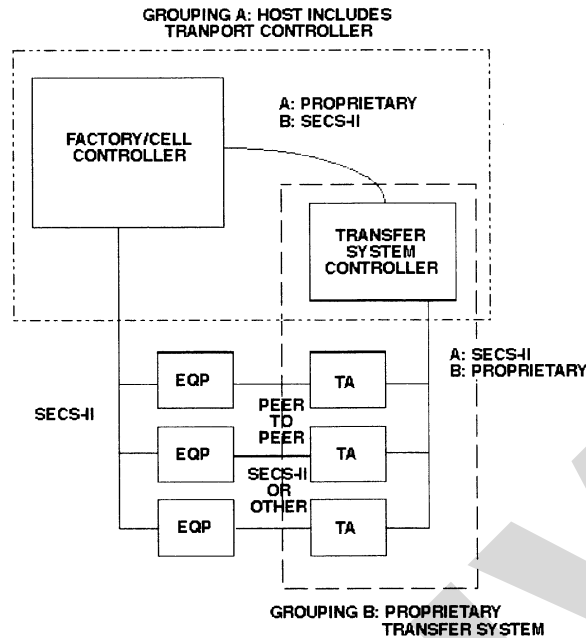


図 1
材料搬送の範囲

1. ホストコンピュータ，例えばファクトリコントローラやセルコントローラ。
2. ホストが通信する，プロセスに関連する装置のセット。
3. 場で物理的な材料搬送を遂行する搬送装置。この搬送装置は直接ホストと通信するか，または中間システムに制御される。
4. 中間システム，搬送システムコントローラは 4 番目のタイプの実体である。

この文書では，搬送システムコントローラをホストの一部として，または潜在的に複雑な搬送装置の一部として想定している（図 1 の点線の部分）。従って，“搬送システムコントローラ”という言葉はめったに現われない。“搬送装置”が実際に多数の搬送装置と搬送システムコントローラである場合については，後の 4.1.6 項で述べる。

本スタンダードの範疇でない材料搬送の形はいくつかあり，以下に示される方法に対して応用することはできない。例としては，一般的な部品がそのシステムの上におかれていて，そのタイプの部品を必要とするワークステーションによってランダムに選択されるまで循環するコンベアのような，決定的でないシステムである。

アラーム報告についてはこの文書では包含していない。材料搬送に関するアラームの状態は存在するが，アラーム報告などの機能の定義は，他のスタンダードに記述される。

このスタンダードは概念と挙動からメッセージサービスにいたる解を提供するが，メッセージプロトコルは定義してはいない。

メッセージサービスはあるメッセージが交換されるべきことと，そのメッセージに含まれるデータの定義を含んでいる。メッセージの構造上の情報，いかにデータがメッセージの中で表されているか，またメッセージがどのように交換されているかについては含んでいない。この付加的な情報はメッセージプロトコル編に含まれている。

定義されたサービスは多数のプロトコルに応用されることができる。特定のプロトコル（SECS-II など）への材料搬送サービスの対応付けの情報は付属的スタンダードとして加えられる。

1.3 参照 — 次に示す SEMI スタンダードは材料搬送スタンダードに関連する。

SEMI E5 — SEMI Equipment Communications Standard 2 — Message Content (SECS-II)

SEMI E23 — Specification for Cassette Transfer Parallel I/O Interface

SEMI E30 — Generic Model for Communications and Control of SEMI Equipment (GEM)

SEMI E39 — Object Services Standard: Concepts, Behavior, and Services

その他の参考文献：

ISO/TR 8509: 1987, Information Processing Systems, Open system Interconnection - Service Conventions

Harel, D., “Statecharts: A Visual Formalism for Complex Systems.” Science of Computer Programming 8 (1987): pp. 231–274¹

1.4 表記

1.4.1 状態モデル — システムまたはサブシステムの動作の定義はハレル表記を利用する状態モデルを基にしている。この表記についての議論は上に記したデビッド・ハレルによる論文にて得られる。

ハレル表記は一時的な実体を表す状態モデルの‘生成’と‘削除’の概念を含んでいない。この文書の中で述べられている‘搬送ジョブ’はこのような実体であり、それぞれの新しく生成される“搬送ジョブ”は同一の状態モデルのコピーを使用する。この文書の中で楕円形は、この実体の生成と削除を表示するために使われている。

状態遷移表はそれぞれの状態遷移の性格をはっきりと表示するために状態図と共に用意されている。ひとつの状態遷移は、状態遷移の番号、現在の状態、トリガー、新しい状態、動作、注釈という項目を含んでいる。状態遷移の“トリガー”は“現在”の状態のときに起きる。動作は 1) 現在の状態から出る時にとられる動作と、2) 新しい状態に入る時の動作、3) 状態遷移に密接に関係する動作の組み合わせを含んでいる。ただし、これらは区別されない。

1.4.2 オブジェクトサービス — SEMI E39 オブジェクトサービススタンダード (OSS) では、標準化されたオブジェクトはトップオブジェクトのサブタイプであること、その属性は表フォーマットで定義されていてオブジェクトタイプの値が指定されていること、オブジェクトは GetAttr および SetAttr のサービスをサポートしていることが要求されている。詳細については SEMI E39 を参照のこと。

標準化されたオブジェクトは下記の見出しの属性定義表でサポートされている：

属性名	定義	アクセス	必須	形式
属性の正式なテキスト名	含まれている情報についての記述	RO または RW	Y または N	あらゆる有効な形式（下記参照）

アクセス — RO (Read Only) あるいは RW (Read and Write)。サービスのユーザがどのように属性にアクセスできるかを示す。

必須 — 必須の列の‘Y’ あるいは ‘N’ は、基本的にサービスに準拠するためにはこの属性をサポートする必要があるかどうかを示す。

形式 — 属性のフォーマットを示す（定義については 4.5.2 項参照）。

¹ ハレルステートチャート表記の簡単な説明は、SEMI E30 (GEM) スタンダードのアプリケーションノート A5.に示される。

2 定義

下記の定義はアルファベット順に並べてある。あるものはこの章のなかのどこかで定義される用語を使用して定義される。必要に応じて参照すること。これらの用語を基本的に理解するためには、この章以外には必要ない。

能動搬送パートナー (Active Transfer Partner) – (受動搬送パートナーの反対) 搬送される材料を移動する、または搬送経路内の障害物 (例えばドア、クランプなど) を動かすことにより搬送のマイクロレベル部分に物理的に寄与する時に、その搬送パートナーは能動的であると考えられる。この用語はマイクロレベル搬送の時にのみ使われ、搬送開始以前のいかなるセットアップ動作にも使われない (例: ポートドアはセットアップ段階で、受動的なパートナーによって開けられることができる)。

単位搬送 (Atomic Transfer) – 搬送の基本単位。装置 A から装置 B へ直接 1 つの材料を搬送する所有の変化がただ一度だけ起きる搬送。

複合搬送 (Compound Transfer) – 1 つの目的を達成するために、順次的または並行的に実行される 2 つ以上の単位搬送の組み合わせ (例: キャリアの交換、または搬送装置を使ってプロセス装置間のキャリアの移動)。

動的ポート (Dynamic Port) – (静的ポートの反対) 搬送中の搬送物の物理的な移動を補助する、または干渉することのできる機構をもつポート。このような機構はドア、エレベータ、ロボットアームを含むこともある。搬送のためにこのようなダイナミックポートをもつ搬送パートナーは、必要に応じて能動にも受動にもなる。

注 1: ‘動的’, ‘静的’ という概念は装置ではなくポートに関連する。従って、装置は動的ポートも静的ポートも持ち得る。

装置 (Equipment) – 製造プロセスの役割を果たす工場内の機構。本スタンダードの中での装置はプロセス装置、搬送装置、また材料の保管のために使われる装置を含む。

ホスト (Host) – 材料搬送の環境においてホストは一般的に搬送パートナーから分離した実体であり、搬送ジョブを調整、監視する。

相互作用搬送 (Interactive Transfer) – パートナー双方が能動的で、搬送の遂行に相互作用をしなければならない搬送。

干渉 (Interfering) – 動的ポートにおいて、関連する何らかの機構が物理的に搬送を妨害できる位置にあるとき、その動的ポートは干渉状態にある。

マクロレベル (Macro Level) – ホストによる調整を含む材料搬送のレベルである。材料搬送を遂行するために使われる物理的プロセスについては扱わない。

材料 (Material) – 装置間を搬送される個々のオブジェクトを参照する“搬送オブジェクト”に代えて使うことのできる用語。これは製品、キャリア、再利用可能な備品などを含むこともある。搬送オブジェクトの定義を参照。

材料ロケーション (Material Location) – 搬送物が存在することのできる装置上の物理的な場所。複数の材料ロケーションにポートを通して直接アクセスすることができるとは限らないが、これは要求ではない。装置内にある材料ロケーションは、搬送装置によってアクセスできないものもある。

メッセージサービス (またはサービス) (Message Service/Service) – サービス (またはメッセージサービス) は“サービス提供者”から“サービス使用者”に提供される 1 組の機能を表す。応答を伴わないサービス (Unconfirmed Service) は、サービスの基本的要素、すなわち通信に対する送信者からの要求と、通信から受信者に対する指示の連鎖から成り立っている。これらのサービスの基本的要素の各々はパラメータのリストによって記述される。応答を伴うサービス (Confirmed Service) は、最初の要求に対して応答を返す。応答のための基本的要素は応答と確認と呼ばれる。サービスはメッセージの構造とプロトコルの定義は含まない。

マイクロレベル (Micro Level) — 材料搬送の詳細な機械的なステップの同期を遂行するための、搬送パートナー間の同等 (peer-to-peer) な会話によって進められる材料搬送のレベル。

オブジェクト (Object) — 一般にオブジェクトとは‘知覚されうるもの’として定義されている。ソフトウェアの世界では、オブジェクトは属性と挙動の複合である。搬送オブジェクトや、搬送ジョブのような概念などの何らか具体的なものを参照する。

(材料の) 所有 (Ownership) — 搬送オブジェクトが装置のポートの1つに搬送され、装置から運び出されるまでの間、装置はその搬送オブジェクトを‘所有する’と言われる。これは、その装置が搬送オブジェクトを物理的に制御していることを示している。

受動搬送 (Passive Transfer) — 1つの能動的なパートナーと1つの受動的なパートナーが関係する搬送。受動搬送の間、能動パートナーは全体の物理的搬送の間の搬送経路の制御を維持する。

受動搬送パートナー (Passive Transfer Partner) — (能動搬送パートナーの反対) マイクロレベルの物理的な搬送において役目を持たず、搬送経路の中で何も動かさないとき搬送パートナーは受動と考えられる。この用語は物理的マイクロレベル搬送の場合のみに関係する。搬送前のセットアップは受動搬送パートナーによって実行されることができる。(例：ポートドアはセットアップ段階で開けることができる。)

ポート (Port) — 搬送オブジェクトの装置による‘所有’の変化が起きる装置上の場所。ポートはそれ自身は材料ロケーションではなく、関連する材料ロケーションを持つべきである。ポートは、装置上の材料ロケーションへのアクセス・ポイントとして考えられる。ポートという用語の定義は、搬送の用意、促進、干渉できうる機構を含んでいる。すべての装置は最低1つのポートを持たなければならない。

注2: よく使われる指示である“入力ポート (Input Port) および“出力ポート” (Output Port) の名称は、ホストシステムに便利であるが、本スタンダードの中では不適當である。それらは搬送オブジェクトの動きよりもむしろ装置を通る材料の流れに基づいている(それは材料そのものというよりもキャリアである)。搬送物はこれら両方のタイプのポートを出入りしなければならないかもしれない。

受取ポート (Receiving Port) — 特定の搬送のために、搬送オブジェクトが置かれるポート。

送出ポート (Sending Port) — 特定の搬送のために、搬送オブジェクトが取り除かれるポート。

静的ポート (Static Port) — (動的ポートの反対) オブジェクトの搬送を補助する、または干渉する機構を持たないポート。搬送のために静的なポートを装備する搬送パートナーは常に受動である。

搬送エージェント (Transfer Agent) — 1つの装置(または保存領域)から他の装置への材料搬送を専門とする装置。

搬送経路 (Transfer Envelope) — 搬送オブジェクトと双方の搬送パートナーのすべての関係する搬送機構によって搬送が行われている間、使われる三次元の空間。これは、搬送動作が起こる領域、または搬送に伴う物理的干渉の可能性の存在する領域を定義する。

搬送ジョブ (Transfer Job) — 統合的な材料搬送の目的を達成するために、ホストによって構築される単位搬送のセット。後述の複合搬送の章を参照。

搬送オブジェクト (Transfer Object) — 装置間を運ばれるもの、例えば製品材料、空のキャリア、またはプロセスされるべき材料を含むキャリアである。(ステッパのレチクルのような) ツールや消耗品も搬送オブジェクトである。‘材料’ (material) という用語は“搬送オブジェクト”に代わり使われる。

搬送パートナー (Transfer Partners) — 与えられた単位搬送において、搬送オブジェクトを送る装置と、搬送オブジェクトを受け取る装置は搬送パートナーである。

搬送仕様 (Transfer Specification) — 単位搬送を定義するホストから与えられるデータのリスト。

搬送システムコントローラ (Transfer System Controller) — 複数の搬送装置の管理に責任のある実体。搬送システムコントローラは、複数の装置を代表して、ホストに対して1つの通信インタフェースを提供する。

3 概要

材料搬送は材料（WIP，ツール，消耗材料など）のプロセス装置や保存設備の間の搬送に関係する。これらのオブジェクトはキャリア内に（単独または複数）含まれることがある。空のキャリアもまた材料と考えられる。

材料搬送は、いくつかの異なるタイプの実体を含む。これらは**ホスト**と**装置**の2つに分類される。ホストは搬送を計画し、関係する装置に適切な指示を与え、監視する実体である。装置は材料の送出または受入のいずれかの搬送において物理的な役割を果たす。装置のクラスは3つのタイプに分類される。

プロセス装置 (Process Equipment) — 工場製品に付加価値を与える操作を実行する装置。製品に物理的な変化をさせる装置、または製品を計測・テストする装置を含む。

搬送エージェント (Transfer Agent) — 工場内の場所から場所へ搬送オブジェクトを動かすことを専門とする装置のタイプ。搬送装置はそれ自身様々なタイプがあり、様々な特性を持っている。これらは、固定式のアームロボット、ロボットアームを持った／または持たない AGV、高架式の搬送装置、トラック上の車であったり、または多様な搬送装置の集合を含む搬送システムかもしれない。人間も搬送装置とみなせる。

保存装置 (Storage Area) — （製品の場合）後のプロセスのために保留される、または（レチクルなどの場合）後で使用されるために保留される搬送オブジェクトを保持するために使われる装置のタイプである。保存装置は、簡単な棚であったり、洗練された被加工物 (WIP) の自動格納庫であったりする。

3.1 マクロレベルとマイクロレベル — 材料搬送は2つのレベルに分けられる。より抽象的なレベルが**マクロレベル**であり、ホストが搬送を制御するときにホストにより使用されるすべてのメッセージトランザクションからなる。マクロレベルにおいては、どの材料が、どこから、どこへ、いつ移動されるかを決定することに関してホストが責任をもつ。ホストは搬送ジョブに関係するそれぞれの部分（装置）に搬送ジョブのその部分に対して必要な情報を提供しなければならない。

ひとつの搬送ジョブは複数の材料受け渡し（Handoff）操作または単位搬送によって構成されることができる。それぞれの単位搬送は、搬送パートナーと呼ばれる2つの装置のみに関係する。この受け渡し操作を実行するために、搬送パートナーはあるレベルの同期をしなければならない。搬送パートナー同士の通信は材料搬送の**マイクロレベル**と呼ばれる。

これらの通信は2つのパートナーの間で‘同等 (peer-to-peer)’の形で起こる。マイクロレベルの通信は、装置対装置の結合²で直接的に行ってもよいし、ホスト経由で間接的にメッセージの通知によって行ってもよい。

マクロとマイクロは一緒に働くように設計されており、従ってホストは搬送を開始することができ、搬送パートナーは会話的にジョブを実行することが許される。しかしながら、これらの2つのレベルは別々に使われてもよい。例えば、マクロレベルは SEMI E23（カセット搬送パラレル I/O インタフェース仕様）スタンダードの機能と組み合わせることができる。また、ある条件下ではホストの搬送制御がないことがある。かわりに一方の搬送パートナーが制御を行うかもしれない。この場合、マイクロレベルは搬送を遂行するために使われることができる。制御を行うパートナーは、通常のホストの領域の制御機能を実行する。

このスタンダードでは、マクロおよびマイクロレベルは別々に定義し、それぞれの概念、挙動、サービスを定義する。

3.2 ポートとロケーション — ポートは装置に対する入口の場所と考えられる。ロケーションは、搬送オブジェクトの保管場所である。どのような場合でも、ポートは最低1つのロケーションに関係付けられなければならない。しかしながら、あるロケーションは内部的であり、ポートに関係付けられないかもしれない。

² この文脈において、結合とは物理的な結合というよりも、直接的な論理上のリンクを意味すると意図される。

一般的な製造装置では、ポートとロケーションの間には永続的な 1 対 1 の対応関係がある。しかしながら、すべての半導体装置がこのパターンであるとは限らない。例えば、ロボットアームと複数の機上保存場所を持つ搬送装置におけるポートは、実際にはロボットアーム上のグリップである。また、ポートは複数のロケーションをもつ回転カルーセルかもしれない。この例におけるポートは、カルーセルのアクセスドアである。このタイプのポートに対して関係付けられているロケーションは搬送時にドアの前にあるものであり、カルーセルの回転に伴い変わる。図2はポートとロケーションの違いの理解を助けるものである。

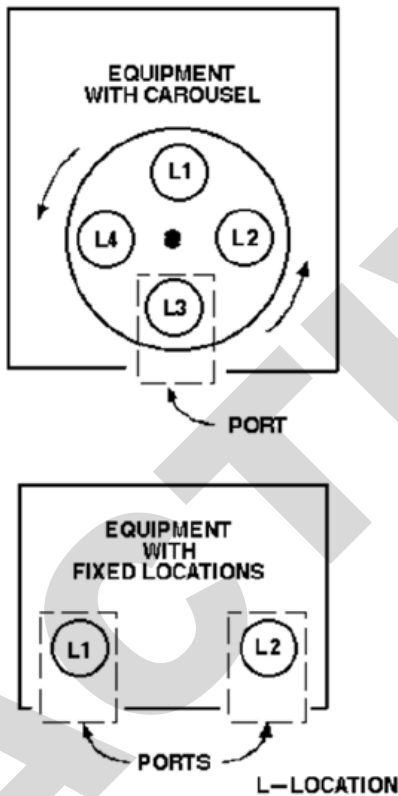


図2
ポートとロケーション

そこに材料がある (Full) または材料がない (Empty) という属性はポートではなくロケーションに対するものであることに注意しなければならない。搬送オブジェクトを受け取ったばかりのポートでも、直ちに他のものを受け取ることができる場合がある。同様に、搬送オブジェクトを送り出したポートが送出する材料を持つこともありうる。

3.3 準拠性 — このスタンダードに対する準拠性は、この資料のすべての述べられた要求に対して満足することである。これは定義されたすべてのメッセージサービス、状態モデル、通信シナリオを含む。

このスタンダードは2つの部分に分けられることができる：

- 材料搬送マクロレベル
- 材料搬送マイクロレベル

装置は一方の部分を除いて、これらの部分の1つにより準拠することができる。それぞれの部分に対する準拠性の詳細は、この資料の本体で定義される。

4 マクロレベル

搬送を促進するホストと装置の間の会話のセットは、マクロレベルと呼ばれる。これらの会話は搬送仕様の定義に集中し、物理的搬送の詳細はマイクロレベルの会話の役割である。

このスタンダードでは、4章で定義されているサービス以外にも SEMI E39 Object Services Standard で定義されている GetAttr サービスをサポートしている。4章で規定されている GetAttribute サービスの定義は1998年には削除されサポートされなくなる。

4.1 マクロレベルの概念 — マクロレベルは広範囲に利用可能なホスト制御の材料搬送性能を作り出すことを意図して設計された。製造フロアにおいて必要とされる材料搬送の制御を遂行するために使われるホストから装置への会話のシーケンスがその結果である。

すべての搬送に共通な材料移動の要素が枠組みを作り上げている。実装毎に異なるその他の要素は、可能な限り通信のデータ部分に押し込められている。認識された共通点は次の通りである：

- ホストは搬送のために適合した搬送パートナーを指名することに責任がある。
- ホストは、それぞれのパートナーに搬送のために必要な情報を与えなければならない。
- 一旦搬送が定義されると、責任は指名された 1 次搬送パートナー³に移動する。ホストは搬送をモニターすることができるが、詳細は搬送パートナーが担当する。
- 搬送パートナーは、処理の進捗、および処理の完了をホストに通知する。

より実装で特有な要素として：

- どちらのパートナーが材料の送出側であり、どちらが受取側であるか。これは 1 次搬送パートナーの選択のような、他の詳細に対する本質的な関係を持たない。
- 搬送において、搬送パートナーが受動的であるか、能動的であるか。これもまたデータの問題となる。
- 相互作用搬送の方法（機構）。これは搬送パートナーの性能およびシステム設計に依存して変わりうる。異なるパートナーとの相互作用は異なる方法が必要になるかもしれない。この情報を含む搬送レシピが、搬送仕様の一部としてホストにより指定されることができる。

ホストは搬送の実行のためにパートナーの指名をするが、このためにはホストは搬送パートナーの性能の知識を持たなければならない。ホストはどのパートナーが適合するかを理解しなければならない。適合する場合、ホストはその搬送のそれぞれのパートナーの正しい役割と、使われるべき方法を知らなければならない。もし相互作用搬送が保証されていれば、ホストはどのパートナーが 1 次であるかを決定できなければならない。ホストによるこのような決定の機構の定義は本スタンダードの範囲外である。

4.1.1 マクロレベルの定義

4.1.1.1 アボート (Abort) — 実行中のジョブの即時終了であり、移動に関係するすべての搬送ジョブの完全な停止を含む。アボートはホストにより（オプションとしてオペレータにより）起動される。ホストによるアボートは搬送ジョブに対するものであり、個別の単位搬送に対するものではない。アボートが告げられたとき、搬送ジョブは順次にその単位搬送をアボートする。アボート・コマンドは材料またはハードウェアに損害の危険があるときのみ使われることを意図している。

4.1.1.2 アロケート (Allocate) — 特定の目的のための実体の資源の正式予約。この資料では、特定の搬送ジョブまたは単位搬送の装置資源の予約を意味する。搬送ジョブのために必要な材料ロケーションの予約は、そのジョブが実行状態になる直前に起きる。必要とされるポート関連の資源の予約は単位搬送の直前に起きる。

³ 4.4.1 項の 1 次搬送パートナーの定義を参照のこと。

4.1.1.3 **コミット (Commit)** – 装置によるコミットは、実際の材料受け渡しを開始する準備が整ったことを示す。コミットはセットアップ動作に続き、材料受け渡し (Handoff) 状態への遷移と一致する。例えば、AGV は搬送の位置に移動するまではコミットが許されない。装置がコミットできる点は装置固有である。ジョブの中のそれぞれの単位搬送に対して、個別のコミットがある。

4.1.1.4 **デアロケート (Deallocate)** – 予約された資源の解放。本スタンダードでは、搬送ジョブまたは単位搬送のために予約された装置資源の解放を意味する。

4.1.1.5 **ポート資源 (Port Resources)** – 装置により制御されるポートに供する機構。ポート資源の例はカセット・インデксаであり、材料ロケーションの高さを変えるものである。ポート資源は、そのポートをアロケートした単位搬送にのみ使用可能である。

4.1.1.6 **次搬送パートナー (Primary Transfer Partner)** – マイクロレベル搬送を制御するパートナーであり、(オプション的に) 搬送を開始するホスト・コマンドを受け取る。1 次搬送パートナーは常に、この搬送に対して能動パートナーでなければならない。相互作用搬送のためには、搬送パートナーの性質がどちらが 1 次パートナーとなるべきかを決定する。そうでなければ、ホストが選択する。

4.1.1.7 **リストア (Restore)** – 搬送ジョブに関連する操作であり、そのジョブで使用された資源を好ましいアイドル状態 (ポートアクセスドアの遮断など) に戻す。搬送ジョブがひとつの装置の複数のポートに関係する場合、それぞれのポートがその搬送ジョブでの必要がなくなれば、ポート毎にリストア動作が行われる。

4.1.1.8 **次搬送パートナー (Secondary Transfer Partner)** – 1 次搬送パートナーの逆。このパートナーは搬送中に受動的であるか、1 次搬送パートナーによって制御される。能動の場合、このパートナーは動作前に 1 次パートナーからの通信を待たなければならない (マイクロレベル参照)。

4.1.1.9 **セットアップ (Setup)** – 単位搬送に関連する処理であり、必要とされる搬送前の状態 (ポートアクセスドアの開放など) を準備する。

4.1.1.10 **ストップ (Stop)** – ホストが使えるコマンドであり、搬送ジョブの順次終了をする。ストップ・コマンドを受け取ると、装置は現在実行中のすべての単位搬送を完了し、リストア処理を実行した後に終了しなければならない。

4.1.2 **単位搬送 (Atomic Transfer)** – ひとつの単位搬送は、ひとつの装置から他へのひとつの搬送オブジェクトの受け渡し (Handoff) である。これは材料搬送の基本的要素である。単位搬送は最少数の物理的な移動機能を含む。すなわち 1 つの送出と 1 つの受取である。このように、単位搬送においては、ただ 1 つの所有の変化だけが起きる。すべての実際の搬送は、単位搬送の連続として構築できる。複雑で結合的な搬送を作るために組み合わせられた単位搬送のセットは、複合搬送と呼ばれる。

4.1.3 **複合搬送 (Compound Transfer)** – 工場のフロアにおいては、多くの材料搬送の状況は複数の単位搬送を必要とする。例えば、ホストは装置 X から装置 Y へ搬送装置 T によって材料キャリアを搬送することを決定するかもしれない。この搬送を遂行するためには 2 つの単位搬送が必要であり、最初に T が X からキャリアを取込み、次にそれを Y に届ける。複合搬送はいくつかの装置に関連して、順次的な単位搬送と同様に並行的なものも含むことがある。

4.1.4 **並行搬送 (Parallel Transfers)** – 1 つの装置上のそれぞれのポートは別々の実体である。装置と搬送装置の制限内において、1 つの装置の別々のポートに関係する並行搬送をすることが可能である。これらの並行搬送は同一の搬送パートナーのものであるかもしれないし、複数のパートナーとのものかもしれない。1 つの装置上で複数の単位搬送を同時並行実行する搬送ジョブに対する固有の制限はない。装置のポートが静的 (常に受動的) であれば、装置は常に並行搬送を許容すべきである。ポートが動的であれば、これを制限する可能性のある資源の共有があるかもしれない (例えば、同一ロボットアームの使用)。装置は並行搬送を許容することは要求されない。

4.1.5 **搬送レシピ (Transfer Recipe)** – 搬送レシピは搬送仕様の要素である。搬送レシピの範囲は 1 つの単位搬送である。搬送レシピは以下の搬送の様子を定義する情報を含むことができる。

- セットアップ／リストア操作
- 受け渡し (Handoff) 操作の手順 (マイクロレベル参照)
- 2次搬送パートナーに対して、1次搬送パートナーによって発行されるマイクロレベル・コマンド。
- 搬送に関するパラメータ

このように、ホストはマイクロレベル搬送を準備し、実行することを可能にする詳細の通信のために搬送レシピを使うことができる。

搬送レシピの使用は要求ではない。しかしながら、これらのレシピは、様々な装置のタイプとの間で適切に相互作用するために、装置の動的プログラミング機能を提供する。例えば、搬送レシピにこれらのコマンドを埋め込むことにより、1つの搬送パートナーに他の搬送パートナーが理解する特殊なコマンドを教えることが可能である。搬送中に1次パートナーは適切な時間に標準的マイクロレベルメッセージを使って (第5章参照) これらのコマンドを発行することができる。

搬送レシピは適用可能な SEMI スタンドに準拠して、また装置上の他のタイプのレシピ (プロセス・レシピなど) と同じ方法で作成され、管理されるべきである。

4.1.6 搬送装置としての搬送システムコントローラ 搬送装置は、搬送ジョブを実行するために与えられる搬送コマンドを実行する実体である。

いくつかの材料搬送デバイスを含む搬送システムは、同様の方法で記述されることができる。しかしながら、そこには重要な違いがある。

ホストから見える搬送システムにはいく通りもある：

- 複数のポートをもつ単独の搬送装置
- 単独のポートと複数の内部ロケーションをもつ単独の装置
- それぞれにポートをもつ複数の論理的搬送装置
- 搬送システムが制御する複数の実際の搬送装置のセット

搬送システムは、搬送を完了するために使う様々な内部的操作 (受け渡し、移動パスなど) をホストに対して隠してしまうかもしれない。実際の物理的ロケーションを隠し、ホストに対して論理的ロケーションを示すかもしれない。

4.1.7 搬送ジョブ (Transfer Job) ホストの材料搬送の目的は、搬送ジョブの中に定義される。この搬送ジョブは単独の単位搬送または複合搬送かもしれない。複合搬送は、より複雑な目的を遂行するために複数の単位搬送からなっている。一般的な複合搬送は、それぞれの要求される単位搬送のための個別の搬送ジョブを作ることにより遂行されることもできる。搬送ジョブの中に単位搬送をまとめるかどうかは、応用方法によって決定される。

複合ジョブを使う主な利点は、ホストに対する通信のオーバーヘッドの減少と、搬送プロセスの簡素化である。通信オーバーヘッドは、ホストが装置に対して単独のメッセージによっていくつかの単位搬送操作を定義できるという事実によって減少される。装置は単位搬送の間でホスト・コマンドを待つ必要がない。

この処理は、搬送ジョブの間の無駄な物理的な動作を取り除く長所により簡素化される。ポートのためのセットアップとリストアの総合時間は、続きの単位搬送のためのセットアップが同じならば減少することができる。

簡素化のひとつの例は、装置との間でのキャリアの交換であり、搬送装置が空のキャリアを運び、出力ポート上の材料の満ちたキャリアと交換する場合である。ポートがドアをもつ場合、そのドアは搬送準備において開けられリストア段階で閉じられるが、ドアは両方の単位搬送の間は開放されたままであることが望ましいかもしれない。最初の単位搬送の取出しの完了においてドアが閉められるのではなく、

新しい搬送が始まりドアは開放されたままになる。この2つの単位搬送は、このように時間を無駄にせずにひとつのスムーズな交換として実行される。

搬送ジョブの装置からの見方 – 搬送ジョブは複数の装置とポートに関係することができる。それぞれの関係する装置は、全体の搬送ジョブのその装置に関係する部分のみを指定する Transfer Job Create 要求を与えられる。ホストのみが複合搬送の全体像を保証されている。X から Y へ搬送装置 T により搬送オブジェクトを動かすために、搬送ジョブが作られるという例では、

- X は材料を T に送ることを知る
- Y は材料を T から受け取ることを知る
- T は X から材料を受け取り、Y に置くことを知る

単位搬送シーケンス・ガイドライン – 装置に与えられた搬送ジョブが複数の単位搬送を含むとき、これらの搬送を実行するためのガイドラインは、

- 指定されたポートに対する単位搬送は与えられた順番に実行される
- 搬送ジョブが装置上の複数のポートを参照するとき、これらのポートは他のポートに対して並列的に単位搬送シーケンスを実行する

つの装置の観点からの複雑な搬送ジョブの流れの図解のために図 3 を参照する。3 つの並列の経路は搬送ジョブの可能な順序を表わしている。

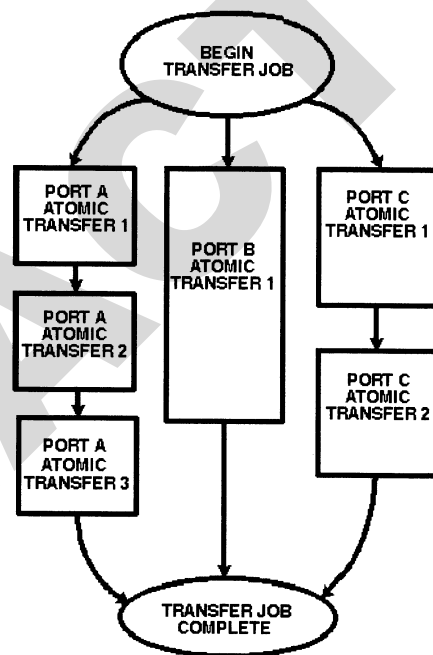


図 3
搬送ジョブシーケンス

上のシーケンス・ガイドラインに対する例外がいくつかある。ひとつのケースは、ある装置の複数のポートから他の装置の対応するポートに同時に搬送するように設計された機構である。これは、独立したポートにおける同期した並行的単位搬送として解釈する。もうひとつのケースは、同一のポートに関連

する2つの同時に起こりうる単位搬送である。すなわち、搬送オブジェクトがポートから搬出されるのと同時に⁴、他が搬入される。いずれのケースでも装置は、以下の責任がある：

1. このような搬送が複合できることの認識
2. 搬送の実行の同期

複数の搬送ジョブ – 図 3 複数の搬送ジョブが装置上に同時に存在してもよい。これは要求ではないが、装置は、

1. 後の実行のために搬送ジョブを待ち行列 (QUEUE) 化
2. それらを他の搬送ジョブと並列実行することを許容してもよい。

待ち行列化した搬送ジョブと並列搬送ジョブは個別の概念であり、どちらかいずれかの機能を提供してもよい。

資源のアロケーション／デアロケーション – 搬送ジョブは開始前に必要な材料ロケーションを予約（アロケート）する。材料ロケーションは、ジョブが予約解除（デアロケート）するまで予約状態にある。多くの場合、ロケーションは物理的に単独のポートに関連付けられていて、ロケーションの予約はポートの予約を意味している。しかしこれは要求ではない。

搬送ジョブのための材料ロケーションが使用不可、または適当な状態にない場合、このジョブは拒否されるか（待ち行列が用意されていて、それが満ちていなければ）待ち行列化される。搬送ジョブの開始のためには、装置内搬送ジョブで参照されるそれぞれのロケーションは、このロケーションを使う最初の単位搬送のための適切な材料を含まなければならない。

もし並行搬送が可能であり、必要なロケーションが使用可能であれば、第2の（または第3の）搬送オブジェクトについて開始してもよい。

複数のロケーションに対して、ひとつのポートから直接アクセスができる場合がある。3.2 項で述べられる特殊なポートにおいてこのようなことがあり、このような場合ポートは内部ロケーションに対して“通過点”として機能する。それぞれの単位搬送に対して、必要とされるポートとそのリソースは、開始の直前に予約（アロケート）され、単位搬送の終了において予約解除（デアロケート）される。

4.2 マクロレベルの挙動

4.2.1 マクロレベルの通信 – この項は材料搬送のマクロレベルを遂行するために必要とされるそれぞれの搬送パートナーとホストの間の通信の高いレベルの定義をする。これはメッセージを定義しようとするのではなく、概念を述べるものである。メッセージの詳細は 4.4 項のマクロレベルサービスの中で説明される。4.2.2 項はいかにして搬送ジョブ挙動モデルの中にメッセージが統合されるかを示す。

最初に制御メッセージの流れが図 4 に示される。続いて追加的情報のメッセージが述べられる（図 5 参照）。矢印は重要な情報の交換を表している。重要な情報を含まない応答は省略されている。

パートナーとホストの間のメッセージの順番は維持されなければならない。マクロレベルにおけるパートナー間の重要な同期点は、単位搬送開始前に両方のパートナーがセットアップ動作を完了していないことである。

4.2.1.1 マクロレベルのジョブ制御 – 図 4 はホストから見て、正常搬送において期待されるジョブ制御に関係するメッセージの流れを図示するものである。これらのメッセージは材料移動プロセスを制御するために使われる。この図はただ2つのパートナーとそれぞれ1つのポートに関する簡単な搬送ジョブを仮定している。またそれぞれの単位搬送のためにパートナーが同じ役割（1次または2次）をとることを仮

⁴ この場合の‘同時に’は、両方の単位搬送が進行中であるということを意味する。それは、両方の搬送オブジェクトとも同時に動かなくてはならないという事を意味しない。

定している。もしこれらの仮定がされなくても、メッセージの方法は変わらないが、図はきわめて描き難いものになる。

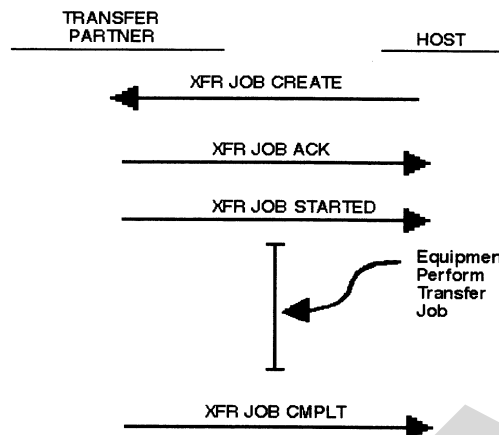


図 4
マクロ制御メッセージ・フロー

搬送ジョブ生成 (Transfer Job Create) – ホストは指定の搬送ジョブに参加する装置に搬送ジョブ生成を要求する。これは単独の単位搬送または複合ジョブにより構成される。この要求は即時に実行されるかもしれないし、または資源が使用中であれば、後の実行⁵のために保持されてもよい。この要求はそれぞれの単位搬送のための搬送仕様を提供しなければならない。このためホストは次のような情報を供給する。

- どのポートが使われるか
- そのポートが材料の送出手か受取か
- 搬送されるべき材料の ID
- 装置の役割 (搬送パートナーの 1 次 2 次)
- 搬送で使われる機構またはレシピ
- もう一方の搬送パートナーの ID
- 単位搬送のための ID

Transfer Job Create を受け取り応答する前に、装置は搬送仕様が正しいことを確認しなければならない。すなわち指定されたパラメータ (ポート、搬送レシピ、装置の役割など) が正しい値をもつことである。ジョブを待ち行列化する機能がある場合、搬送オブジェクトのあるなし、リソースの使用可能性などの動的情報を確認し、受け付けまたは拒否の決定をすることもできる。

搬送ジョブ生成応答 (Transfer Job Create Acknowledge) – 装置はそのジョブ要求が受け入れられたか、拒否されたことをホストに応答し、もし拒否ならばその理由を示す。

搬送ジョブ完了 (Transfer Job Complete) – 搬送パートナーがリストア操作を完了すると、搬送ジョブが完了したことを示す。このメッセージはまた、搬送ジョブが異常に終了したときにも使われなければならない。これはジョブの終了を宣言する。関連する機構の動作はこのメッセージが送られる前に静まっていなければならない。このメッセージはその搬送の成功または失敗の情報を提供しなければならない。

⁵ もし、装置が行列化を支持しない、あるいは、行列が一杯の場合、要求は拒絶されるかもしれない。

搬送ジョブ開始 (Transfer Job Started) – このメッセージはその搬送ジョブの開始を示す。これは最初の単位搬送のためのセットアップ動作が始まることを意味する。

属性の要求 (Get Attribute) – ホストは特定のジョブに関係する情報を要求してもよい。これは搬送仕様の一部、および現在のステータス情報を含んでもよい。

4.2.1.2 マクロレベル情報メッセージ ホストにとって重要な材料搬送に関するイベントが数多くある。これらは収集イベントとして指定され、ホストに対する報告のために用意されなければならない。この章ではこれらの収集イベントを記述し、これらが搬送ジョブの範疇にどのように組込まれるかを示す。各イベントの説明として図5を参照する。

収集イベントメッセージはホストに対して有益な情報を提供するが、材料搬送を実行するためには厳格に要求されない。それゆえ、実装されるメッセージプロトコルが特定の実装で必要とされないイベントをホストが禁止する方法を提供することを期待される。

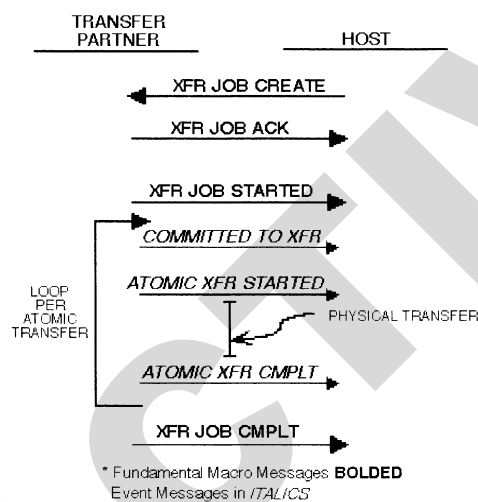


図5
イベントを伴うマクロレベルメッセージ

搬送コミット (Committed to Transfer) – 装置は特定の単位搬送のための準備が整ったときにホストに通知する。これはセットアップ動作の完了を意味している。これは2つの搬送パートナーが物理的な受け渡しに同意したことは示さない。このイベントはマイクロレベルにおける搬送レディメッセージ (5章参照) と一致する。

単位搬送開始 (Atomic Transfer Started) – 単位搬送が開始⁶したときに、搬送パートナーはイベントによりホストに通知する。これは物理的な搬送の開始ではなくて、論理的な表現であってもよい。これは搬送パートナーの必要な調整が、単位搬送がスタートできることが確認されて完了したことを示す。2次パートナーは1次パートナーよりも後で搬送スタートを検出するかもしれない。

注3: 物理的搬送は単位搬送完了イベントに続いて開始し、単位搬送完了イベントメッセージ以前に終了する。

単位搬送完了 (Atomic Transfer Complete) – このイベントは単位搬送が完了したことを示す。これはこのポートのための次の単位搬送がセットアップ段階を開始するか、次のものがなければリストア動作が始まることを示している。

⁶ 1次搬送パートナーは、2次搬送パートナーにつながるマクロレベルの同期に基づいて、スタートの用意を決定する。

4.2.2 搬送ジョブ状態モデル – メッセージ流れ図は簡単な状況を表すために便利である。材料移動は非常に単純なものから、きわめて複雑なものまで広範囲である。

この章で説明されている搬送ジョブ状態モデルは本スタンダードの範囲内のすべての状況に適用するために上のメッセージ流れ図を補うために必要な情報を提供する。これは、存在する様々なハードウェア（エレベータやドアなど）の状態を包括しない。ポートハードウェアと関連する機構については A1.項を参照する。

この規定で使われる状態モデルの記述はハレルによって定義されたものであり 1.3 項に引用される参照の中に述べられている。

搬送ジョブは一時的な実体である。それはホストによって作り出され（搬送ジョブ生成）実行し、そして装置によって解消される。

図6は搬送ジョブのための基本的状態図を示している。上端と下端の楕円はジョブが生成され削除されることを表している。その楕円の間の部分が標準的ハレル表記である。このモデルは装置の観点からであり、装置上のただひとつのポートが搬送に使われることを仮定している。ポーズ、リジューム、アボート、ストップの動作がないことを仮定している（これらは後に説明される）。状態定義と状態遷移の表は以下に続く。

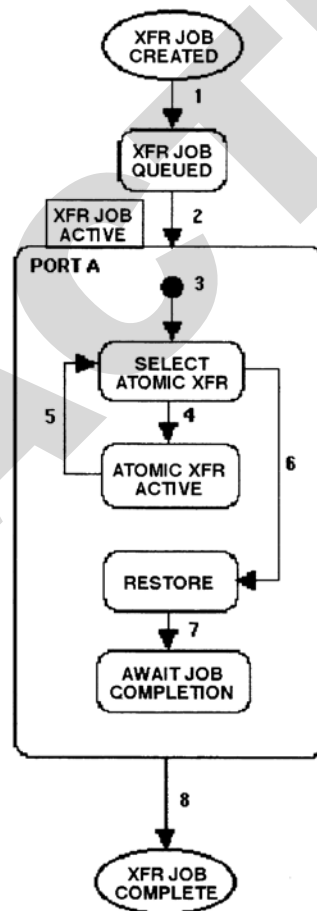


図6
単独ポートの搬送ジョブ状態

搬送ジョブ待ち行列登録 (TRANSFER JOB QUEUED)

この状態では、搬送ジョブが搬送ジョブ生成／応答 (TransferJobCreate/Acknowledge) メッセージによって受け付けられて実行を待っている。搬送ジョブは装置によって受け取られた順番に順次開始される。実行は以前に待ち行列に登録されたすべての搬送ジョブが開始され、この搬送ジョブに必要な材料ロケーションがアロケートできるまで開始されない。

すべての搬送ジョブはこの状態を通過する。装置が搬送ジョブの待ち行列化を許容するならば、これらは延長された期間この状態に留まる。搬送ジョブはその搬送に必要な材料ロケーションが使用可能になるまでこの状態に留まる。

搬送ジョブ動作中 (TRANSFER JOB ACTIVE)

搬送ジョブ動作中状態には搬送ジョブで定義されるすべての単位搬送が実行される。

ポート A (PORT A)

搬送ジョブ動作中のこのサブ状態は、装置上の1つのポートに関するジョブの動作を集約する。この状態では、このポートに伴う単位搬送は順番に実行される（ただし 4.1.7 項に示される単位搬送シーケンス・ガイドラインの場合を除く）。ポート A サブ状態は、単位搬送選択 (SELECT ATOMIC TRANSFER)、単位搬送動作中 (ATOMIC TRANSFER ACTIVE)、リストア (RESTORE)、ジョブ完了待ち (AWAIT JOB COMPLETION) を含む。

単位搬送選択 (SELECT ATOMIC TRANSFER)

この状態では、このポートのための次の単位搬送が選択される。単位搬送のための必要条件が確認される（例えば、ポート A、ロケーションに材料 XYZ があるか）。単位搬送はポートごとに順番に実行される（4.1.7 項に示される単位搬送シーケンス・ガイドラインの場合を除く）。

この状態以前に選択された単位搬送のためのポート資源がアロケートされる。

もし、選択のための準備ができた単位搬送がなければ（例えば、ポート資源が使用できない）搬送ジョブはこの状態に留り、単位搬送が選択されることが許される条件の変化を待たなければならない。

単位搬送動作中 (ATOMIC TRANSFER ACTIVE)

この状態では、このポートのための次の単位搬送が実行される。このプロセスの詳細については単位搬送状態モデルを参照する。

リストア (RESTORE)

リストア・サブ状態においては、装置はポートを望ましいアイドル状態に戻すために必要な搬送後の操作を実行する。これらは物理的動作を伴う傾向がある。物理的動作はリストアのために必要とはされないが、ポート状態を決定する何等かの機構を持つことが推奨される。

セットアップ⁷とリストア操作は“目標指向”であると考えられ、すなわち指定された状態を満たすことを目指す（ドア・オープンのような状態）。これらは“ドア開放開始”のような固定的動作シーケンスに依存してはならない。このように、以前の単位搬送から搬送後の状態にあるポートは、まだ次のために適正に用意できる状態にある。

待ち行列化が許容されるとき、装置は次の搬送ジョブをよりよく調節するために、リストア段階を変更できるように前向き監視の機能を提供してもよい。このような機能は要求ではない。

⁷ セットアップは、4.2.3 項でより詳しく述べられる。