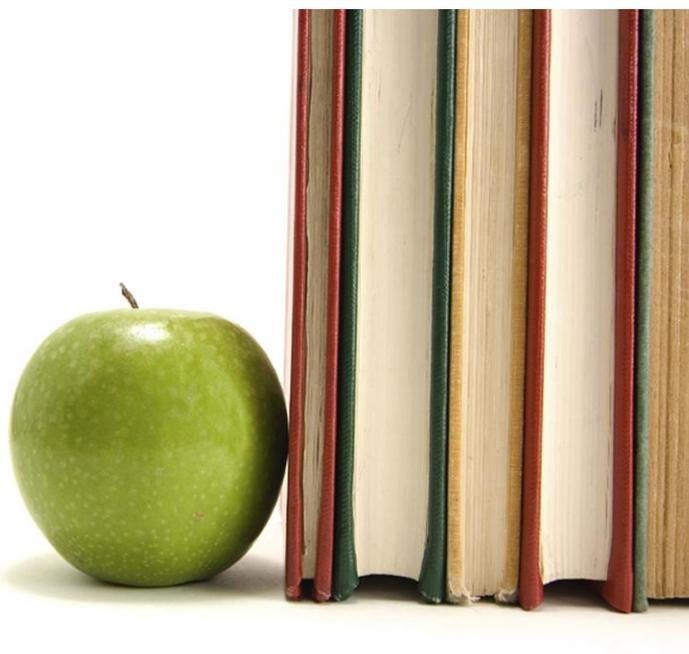


組込み分野のための UML モデル解説書



製品編 P003

インライン装置

UMTP 組込み
モデリング部会

2016.5.15 更新

本書は、UML モデルカタログに含まれる「インライン装置」のモデルの詳細を記述したものです。モデリングの初心者には教科書や参考書として、モデリングのベテランの方々にはモデルのヒントとして、ぜひともお手元に置いて活用してください。

UMTP は特定非営利活動法人 UML モデリング推進協議会の登録商標です。その他、本書に記載されている会社名、商品名などは、一般に各社の商標または登録商標です。

目次

はじめに.....	4
要求仕様.....	6
モデル一覧.....	19
ドメイン構造に着目したモデル.....	20
分析モデル.....	21
PIM 設計モデル.....	37
ハードウェアボタンへの対応.....	38
タスク間通信の仕組み	42
状態ごとの機能拡張性付加.....	51
参考文献.....	55
付録：インライン装置とは.....	56
付録：用語集.....	57

はじめに

このモデル解説書は、「インライン装置」¹と呼ばれるタイプの組込み装置のモデルを解説したものです。「インライン装置」は、工場の生産ラインなどで使用される上流から下流に向かって、製造物や検査品を搬送/処理する装置のことです。どのような機構で搬送するか、どのような加工/検査をするかに関係なく、再利用可能なモデルとして提供しています。また、自動運転や並行処理の待ち合わせといった装置開発でよくみられる課題を扱っています。

このモデル解説書では「インライン装置」と呼ばれる装置を、

1. 前の装置から引き渡された「何か（試料）」を、
2. なんらか処理して、
3. 後ろの装置に引き渡す。

のステップでとらえ、汎用的な要求仕様として、提示しています。



図1 インライン装置とは

ここで要求仕様の“汎用的”のポイントは、

1. 具体的な処理ユニットのことには踏み込まない
2. 具体的な搬送処理ユニットには踏み込まない

の2点です。

パッケージ図で表すと、下図のようになります。

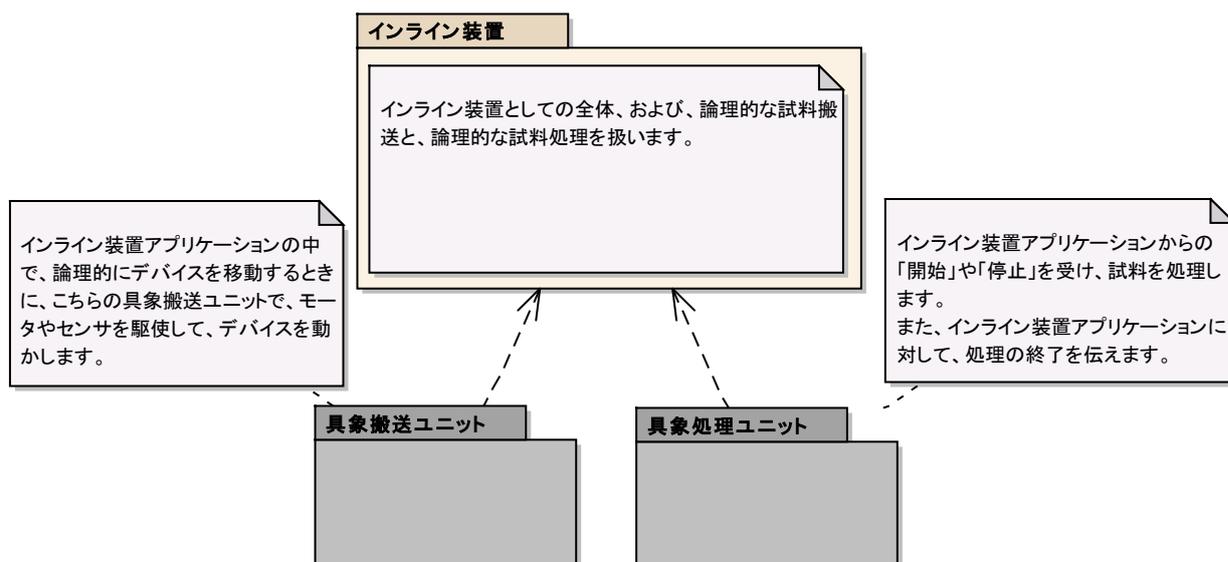


図2 インライン装置の要求仕様の範囲

¹ 「インライン装置」のラインでの位置づけについて、本モデル解説書の「付録：インライン装置とは」をご確認ください。

もし、このインライン装置パッケージの部分が、あなたの開発対象の装置と同じ考え方であるならば、このモデル解説書の分析モデルと PIM 設計モデルを、有効に再利用できるでしょう。

あなたが、現在、搬送ユニットや処理ユニットの制御プログラムを持っているならば、前ページ図「具象搬送ユニット」パッケージや「具象処理ユニット」パッケージに当てはめて、「インライン装置」パッケージのインタフェースに合わせれば、「インライン装置」パッケージと結合して動かすことができます。

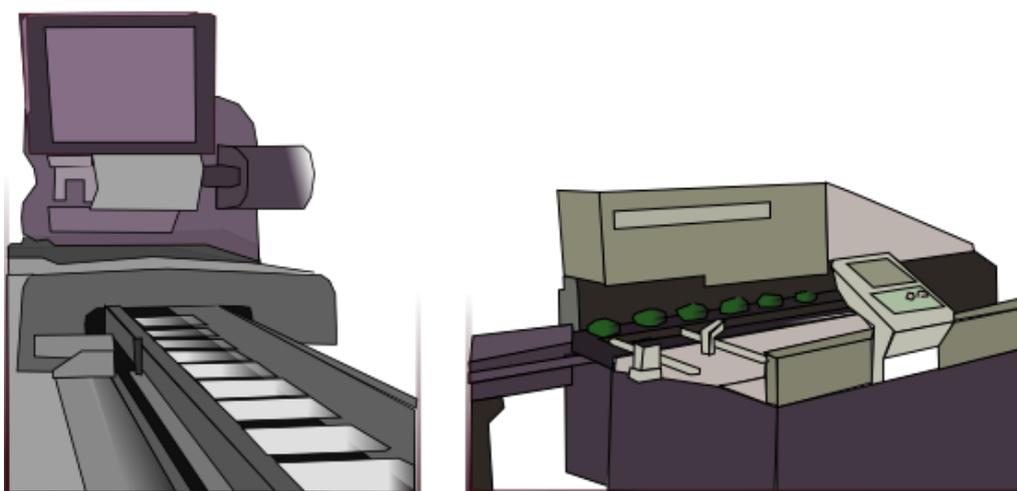


図3 インライン装置のイメージ

要求仕様

論理ハードウェア仕様²

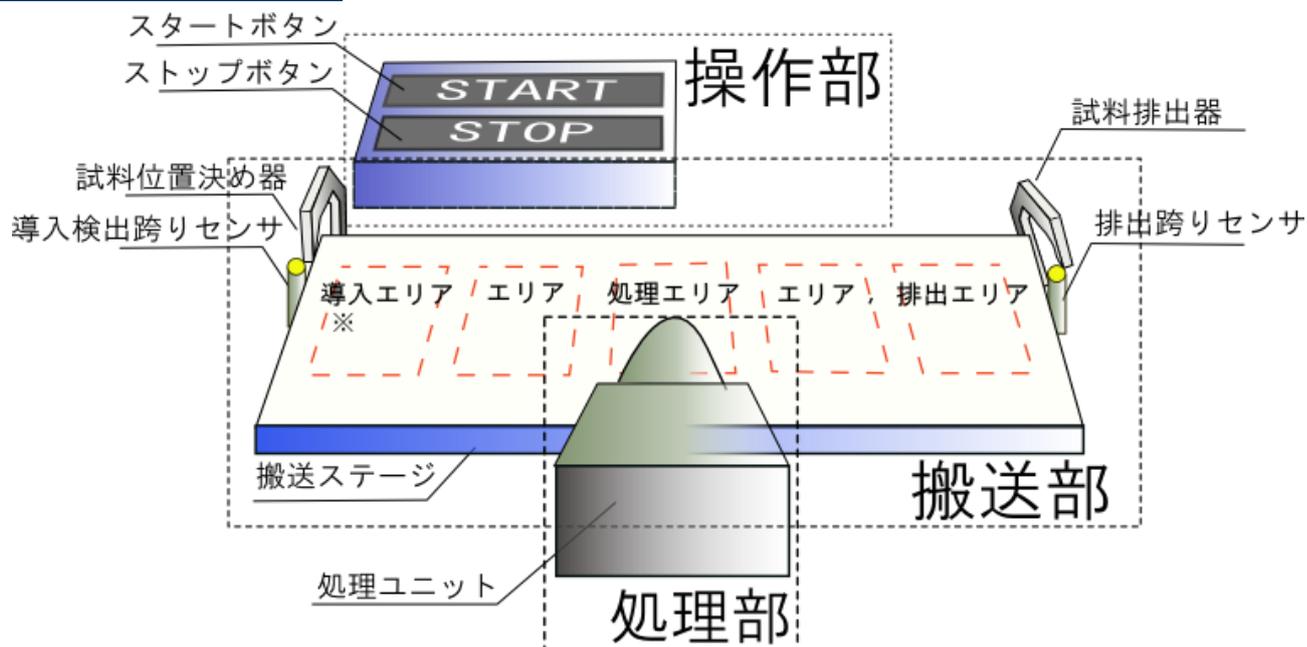


図4 ハードウェアのイメージ

※ 図中の「XX エリア」は、試料が搬送されるときに、一回一回止まる場所を示す概念。たとえば、搬送ステージ上で試料だけを移動する機構ならば試料が一回一回の搬送される位置のことであり、たとえば、搬送ステージごと試料を移動するコンベアのような機能ならば、コンベアが一回一回の搬送で止まる位置のこと。

論理ブロック	構成要素	説明
操作部	スタートボタン	処理部に対しては処理の開始、搬送部に対しては前処理装置からの試料の受付を開始する。
	ストップボタン	処理部に対しては処理の停止、搬送部に対しては前処理装置からの試料の受付を停止する。
処理部	処理ユニット	試料に対する処理を行う。たとえば、加工や検査など。
搬送部	搬送ステージ	試料を搬送する領域全体の部分。
	導入検出跨りセンサ	「前処理装置から受け取った試料が存在すること」・「前処理装置から受け取り終わった試料を取り損なっていないこと」を確認する。
	導入エリア	前処理装置から受け取った試料が一時的に置かれ、位置決めを行う場所。
	試料位置決め器	試料を位置決めする機構。
	エリア	試料が搬送されるときに、一回一回止まる場所。搬送ステージ全体が長い場合は、この普通の「エリア」が複数連続して並ぶ。
	処理エリア	搬送ステージの内、試料に対し処理を行う場所のこと。
	排出エリア	試料を後処理装置へ排出する場所。
	試料排出器	試料を後処理装置へ排出する機構。
	排出跨りセンサ	後処理装置に排出し終わった試料が、排出し損なってい

² このモデル解説書では、搬送部は論理的な部分を中心に扱いますので、物理的な（具象の）ハードウェアには触れません。

	ないかを確認する。
--	-----------

機能要求

■ 処理開始機能

操作部のスタートボタンを押下すると、装置状態が運転モードになり、自動処理を開始します。

■ 処理停止機能

操作部のストップボタンを押下すると、自動処理を停止し、装置状態が停止モードになります。

■ 試料搬送機能

運転モードのときに、前処理装置から搬送部へ試料が導入されると、連続運転の実動作を開始します。

連続運転の動作仕様

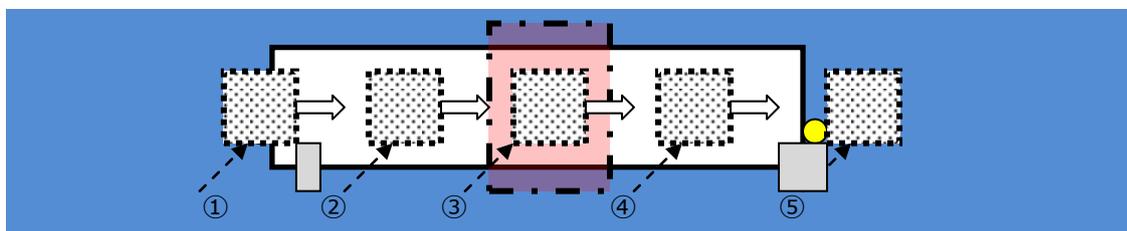


図5 前処理装置から引き渡された試料を後処理装置に排出するまで

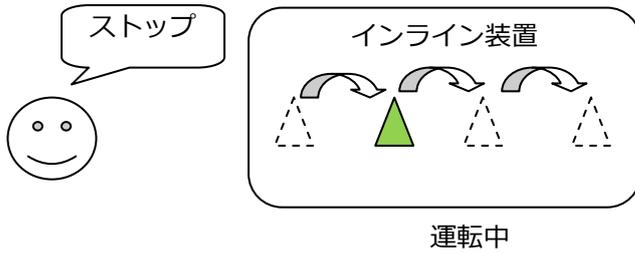
- ① 前処理装置から引き渡された試料は、試料位置決め器によって、処理エリアから決まった距離になるように位置決めをします。この時、導入検出跨りセンサによって、前処理装置から導入されているかを確認します。
- ② 位置決めをした所から、一定の間隔で搬送します。この時、導入検出跨りセンサによって、前処理装置から搬送ステージ内に確実に引きこんだかを確認します。
- ③ 処理エリアまで搬送します。処理エリアでは、処理部によって試料を処理します。
- ④ 次の試料を処理エリアに運ぶのと同時に、処理済みの試料を後処理装置に向かって搬送します。
- ⑤ 試料排出器によって試料を後処理装置へ排出後、排出跨りセンサで、引き渡しができているかを確認します。（払い出し部の一例：）ただし、後処理装置が排出を受け付けられない場合は、受け付けられるようになるまで待ってから排出をします。

※ 以上の①～③と③～⑤の間が何回で搬送されるかは、搬送ステージの長さや試料の長さによって、さまざまなパターンが考えられます。上記の例は、最小限を考えた一例です。

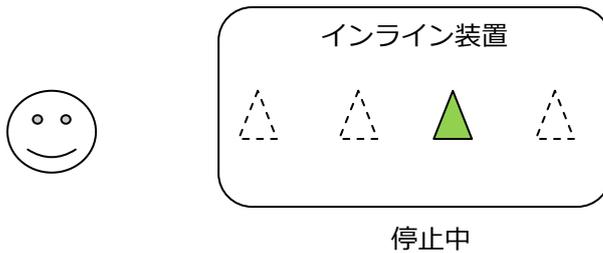
ストップボタンによる連続動作の停止のタイミングの要求

インライン装置は、インライン装置動作中に停止命令を受け付ける事が出来ます。

インライン装置が試料搬送中にストップボタンを押下すると

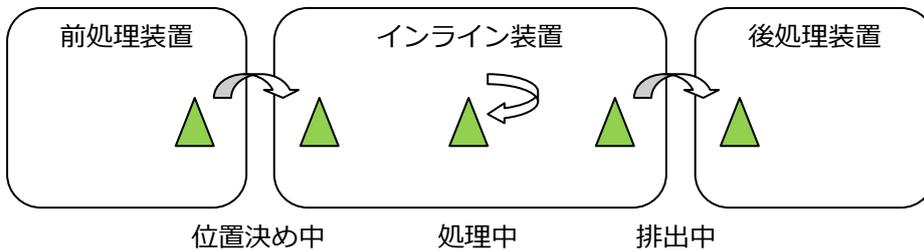


インライン装置が停止出来るタイミングでインライン装置が止まります。

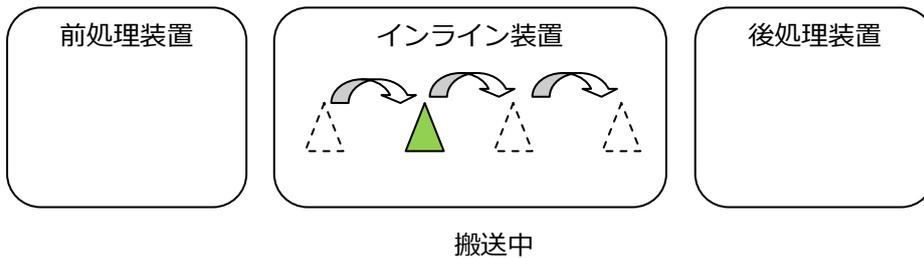


搬送部の各動作と処理部の動作の並行タイミングの要求

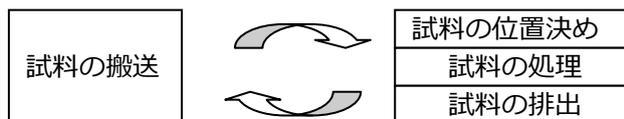
インライン装置は、試料の位置決め、試料の処理、試料の排出を並行して行う事が出来ます。



試料の搬送は、試料の位置決め、試料の処理、試料の搬出を行っていない場合に行う事が出来ます。



上記二つの状態を交互に繰り返すことによってインライン装置の動作を実現します。



このため、試料の搬送が完了を待って試料の位置決め、試料の処理、試料の搬出を実行する必要があります。また、反対に、試料の位置決め、試料の処理、試料の搬出の全ての完了を待って試料の搬送を実行する必要があります。

連続動作・並行タイミングの仕様 (ステートマシン図)

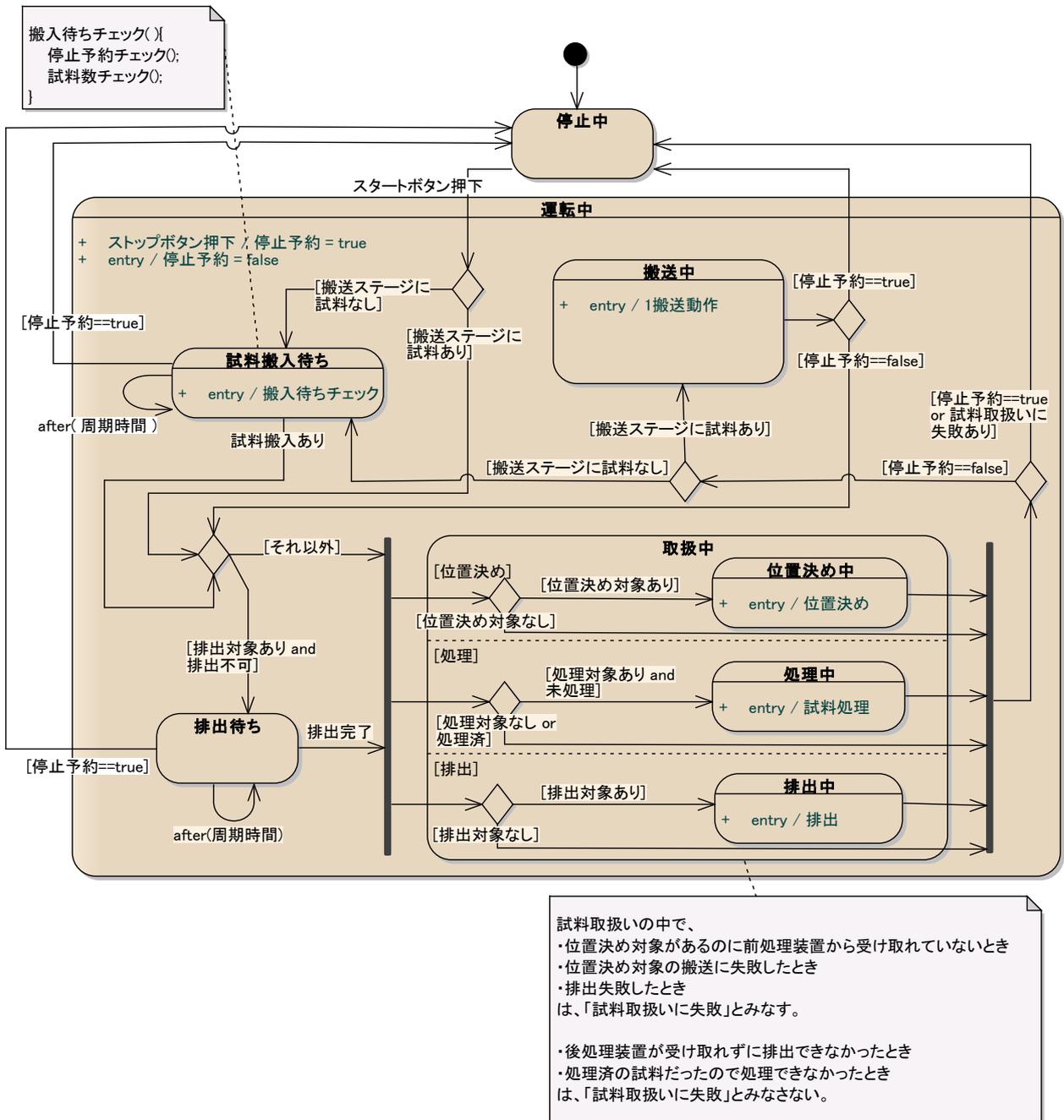


図6 連続動作・並行タイミングの仕様

このステートマシン図は、前述の「停止ボタンによる連続動作の停止のタイミングの要求」と「搬送部の各動作と処理部の動作の並行タイミングの要求」の二つの要求を、ステートマシン図で表したものです。

運転中は、資料を搬送している間は導入動作、排出動作、処理動作の何れの動作とも行いません。1搬送動作が完了すると、導入動作（位置決め）、排出動作、処理動作を並行に行います。導入動作、排出動作、処理動作の全てが完了すると、資料を搬送します。これを繰り返します。

処理部と搬送部とのタイミング仕様

搬送部は、試料を処理エリアに運び終わると、処理部に対して、試料準備完了通知をします。処理部は、搬送部からの試料準備完了通知を受けて試料を処理します。処理部は試料の処理が終わると、搬送部に対して、試料処理完了通知をします。

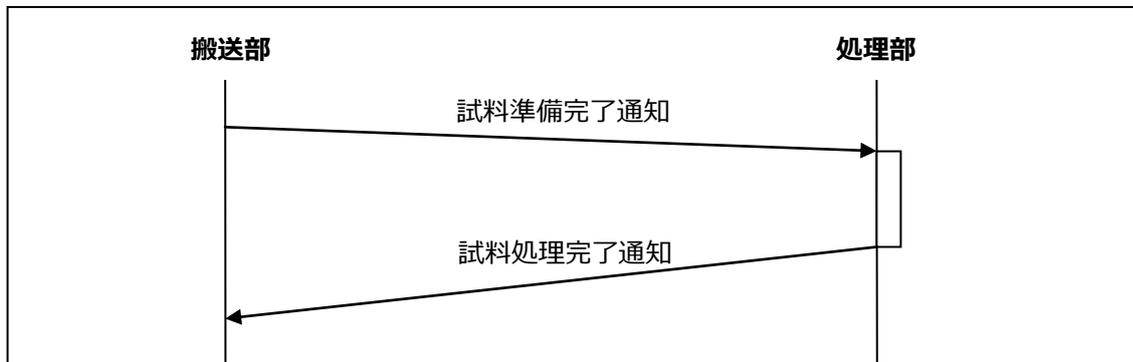


図7 搬送部と処理部の連携

前後の処理装置とのハンドシェイク仕様

インライン装置は、前処理装置や後処理装置との間での試料の引き渡し時に試料を送りこみ過ぎないようにするために、ハンドシェイクを行います。

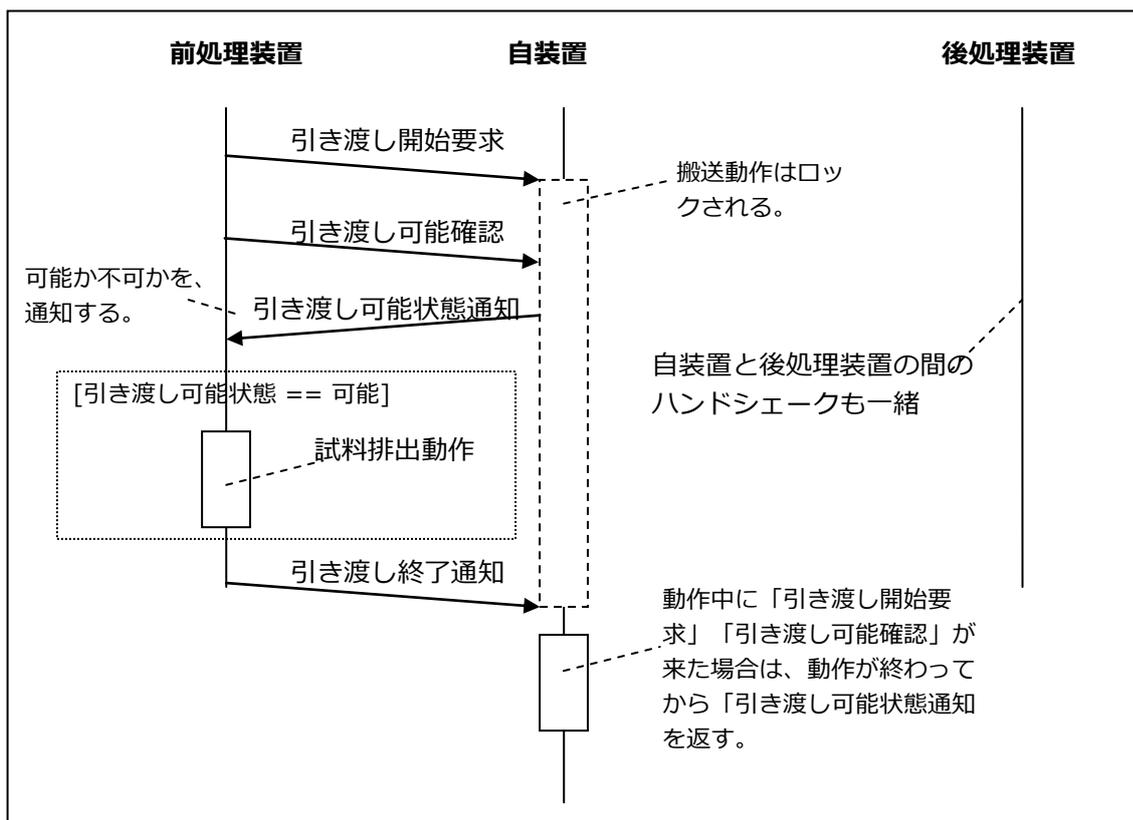


図8 前後の装置とのハンドシェイク

ハンドシェイクのメッセージは、パラレル信号・コマンド通信など、いずれでも構いません。たとえば、引き渡し可能状態通知の可不可は、コマンド通信ならばコマンドとデータなど、パラレル信号ならば 1bit の 5V の信号で可と不可を示すなど、が考えられます。

設計への制約³

ボタンのハードウェアインタフェース仕様

アドレス	意味	備考
0x XXXXXXXXY	スイッチポート1データレジスタ	Low レベル/Hi レベル
0x XXXXXXXXZ	スイッチポート2データレジスタ	Low レベル/Hi レベル

表1 スイッチのメモリマップ

- システムはハードウェアの I/O ポートを定期的にミリ秒のオーダーでポーリングすることでボタンの make/break⁴を判断する
- break 状態から make 状態に移行したところで入力情報をボタンイベントへと変換する make 状態から break 状態への変換ではイベントは発生させない
- break 状態から make 状態への移行には下図イメージにあるようなスイッチの立ち上がり時のチャタリングによる誤検知を防止するため、任意の回数、連続で Hi レベルを検知した後に make 状態に移行する。Hi → Low への変化時は特別な処理は必要ない
- スイッチはメモリマップトポートであり、ポートの I/O レジスタは通常のメモリアクセスと同様に行う。表に示すアドレスへアクセスすることでポートのステータスとレベルを検知する

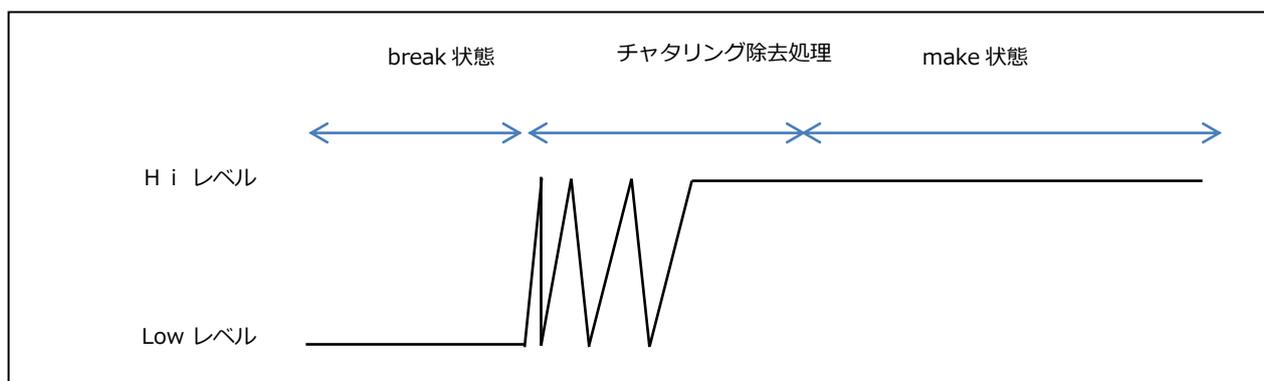


図9 チャタリングのイメージ

³ ここでは、要求仕様として、設計上の制約を載せています。分析モデルでは扱いませんが、PIM 設計モデルを作成するときにインプットになる要求です。

⁴ ここでは、make = 信号がアクティブな状態、break = 信号が非アクティブな状態として定義します。

ユースケース

本カタログモデルが実現する範囲のユースケースを示します。

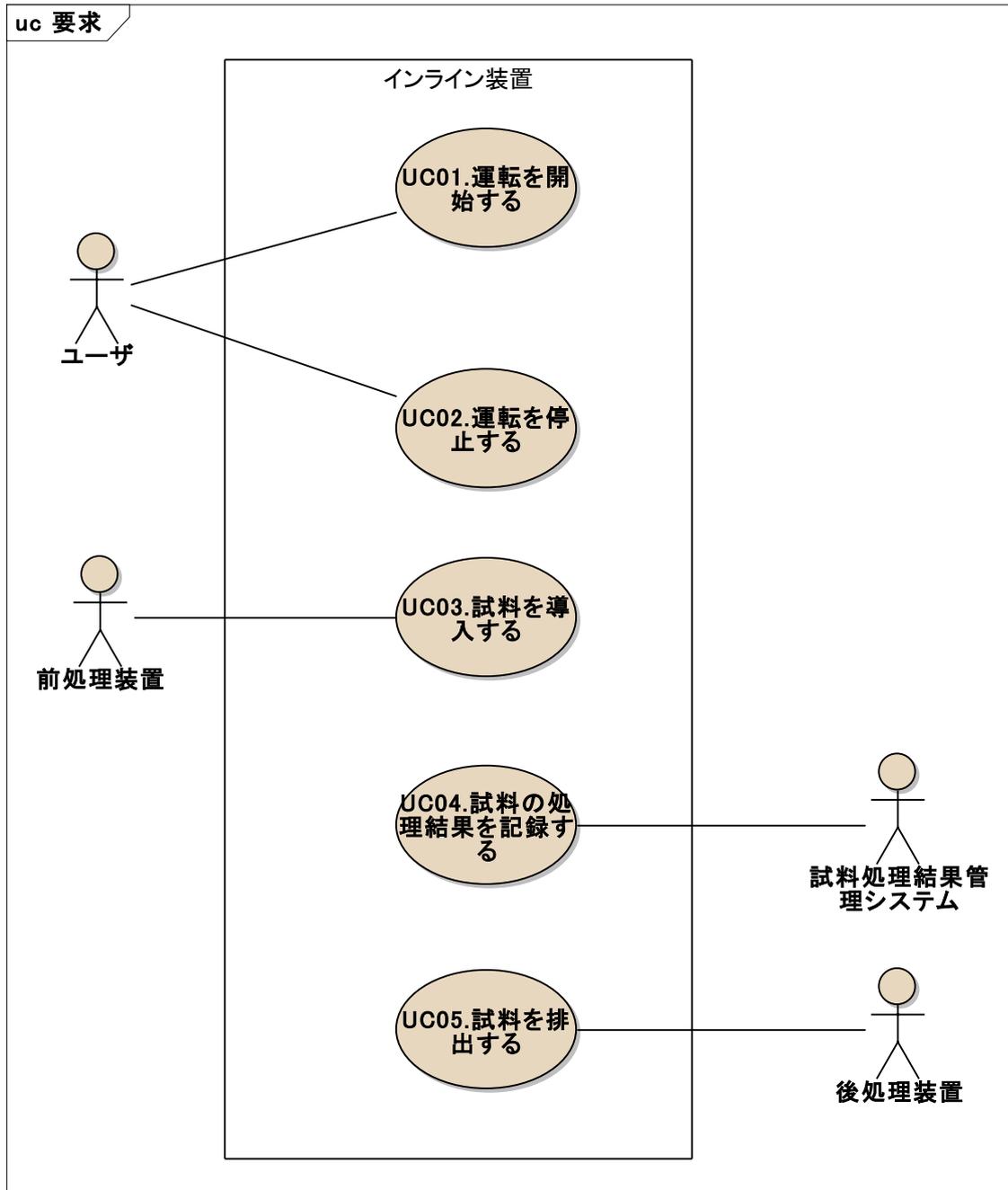


図10

ユースケース記述

<UC01 : 運転を開始する>

■概要

システムの運転を開始する。

■アクター

ユーザ

■事前条件

システムが停止モードであること。

■事後条件

システムが運転モードであること。

■メインフロー

1. アクターは、操作部のスタートボタンを押下する。
2. システムは、運転を開始する。

■課題やT.B.D項目

なし

■備考

なし

<UC02:運転を停止する>

■ 概要

システムの運転を停止する。

■ アクター

ユーザ

■ 事前条件

システムが運転モードであること。

■ 事後条件

システムが停止モードであること。

■ メインフロー

1. アクターは、操作部のスタートボタンを押下する。
2. システムは、停止する。

■ 課題や T. B. D 項目

なし

■ 備考

なし

<UC03:試料を導入する>**■概要**

引き渡された試料をシステム内に引き込む。

■アクター

前処理装置

■事前条件

システムが運転モードに入っていること。

■事後条件

アクターから試料を受け取っていること。

■メインフロー

1. アクターは、システムに試料の引き渡し可能か確認する。
2. システムは、試料の引き渡しが可能であることをアクターへ通知する
3. アクターは、試料の引き渡し開始をシステムに確認する。
4. システムは、試料の引き渡し開始了承をアクターへ通知する。
5. アクターは、試料の引き渡し動作を行う。
6. アクターは、システムに試料の引き渡し成功を通知する。

■代替フロー

- 2a システムが「試料の引き渡しが可能でない」と判定する場合
- 2a1. システムは、試料の引き渡しができないことをアクターへ通知する。
 - 2a2. アクターは、一定時間[TBD1]待つ。
 - 2a3. メインフロー1に戻る。

- 4a システムが「試料の引き渡しを開始できない」と判定する場合
- 4a1. システムは、試料の引き渡し開始拒否をアクターへ通知する。
 - 4a2. アクターは、一定時間[TBD1]待つ。
 - 4a3. メインフロー1に戻る。

■例外フロー

- 6a アクターが「試料の引き渡しに失敗した」と判定する場合
- 6a1. アクターはシステムに試料の引き渡し失敗を通知する。

■ 課題や T. B. D 項目

[TBD1] 一定時間をどの位にするか？⁵

■ 備考

システムが「試料の引き渡しが可能でない」と判定する場合は下記の通り。

- ・システムが、停止モードである場合
- ・システムが、試料を搬送中である場合

システムが「試料の引き渡しを開始できない」と判定する場合は下記の通り。

- ・システムが、停止モードである場合
- ・システムが、試料を搬送中である場合

⁵ 現時点で決められないものはこの様に表します

<UC04:試料の処理結果を記録する>**■ 概要**

試料を処理した結果を記録する。

■ アクター

試料処理結果管理システム

■ 事前条件

[TBD1]

■ 事後条件

システムで処理した試料の処理結果をアクターに記録していること。

■ メインフロー

1. システムは、対象の試料が不良品かどうかをアクター[TBD2]へ問い合わせる。[TBD3]
2. システムは、試料が不良品でないことをアクター[TBD2]へ通知する。[TBD3]
3. システムは、試料を処理した結果をアクター[TBD2]に記録する。[TBD3]

■ 例外フロー

2a アクターが「試料が不良品である」と判断する場合

2a1. システムは、試料を処理しなかった理由をアクターに記録する。

2a2. フローを終了する。

■ 課題や T. B. D 項目

[TBD1] 本ユースケースの事前条件

[TBD2] 対象の試料の問い合わせ先がアクターか否か？

[TBD3] 対象の試料を問い合わせる際に必要となる情報及びその取得方法

■ 備考

試料の処理に失敗したことも試料の処理結果とする。

本シナリオの優先度を下げる。

<UC05:試料を排出する>

■ 概要

システム内にある試料を引き渡す。

■ アクター

後処理装置

■ 事前条件

システムが運転モードであること。

■ 事後条件

システム内の試料をアクターに引き渡していること。

■ メインフロー

1. システムは、アクターに試料の引き渡し可能を確認する。
2. アクターは、試料の引き渡しが可能であることをシステムへ通知する。
3. システムは、試料の引き渡し開始をアクターに確認する。
4. アクターは、試料の引き渡し開始了承をシステムへ通知する。
5. システムは、試料の引き渡し動作を行う。
6. システムは、アクターに試料の引き渡し成功を通知する。

■ 代替フロー

- 2a アクターが「試料の引き渡しが可能でない」と判断する場合
- 2a1. システムは、アクターから試料の引き渡し許可があるまで待つ。
 - 2a2. システムは、一定時間[TBD1]待つ。
 - 2a3. メインフロー1 へ戻る。

- 4a アクターが「試料の引き渡しを開始できない」と判定する場合
- 4a1. アクターは、試料の引き渡し開始拒否をシステムへ通知する。
 - 4a2. システムは、一定時間[TBD1]待つ。
 - 4a3. メインフロー1 に戻る。

■ 例外フロー

- 6a システムが「試料の引き渡しに失敗した」と判定する場合
- 6a1. システムはアクターに試料の引き渡し失敗を通知する。

■ 課題や T. B. D 項目

[TBD1] 一定時間をどの位にするか？

モデル一覧

モデル名	概要	ポイント
ドメイン構造に着目したモデル	インライン装置の構造を中心に分析し、機能もその構造の要素自身にすべて配置しました。搬送部や処理部を（派生などで）拡張することにより、さまざまなインライン装置に再利用できるようにしています。	自動運転／並行処理の待ち合わせといった一般的な課題を扱っています。

ドメイン構造に着目したモデル

モデリングのコンセプト

このモデルは、管理クラスや制御クラスといったクラスを出さずに、要求仕様からのモノの構造のみに着目してモデル化しています。

またモデルを利用する際に、オブジェクト同士の協調に集中してもらうため、（オブジェクト同士の境界線を引いてしまうような）パッケージ分けをしていません⁶。

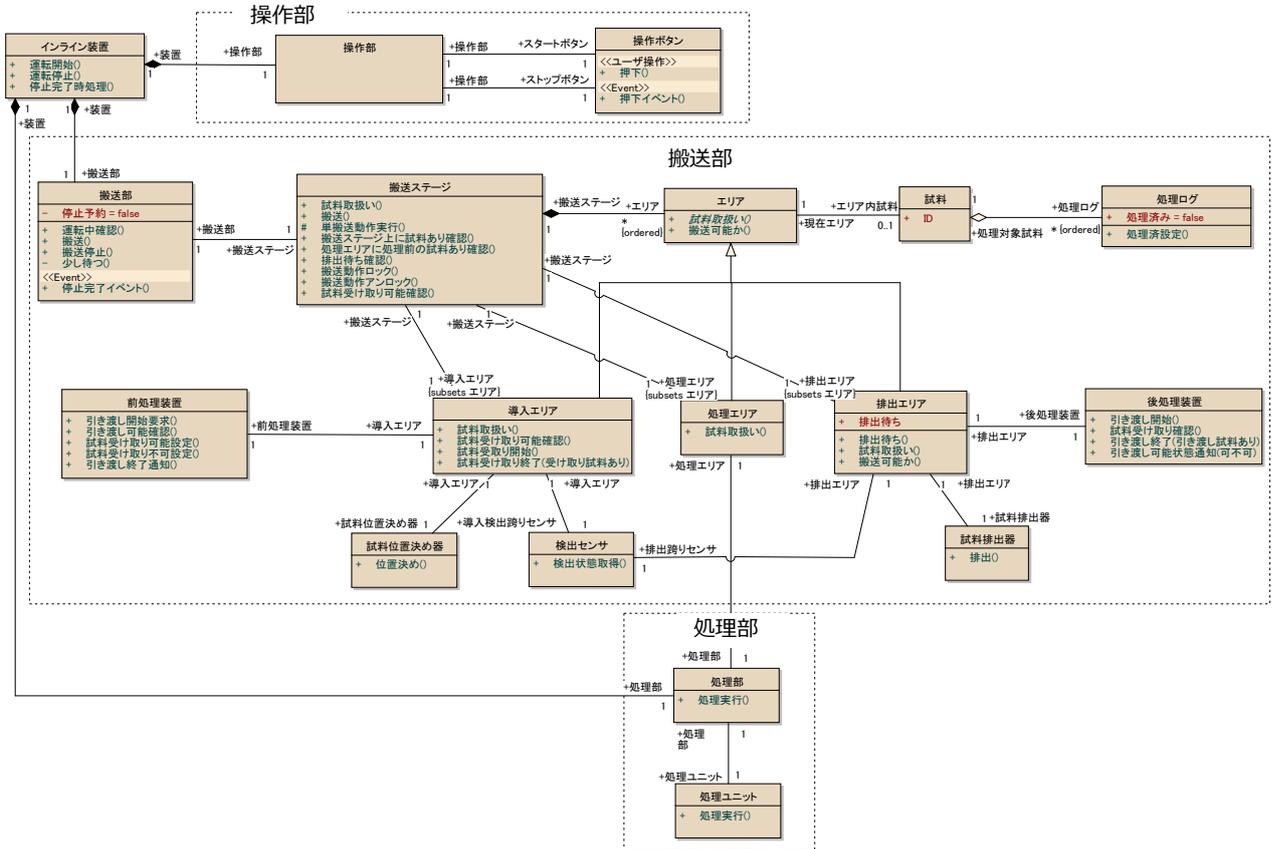


図11 ドメインに着目したモデル

点線の枠は、論理ハードウェア仕様の論理ブロックの範囲を示しています。

搬送ステージはエリアへの関連を持たせました。導入エリア、処理エリア、排出エリアはエリアから派生しているため、搬送ステージはこれら3種類のエリアを統一的に扱うことができます。しかし、搬送ステージからそれぞれ個別の特性も扱う必要があります。そこで、搬送ステージには、導入エリア、処理エリア、排出エリアへの関連も持たせました。また、これらの関連に{subsets エリア}を指定することによって、関連先の要素がエリアへの関連先要素に含まれていることを明確にしています。

⁶ これは、このモデルを理解しやすくするためですので、パッケージ分けをしても問題ありません。

分析モデル

静的モデル

インライン装置クラス



図12

クラス名	説明
インライン装置	インライン装置全体をまとめているクラスです。 インライン装置クラスの下に、コンポジット集約で、操作部・搬送部・処理部の3つがぶら下がっています。

操作部のクラス構成

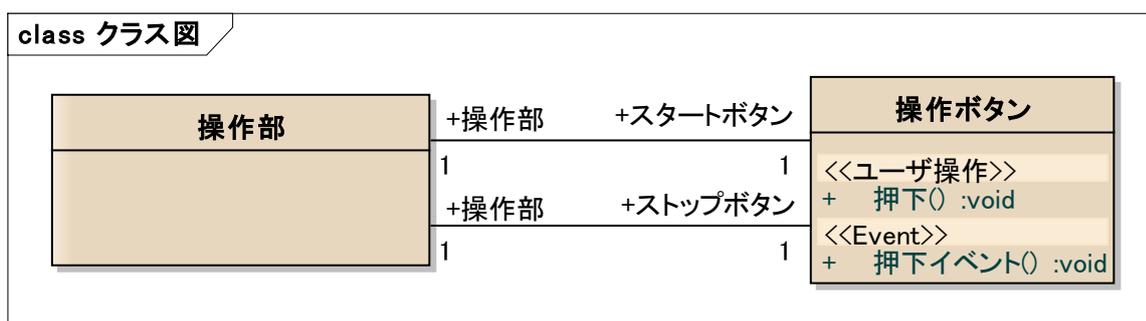


図13

クラス名	説明
操作部	ユーザからのインライン装置への操作をまとめたクラスとなります。 ユーザのアクションに伴うイベントを受け取ってどのような処理を行うかが定義されます。
操作ボタン	ユーザがインライン装置に命令を与えるためのボタン型のインタフェースを提供するクラスです。 本クラスはユーザによって自身が押されたことを知ると、操作部へ通知します。

処理部のクラス構成

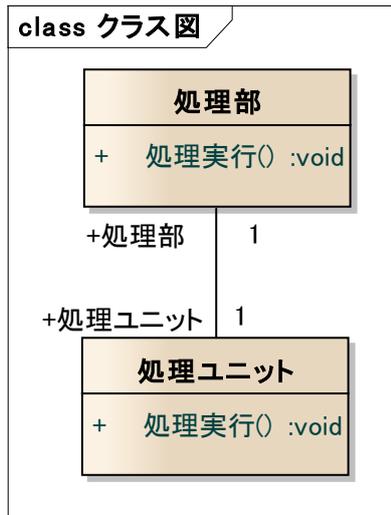


図14

クラス名	説明
処理部	試料に対してインライン装置で行うべき処理を定義したクラスとなります。 処理部の処理実行が呼び出されると処理部は処理ユニットの適切な操作を呼び出します。本クラス図では一つの操作しか定義していませんが、場合によっては処理ユニットの複数の操作を何度か呼び出して一つの処理を実現することもあります。
処理ユニット	試料に対して物理的な処理を行うクラスになります。例えば、処理部クラスから「80℃まで加熱してください」という依頼があった場合、処理ユニットの種別によってはガスコンロのように炎で加熱する場合もあれば、IHヒーターのように磁力で加熱する場合があります。このように、本クラスは試料の処理を物理的にどのように実現するかを定義するクラスになります。

搬送部のクラス構成

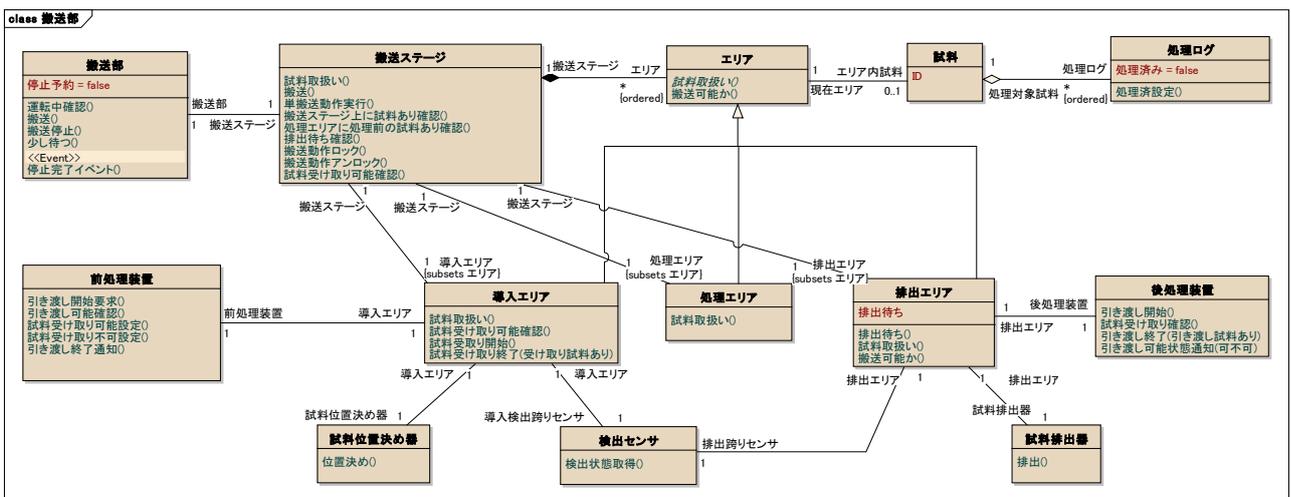


図15

クラス名	説明
搬送部	試料に対してインライン装置で行うべき搬送を定義したクラスとなります。

	搬送部は、搬送が呼び出されると搬送ステージの搬送と試料取扱いを交互に呼び出し続けます。また、搬送停止が呼び出されると搬送ステージの搬送と試料取扱いを呼び出さなくなります。
搬送ステージ	試料に対して搬送を行うクラスになります。搬送ステージは、単搬送動作実行が呼び出されると、エリアが保持する試料を次のエリアへ搬送します。
エリア	試料が置かれる場所を定義するクラスになります。試料は、前処理装置から導入され、搬送ステージによってエリアからエリアに徐々に運ばれ、最終的には後処理装置へ排出されます。
導入エリア	前処理装置から試料が物理的に置かれるエリアクラスになります。前処理装置や導入検出跨りセンサ、試料位置決め器とやりとりをしながら、試料の導入を実現します。
前処理装置	前処理装置とインライン装置とのインタフェースを実現するクラスになります。
試料位置決め器	導入エリアにある試料を物理的に位置決めする試料位置決め器を実現するクラスになります。
処理エリア	試料を処理するエリアクラスになります。処理エリアに到達すると、処理部によって試料が処理されます。
排出エリア	後処理装置へ試料を渡すためのエリアクラスになります。試料排出器や排出跨りセンサ、後処理装置とやりとりをしながら、試料の排出を実現します。
試料排出器	排出エリアにある試料を物理的に排出する試料排出器を実現するクラスになります。
検出センサ	試料が跨っていることを物理的に検知するセンサを実現するクラスになります。導入検出跨りセンサと排出跨りセンサの二つがあります。
後処理装置	インライン装置と後処理装置とのインタフェースを実現するクラスになります。
試料	試料そのものを表すクラスです。
処理ログ	試料を処理した際のログを定義するクラスになります。 試料が処理されると処理ログが生成されます。

インライン装置システム全体のクラス構成

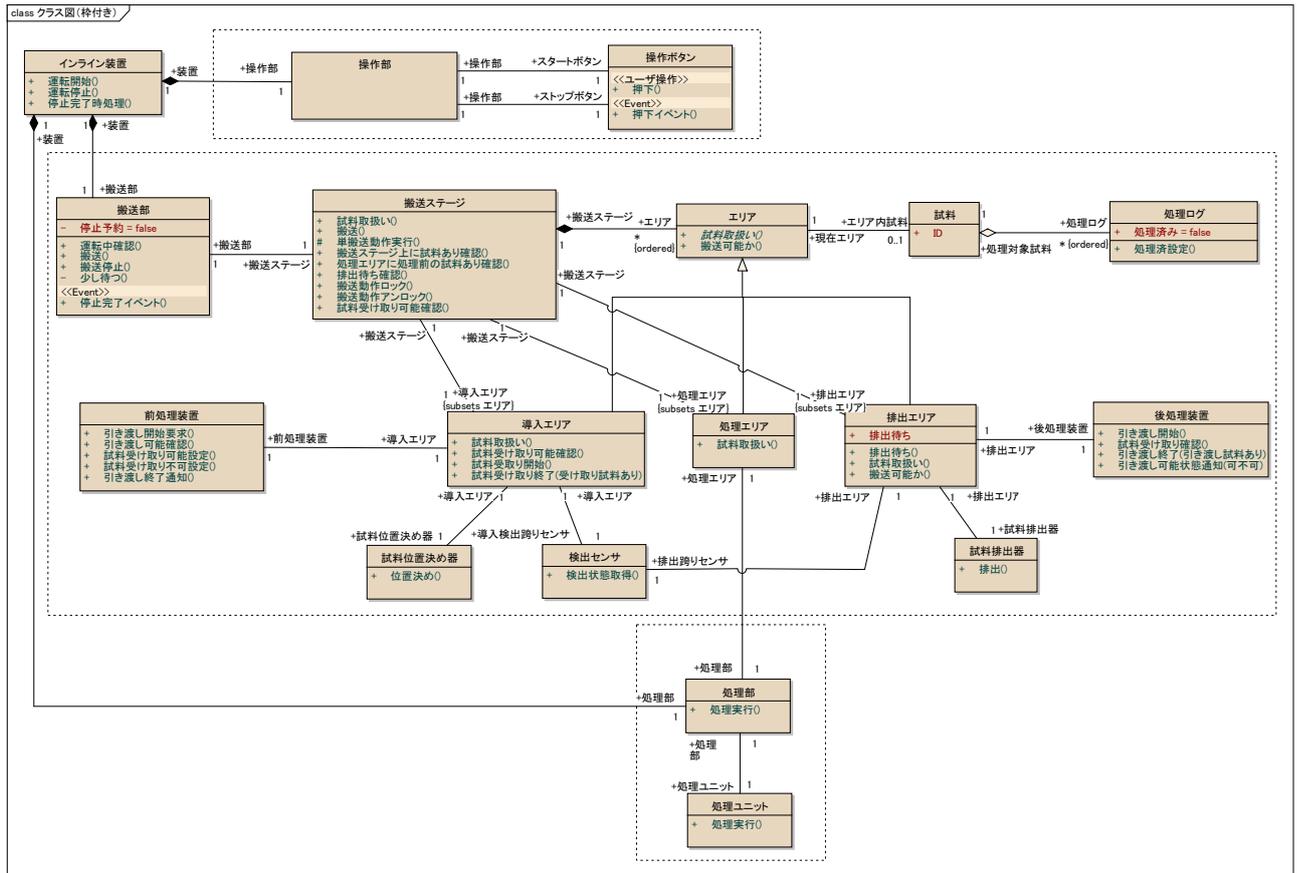


図16

インライン装置システムは、全体と部分の構造そのままに、インライン装置=全体、操作部・搬送部・処理部=部分として、コンポジット集約になっています。分析モデルでは、集約の関連をそのまま使い機能を実現しています。

インライン装置のオブジェクト構成

インライン装置の分析モデルでは、このオブジェクト図を基にして、動的モデルを作成しています。

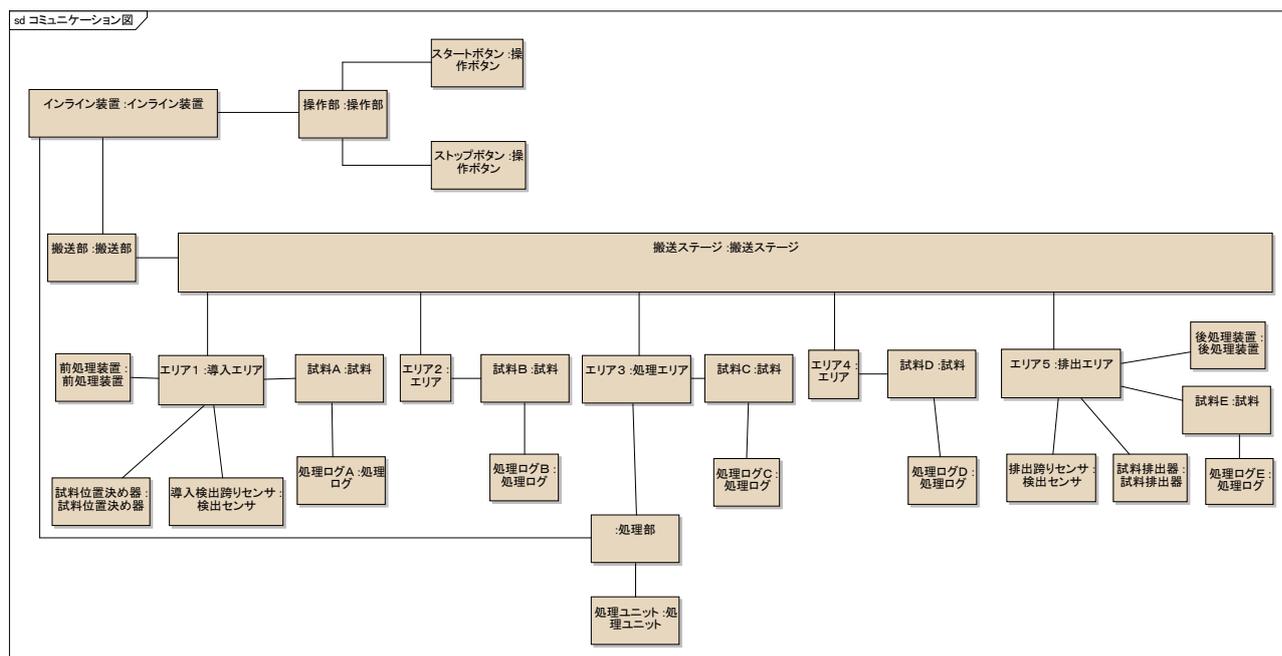


図17

操作部には、スタートボタンとストップボタンがあります。

搬送部のエリアの数は、3..*です。先頭のエリアは導入エリアで、最後のエリアは排出エリア、その間のどこかのエリアが処理エリアとなり、それ以外は、通常のエリアです。このオブジェクト図では、導入エリアと処理エリアの間に 1 つのエリア、処理エリアと排出エリアの間に 1 つのエリアがあるものとしました⁷。

⁷ オブジェクト図のレイアウトはクラス図のレイアウトと一緒にすると読みやすくなります。

動的モデル

ユースケース<UC1 : 運転を開始する>の相互作用

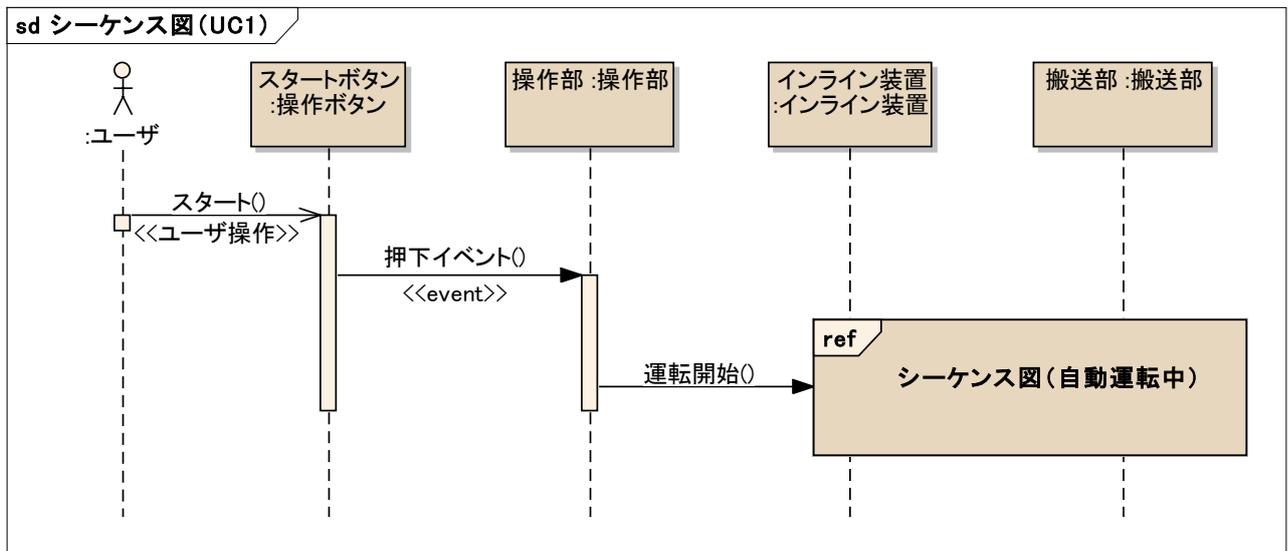


図18

スタートボタンを押してから、インライン装置の運転が開始するところまでを示しています。

運転の様子は、「連続運転の相互作用」を参照してください。

連続運転の相互作用

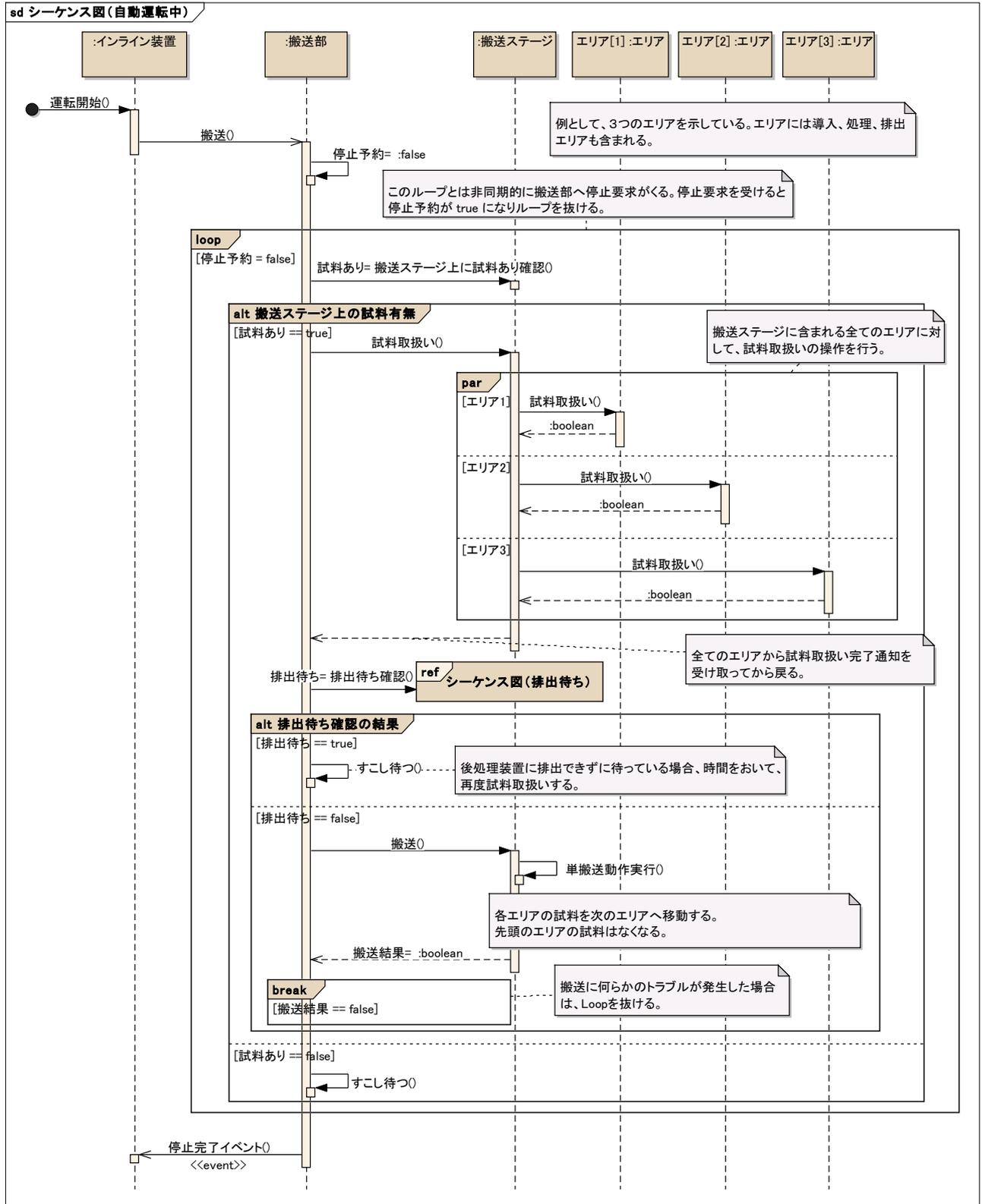


図19

先頭の運転開始()は「ユースケース<UC1：運転を開始する>の相互作用」のインライン装置::運転開始()の続きです。

このダイアグラムの一番下にある停止完了イベントは、図 26 のインライン装置クラスのステートマシン図につながっています。

排出待ちのシーケンスを図 20 に示します。

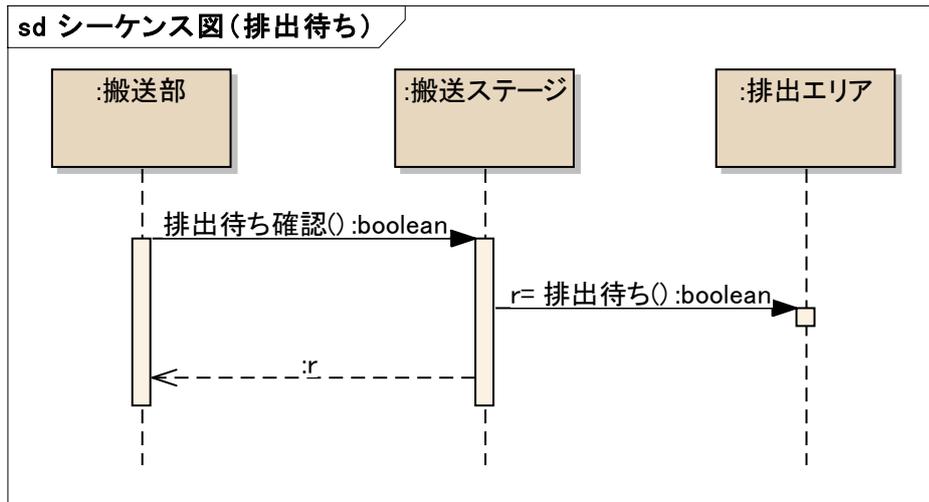


図20

搬送ステージは排出エリアから排出待ちの状態を取得します。そのために、排出エリアは、エリアの関連の他に、排出エリアへの関連を持っています。

ユースケース<UC2 : 運転を停止する>の相互作用

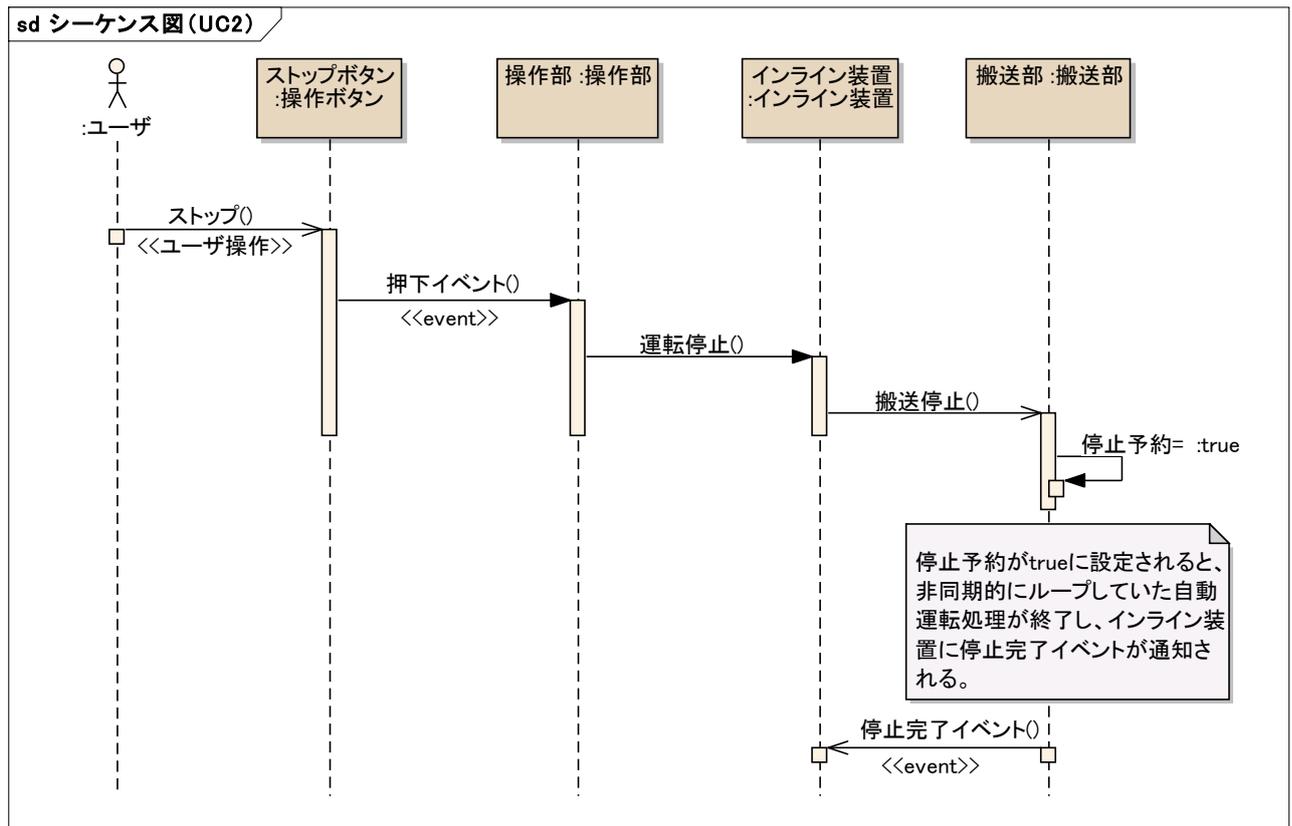


図21

このダイアグラムの「搬送部::搬送停止()」は、下の搬送部クラスのステートマシン図につながっています。停止予約=trueになると、図 19 の連続運転の相互作用の Loop[停止予約=false]を抜けて、連続運転が停止します。

ユースケース<UC3 : 試料を導入する>の相互作用

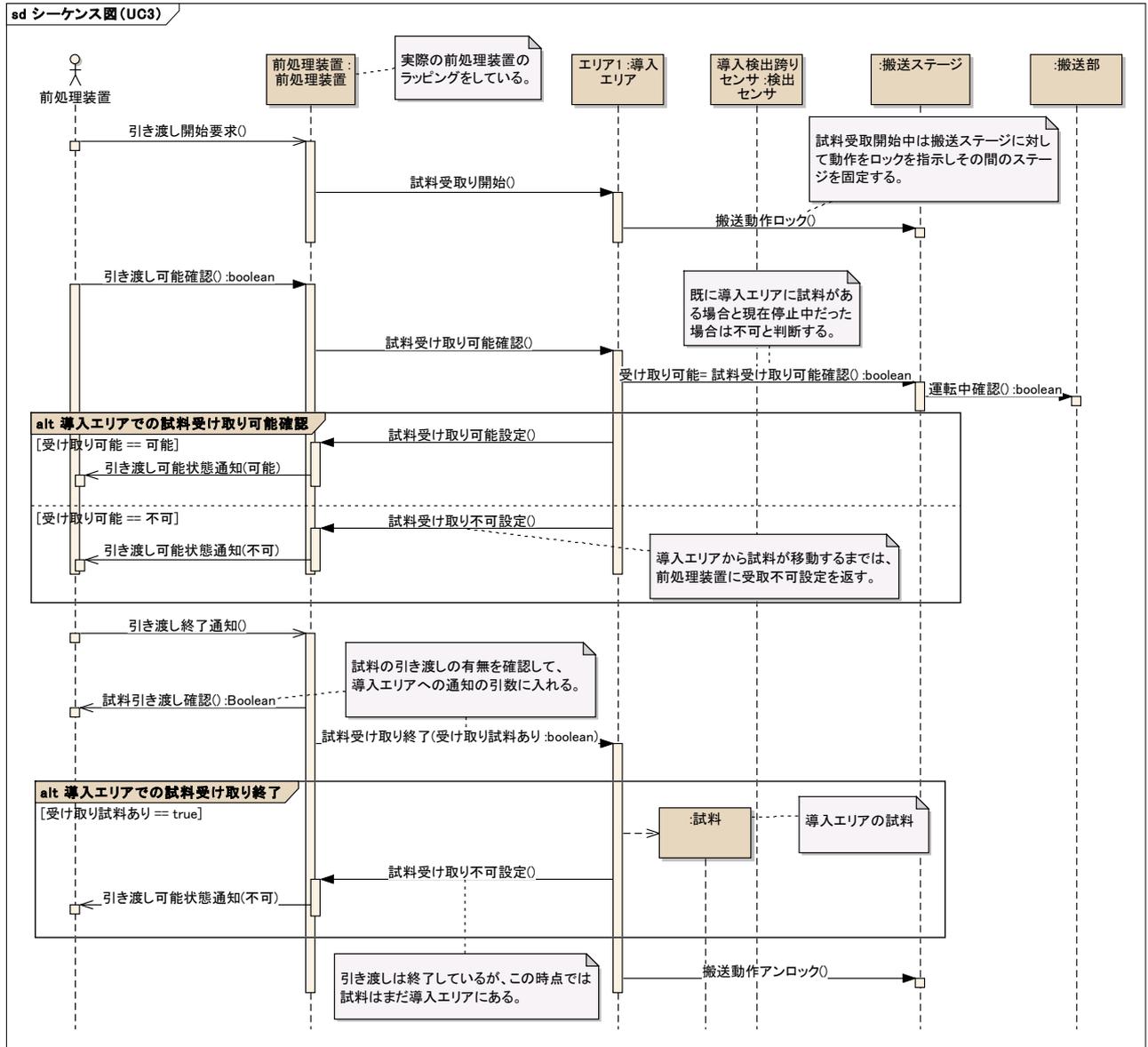


図22

連続運転中に前処理装置から試料が引き渡されるシーケンスです。仕様の「前後の処理装置とのハンドシェイク仕様」と対応しています。

導入エリアの試料取扱いの相互作用

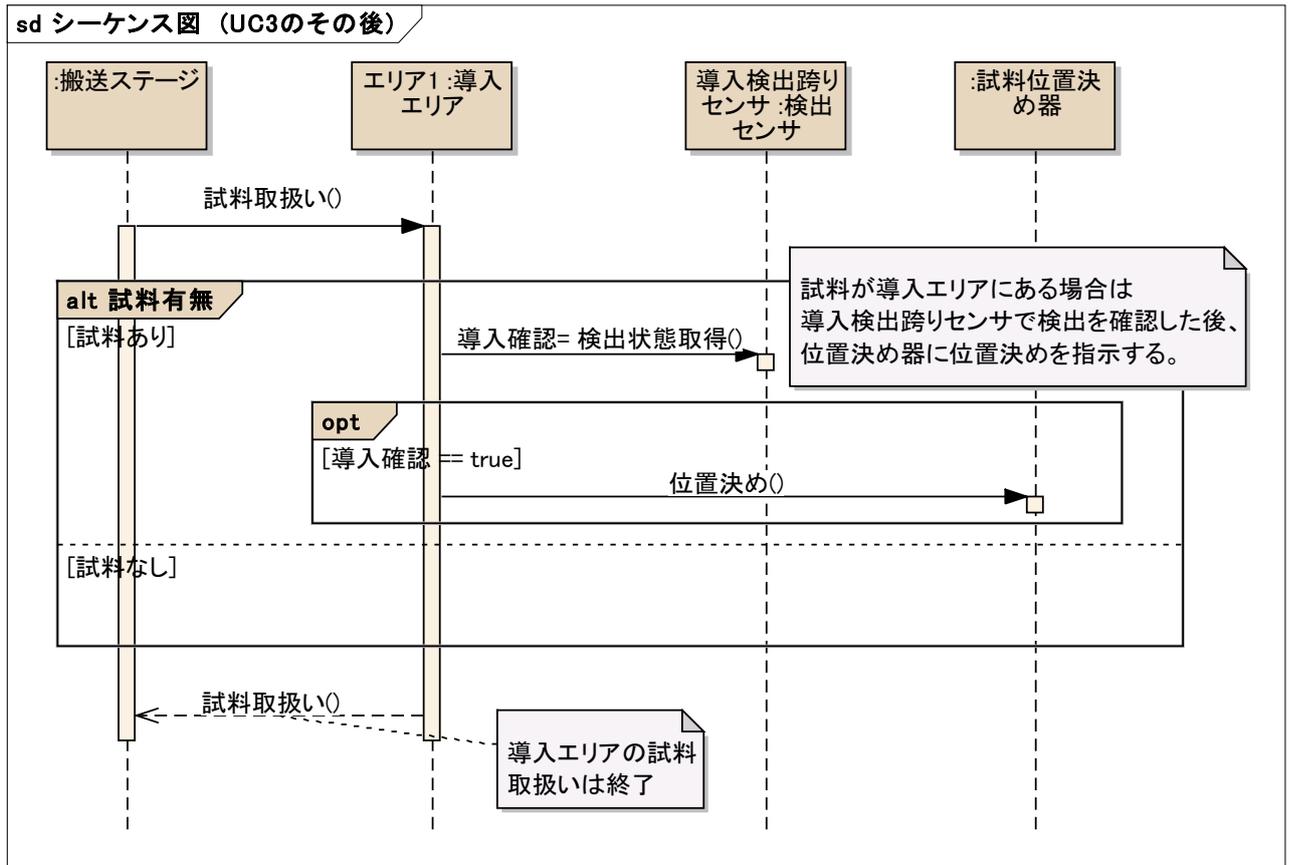


図23

図 19 の連続運転の相互作用の「搬送ステージ::試料取扱い()」内、導入エリアの試料取扱い()のシーケンスです。

処理エリアの試料取扱いの相互作用

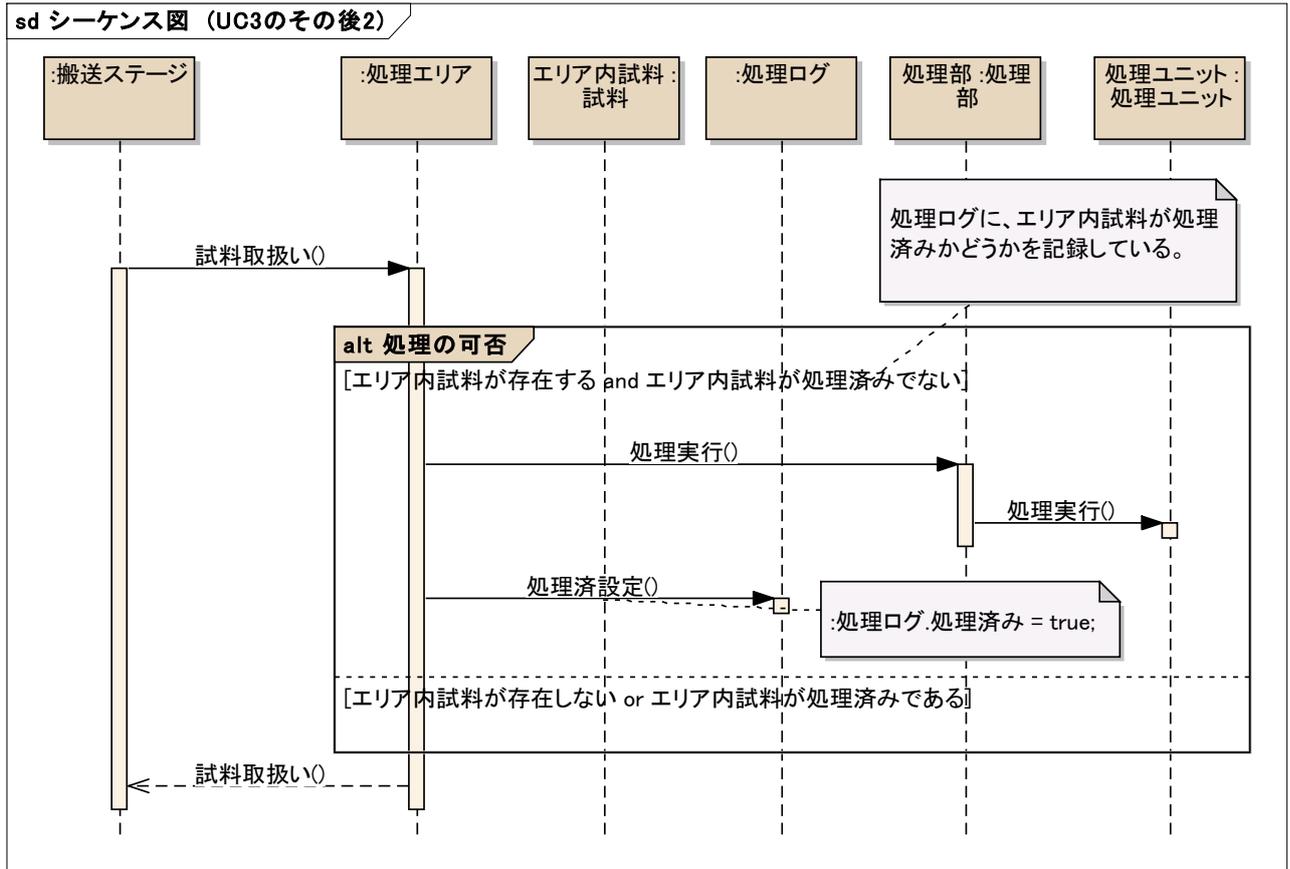


図24

図 19 の連続運転の相互作用の「搬送ステージ::試料取扱い()」の中の、処理エリアの試料取扱い()のシーケンスです。

ユースケース<UC5 : 試料を排出する>の相互作用

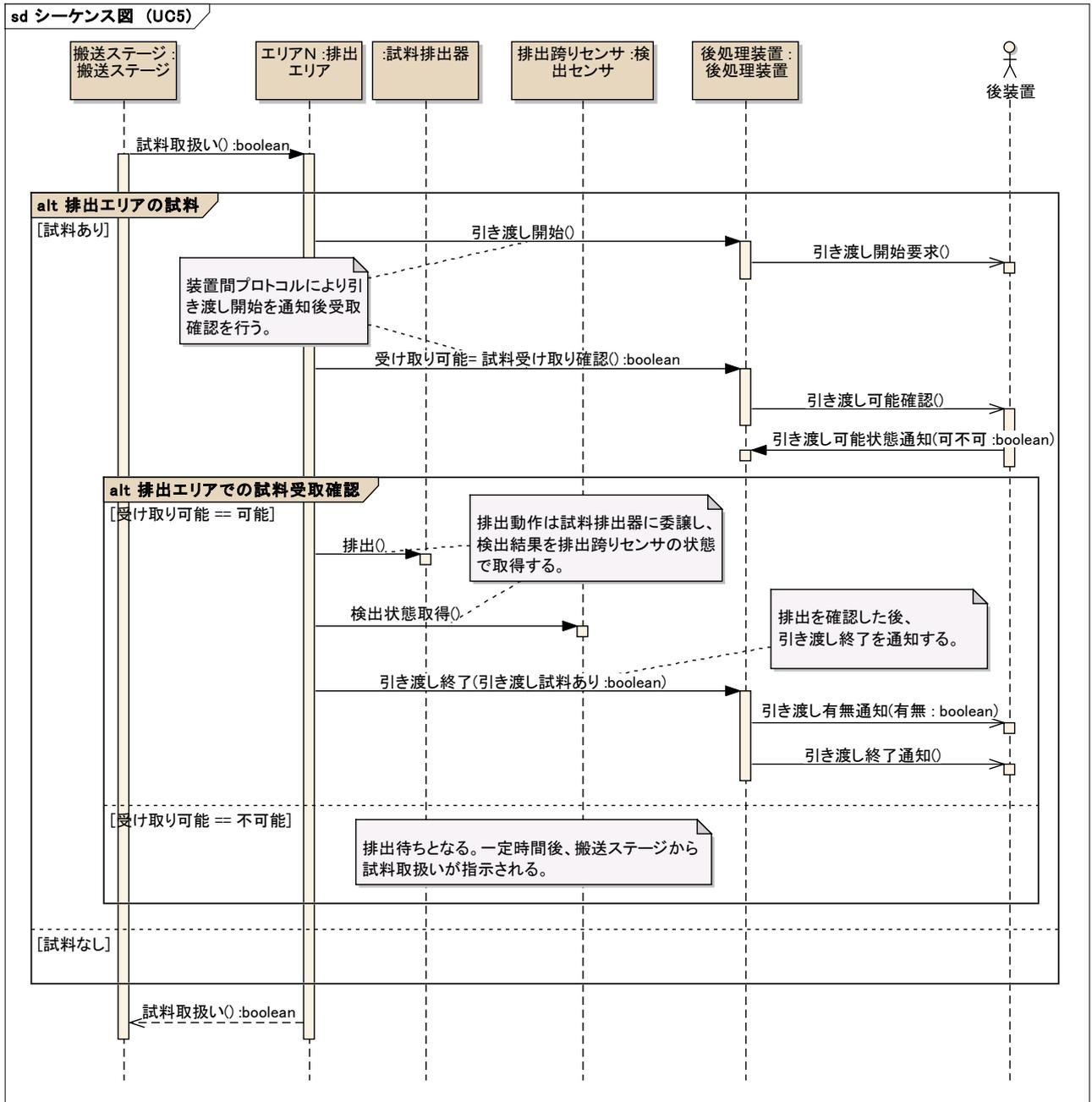


図25

図 19 の連続運転の相互作用の「搬送ステージ::試料取扱い()」の中の、排出エリアの試料取扱い()のシーケンスです。

仕様の「前後の処理装置とのハンドシェーク仕様」と対応しています。

インライン装置クラスのステートマシン

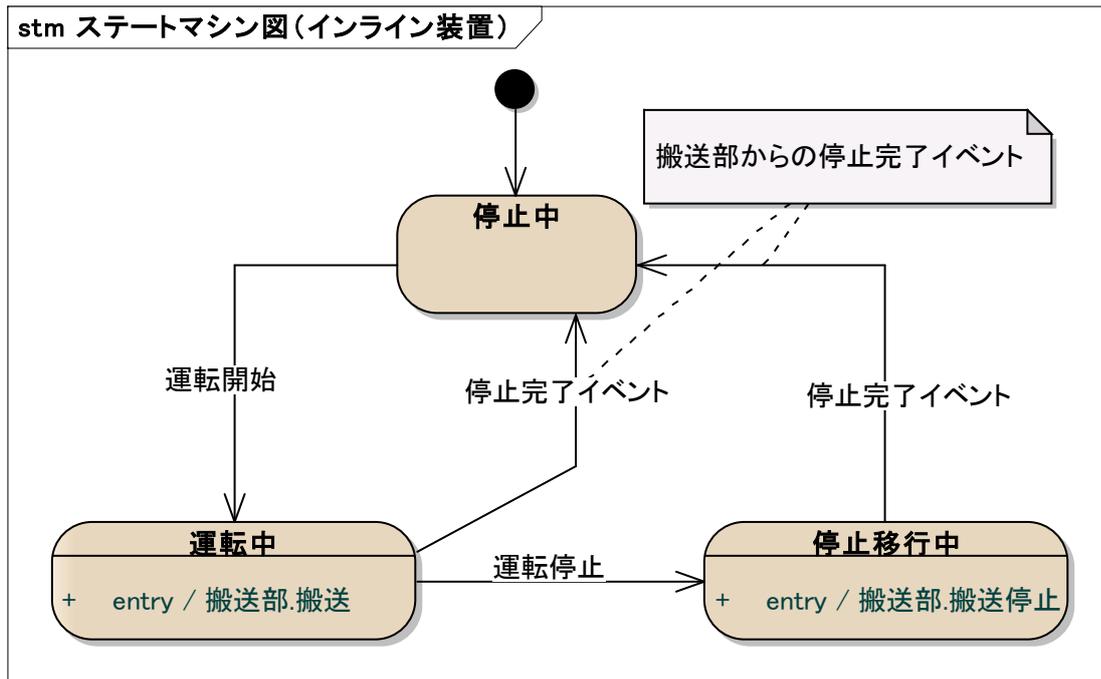


図26

インライン装置は、この3つの状態で成り立っています。

運転中に停止完了イベントが発生するのは、何らかのトラブルが発生した場合です。

停止移行中に停止完了イベントが発生するのは、ストップボタンで運転停止をしたときです。

搬送部クラスのステートマシン

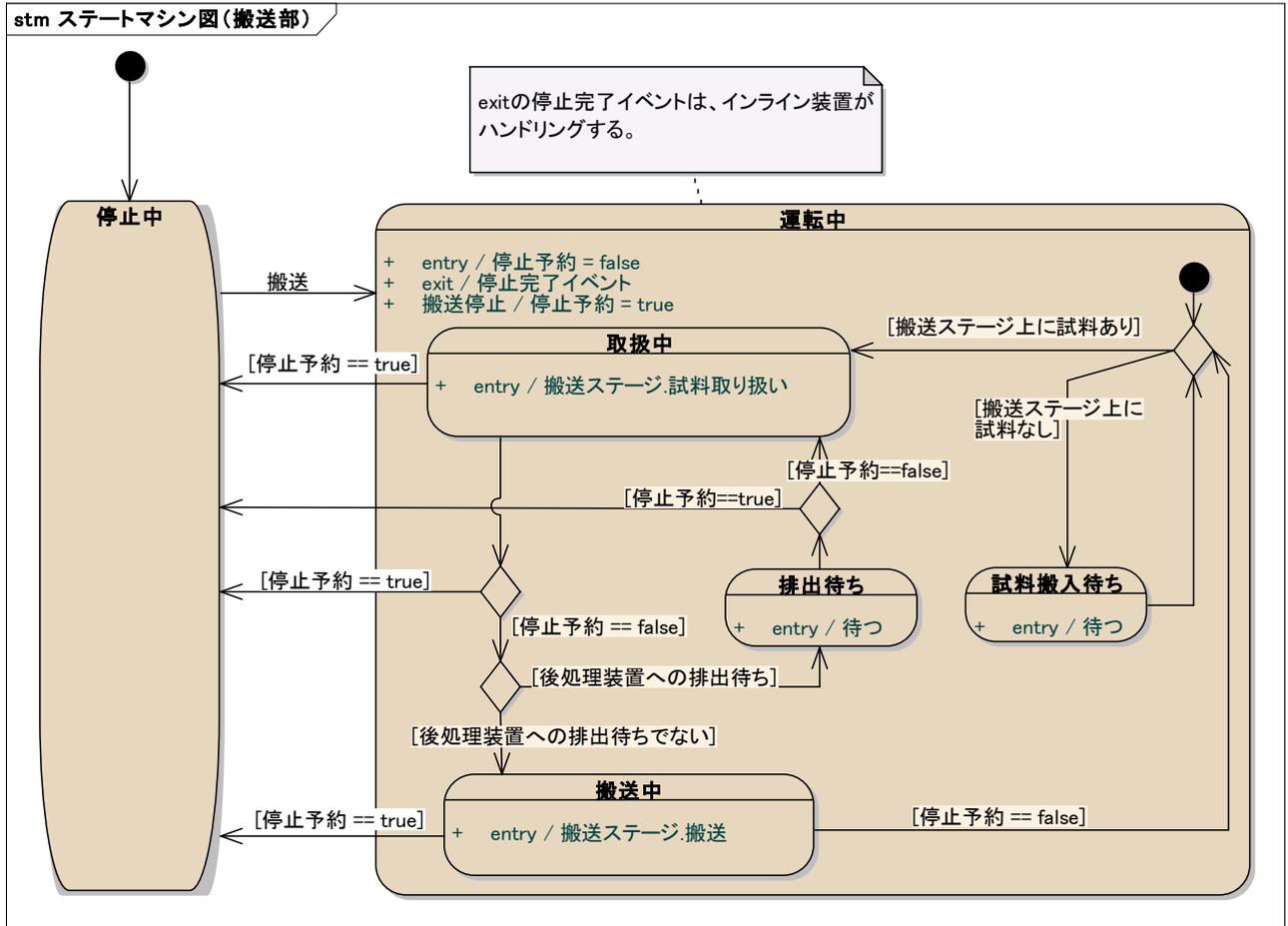


図27

搬送部は、資料取扱い(=位置決め・処理・排出)と搬送、試料待ちの合間に停止チェックが入ります。

要求仕様の「停止ボタンによる連続動作の停止のタイミングの要求」や「搬送部の各動作と処理部の動作の並行タイミングの要求」に準じています。

搬送ステージクラスのステートマシン

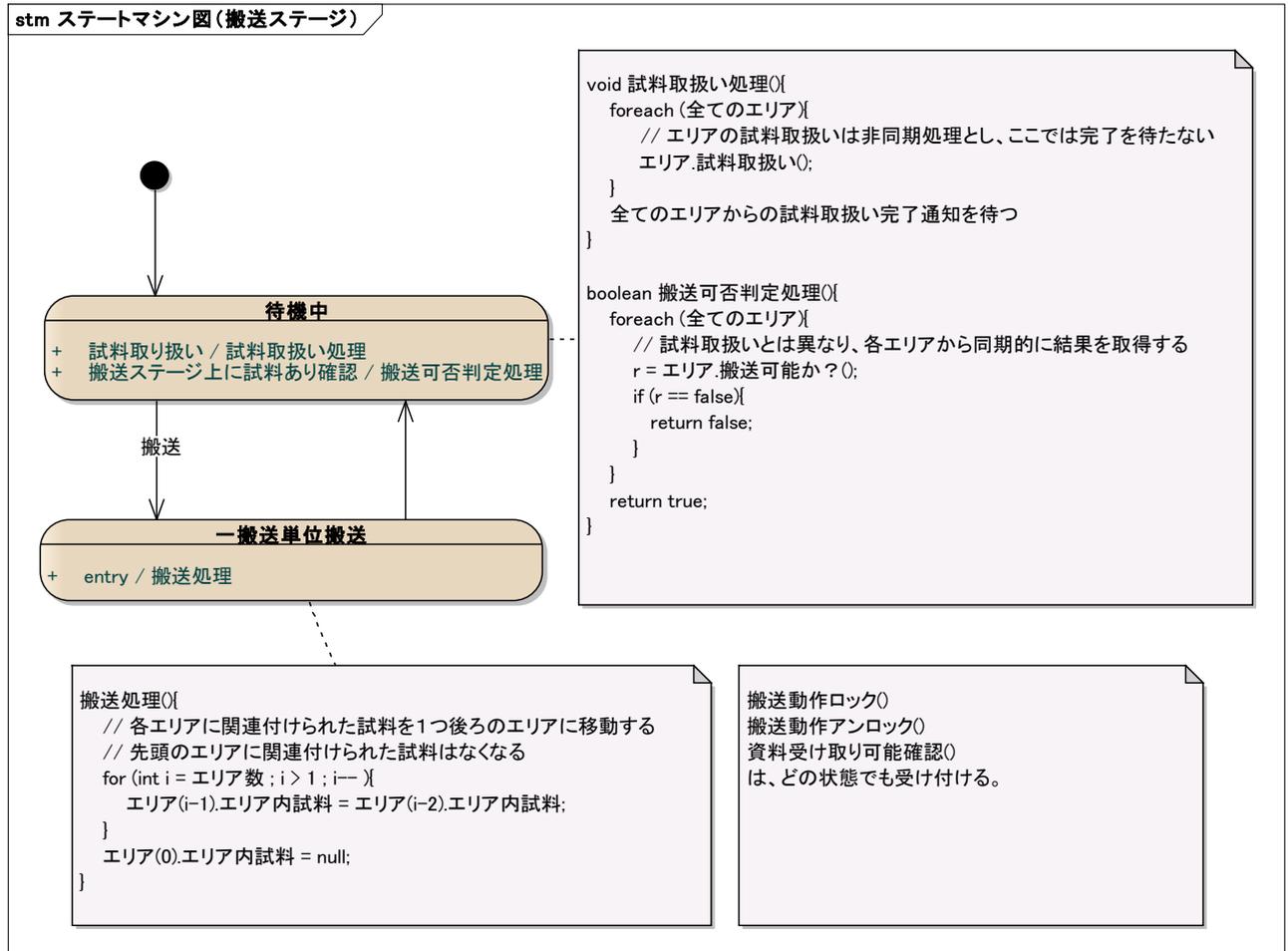


図28

搬送ステージは、全試料を1エリアずつ移動させます。

PIM 設計モデル

インライン装置の PIM 設計モデルでは、

- ◆ ハードウェアボタンへの対応
 - ハードウェアボタンの信号をソフトウェアのボタンクラスにつなげる仕組みのモデルの追加
- ◆ タスク間通信の仕組み
 - 運転中に停止させるための仕組みのモデルの追加
 - 搬送部の 試料位置決め動作・試料排出動作 および処理部による処理動作の並行処理と待ち合わせの仕組みのモデルの追加
- ◆ 状態ごとの機能拡張性付加
 - 処理部に状態ごとの処理を追加しやすくするための仕組みの追加

を行います。

それぞれの追加事項ごとに、分析モデルを設計モデルにします。

今回は、参考となる設計だけを見やすくするため、すべてのユースケースの設計モデルを提供していません。掲載以外の箇所は、PIM 設計レベルでも分析モデルのままでもいいか、（たとえばスタートボタンとストップボタンへの設計が同じなど）記載された設計モデルと同等の設計を入れることで、PIM 設計モデルを完成させることができます。

ハードウェアボタンへの対応

要求仕様の「ボタンのハードウェアインタフェース仕様」に準じて、ポーリングやチャタリング対策の設計を行います。

静的モデル

ハードウェアボタンへの対応のクラス構成

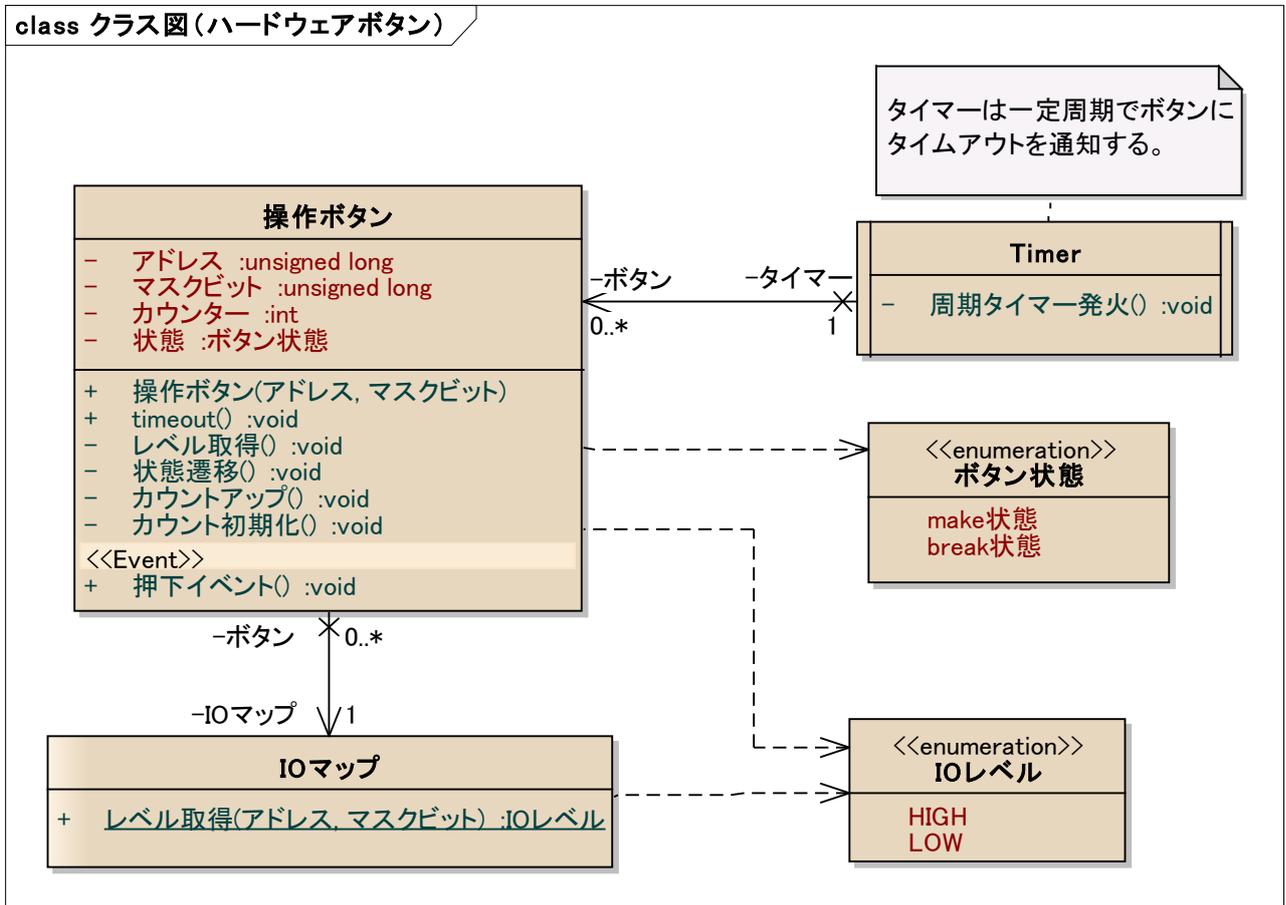


図29

クラス名	説明
ボタン状態	《enumeration》 make 状態 ⁸ は、操作ボタンが押されている状態を示します。break 状態は、操作ボタンが押されていない状態を示します。
IO レベル	《enumeration》 HIGH は IO マップの値が HI であること。LOW は IO マップの値が LOW であることを示します。
操作ボタン	操作ボタンとして役割を実現するクラスになります。内部状態として make/break の状態を持ちます。 Timer クラスからのタイムアウト通知に対して状態と I/O マップからのレジスタ値に応じた振る舞いを実現します。 チャタリング除去の責務をもち、チャタリング除去後に操作部にイベントを通知します。
Timer	タイマーとしての役割を行うクラスになります。事象発生後一定周期でタイムアウトを通知します。
IO マップ	メモリマップトされたレジスタ値のアクセスメソッドを提供するクラスとなります

⁸ make 状態の詳細な定義は、要求仕様の[設計への制約]-[ボタンのハードウェアインタフェース仕様]を参照。

スタートボタンのハードウェアボタンへの対応

ハードウェアボタンのメカニズムをスタートボタンに適用したクラス図を下図に示します。

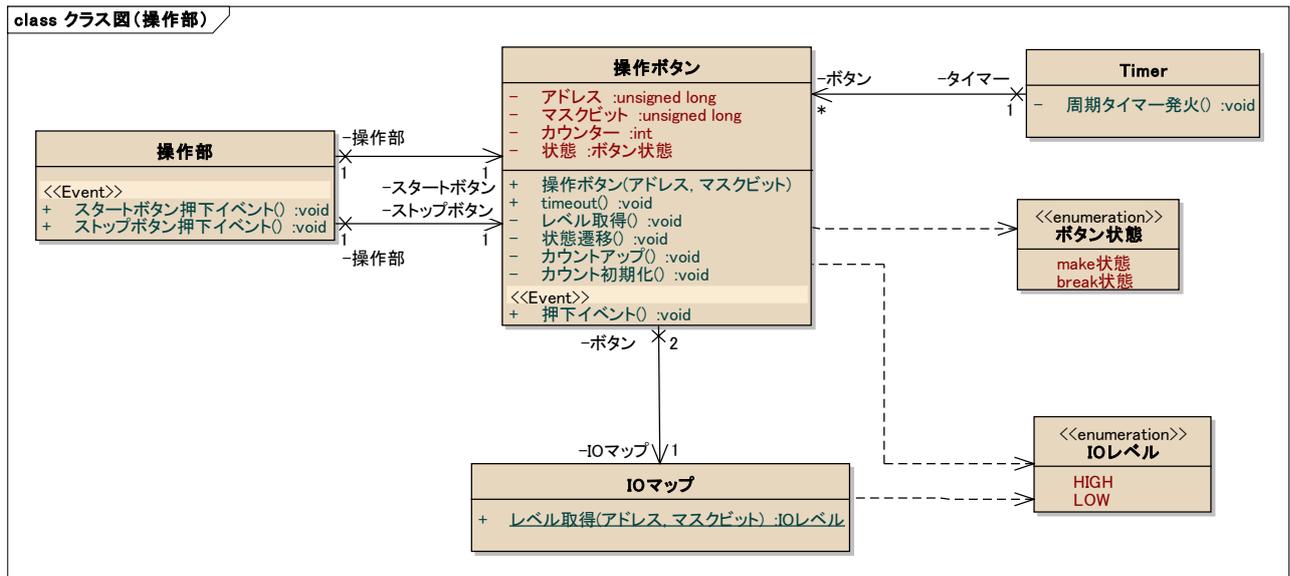


図30

インライン装置の要件で「スタートボタン」、「ストップボタン」の2つのボタンに操作ボタンはインスタンス化されます。

動的モデル

ハードウェアボタンからボタンクラスへの信号通知の相互作用

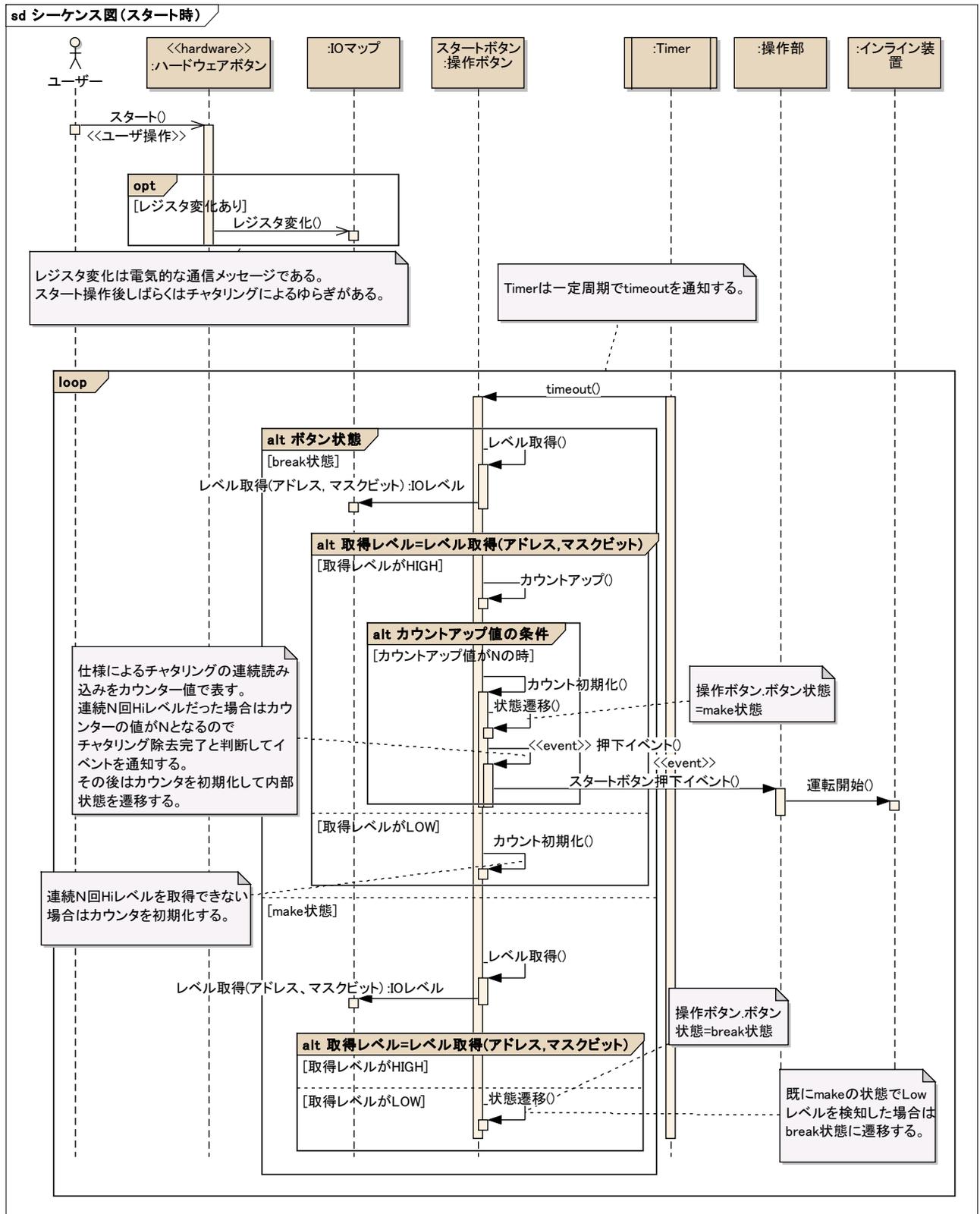


図31

ユーザによる「<<hardware>> ボタン押下」が「IO マップ」のレジスタに伝わり、「スタートボタン:操作ボタン」がレジスタを確認し、「操作部」に「<<event>> 押下イベント」を伝えるシーケンス図です。

Timer で周期的に「操作ボタン」にレジスタを確認させています。

「操作ボタン」内では、チャタリング対策の仕様を実現させています。

タスク間通信の仕組み

静的モデル

タスクマッピングしたオブジェクト構成

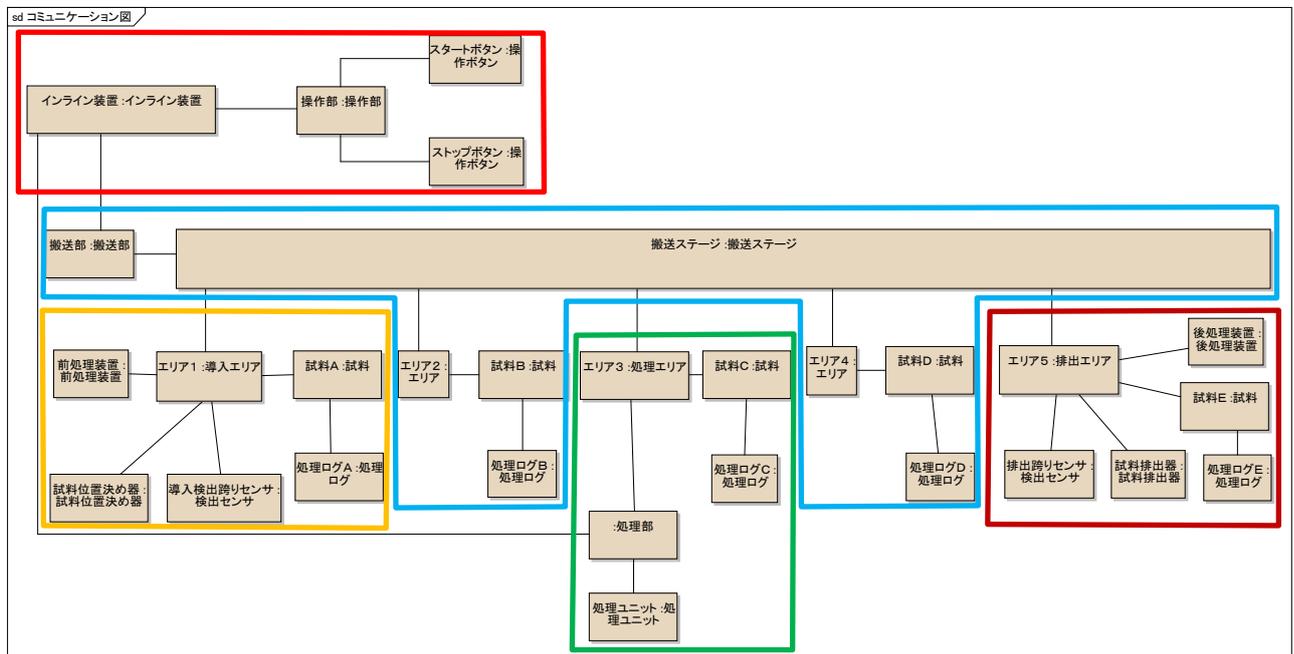


図32

インライン装置では、このオブジェクト図のようにタスクマッピングします。このタスクマッピングは、並行的に動作するオブジェクトをタスクとして分割しています(タスクマッピング手法の解説はありません)。設計モデルに、タスク間にまたがるメッセージをやり取りする仕組みを追加します。

タスク間でメッセージをやりとりするための仕組みのクラスの構成

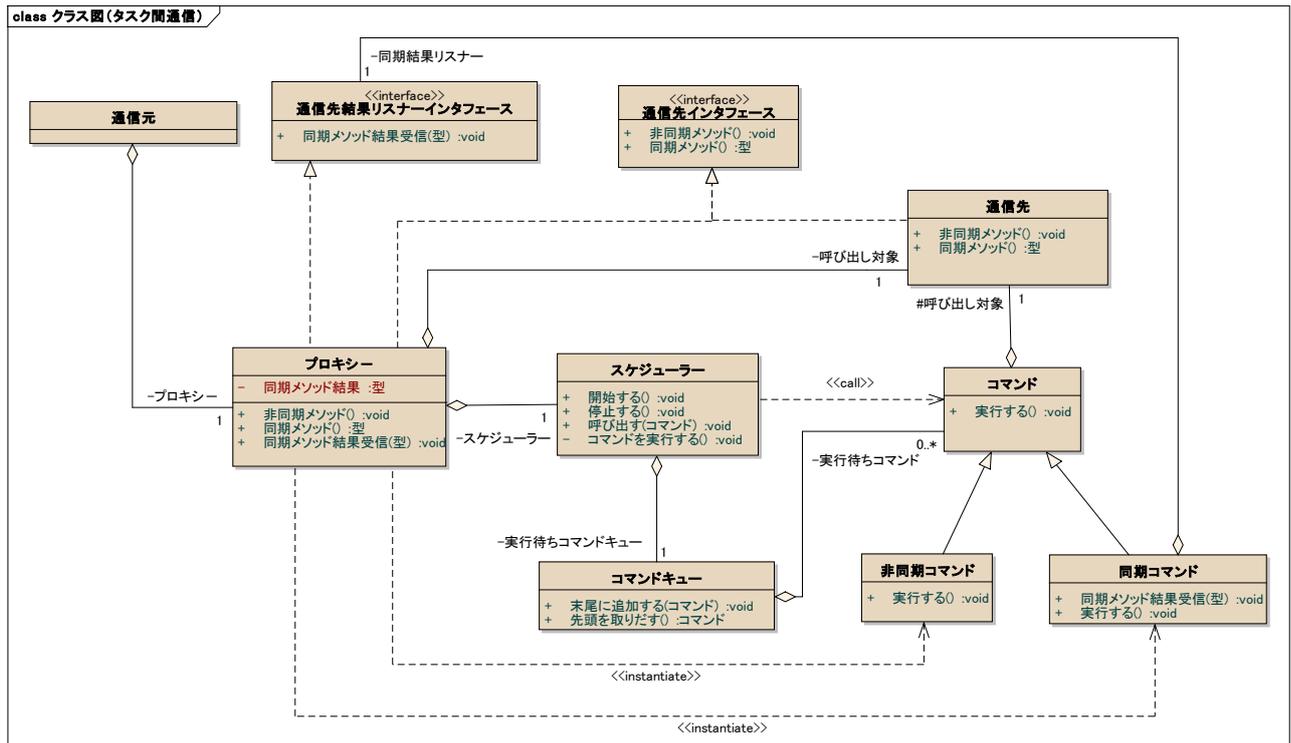


図33

通信元が通信先へ処理を依頼している間、通信元も他の処理を並行で実行できるように通信元クラスと通信先クラスの下記のクラスを追加しています。

クラス名	説明
通信元	通信先に処理依頼を出すクラスです。
通信先	通信元から処理依頼を受けて処理を実行するクラスです。
通信先インタフェース	通信元から呼び出される処理をまとめたインタフェースです。
通信先結果リスナーインタフェース	通信元から呼び出される処理結果を知るためのリスナーインタフェースです。
プロキシ	通信先の代理クラスとなります。通信元から、通信先の代わりに呼び出されます。プロキシクラスは、呼び出されたメソッドに対応するコマンドを生成し、コマンドの実行をスケジューラスレッドに依頼します。
スケジューラ	通信元から依頼されたコマンドを順番に従って実行するクラスです。コマンドの実行は、通信元とは別スレッドになります。
コマンド	通信先インタフェースの処理に対応したコマンドです。スケジューラスレッドから呼び出されると通信先の対応する処理を実行します。
コマンドキュー	通信元から依頼されたコマンドを蓄積するキューです。スケジューラクラスからコマンドが取りだされるとキューからコマンドが取り除かれます。コマンドキュークラスはコマンド実行時のスレッドとコマンド登録時のスレッドと異なるスレッドから呼び出されるため、スレッドセーフにしてください。
同期コマンド	通信先インタフェースの処理に対応した具体的なコマンドクラスです。
非同期コマンド	通信先インタフェースの処理に対応した具体的なコマンドクラスです。

通信元が、直接、通信先を呼び出すのではなく、スケジューラーを挟む事によって並行処理を実現しています。

動的モデル

タスク間でメッセージをやりとりするための仕組みの相互作用(非同期)

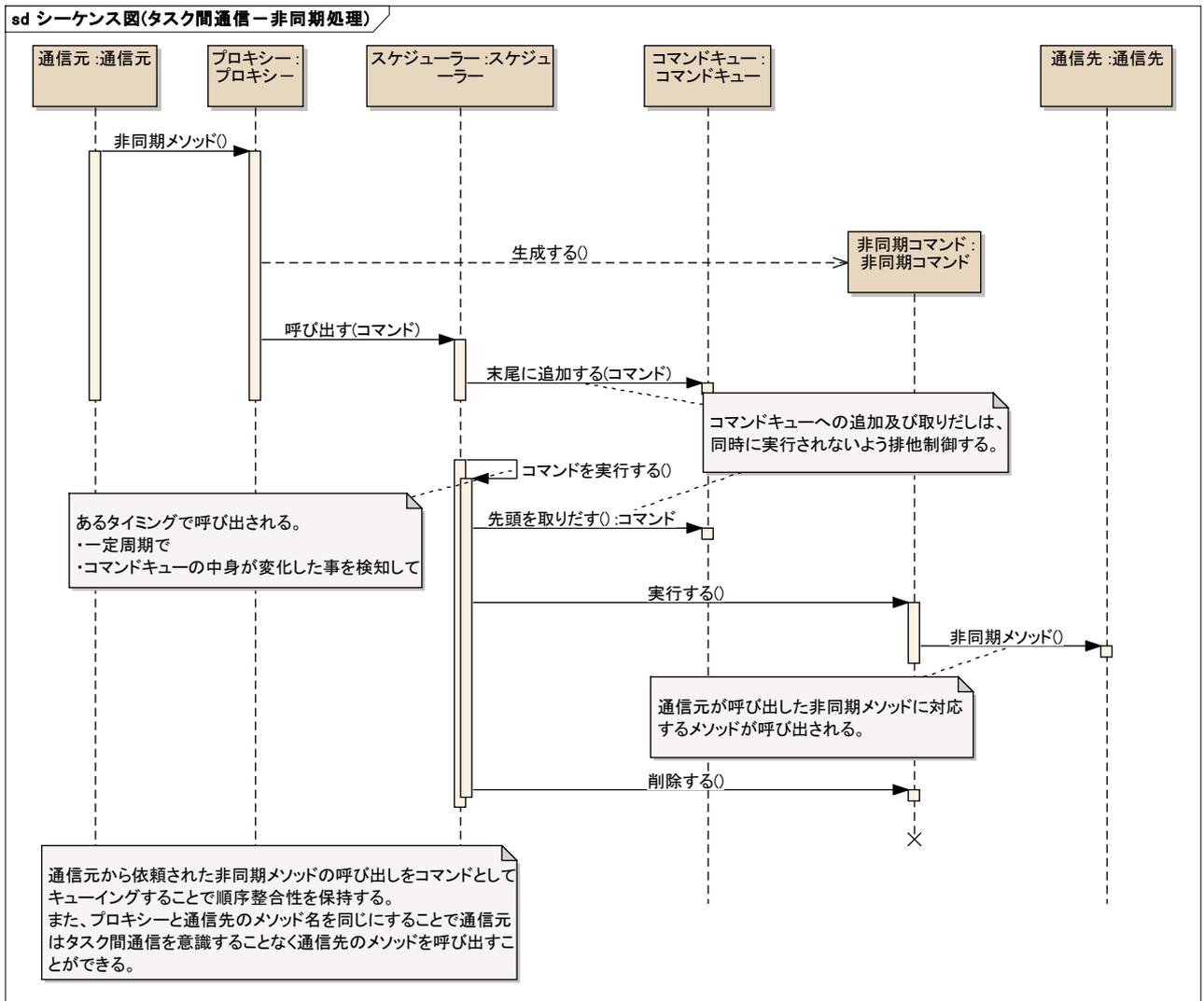


図34

タスク間通信を適用した非同期メソッドの呼び出しのシーケンスです。

通信元から呼び出されたプロキシはコマンドをコマンドキューに追加すると直ちに通信元に制御を返します。スケジューラーは、コマンドキューに追加された先頭のコマンドを取りだしてコマンドを実行します。スケジューラーがコマンドキューから抜き出すタイミングは、ポーリングする方法やイベント検知などの方法が考えられますが、ここでは詳細には触れません。

タスク間でメッセージをやりとりするための仕組みの相互作用(同期)

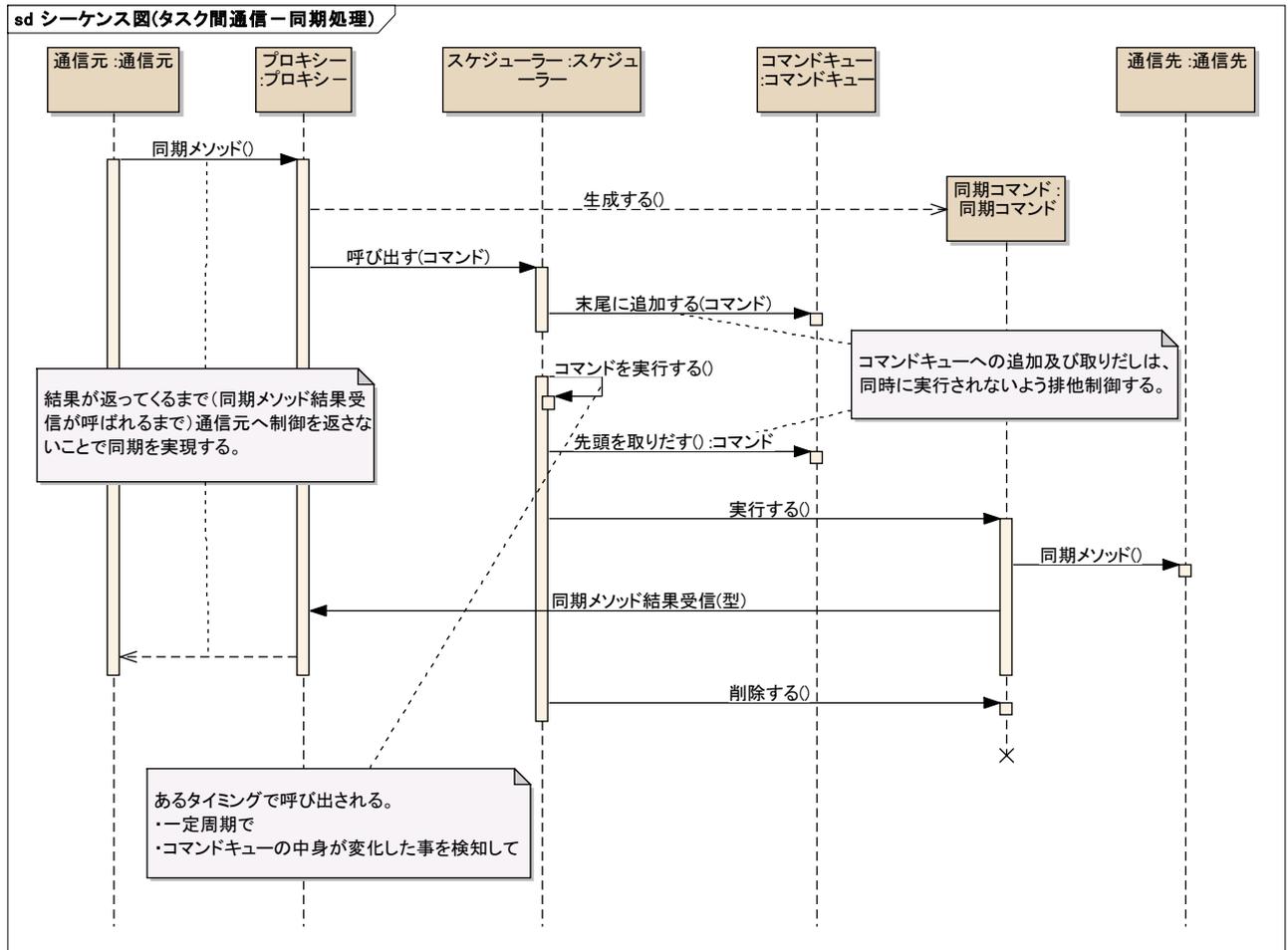


図35

タスク間通信を適用した同期メソッドの呼び出しのシーケンスです。

通信元からの呼び出し方法は非同期メソッドと同じです。通信元から同期メソッドが呼び出された場合、プロキシは、コマンドをコマンドキューに追加しても通信元に制御を返さず、同期コマンドから同期メソッド結果受信が呼び出されるまで待ちます。同期メソッド結果受信が呼び出されると通信元へ制御を返します。

静的モデル

インライン装置から搬送部へのタスク間通信の構造

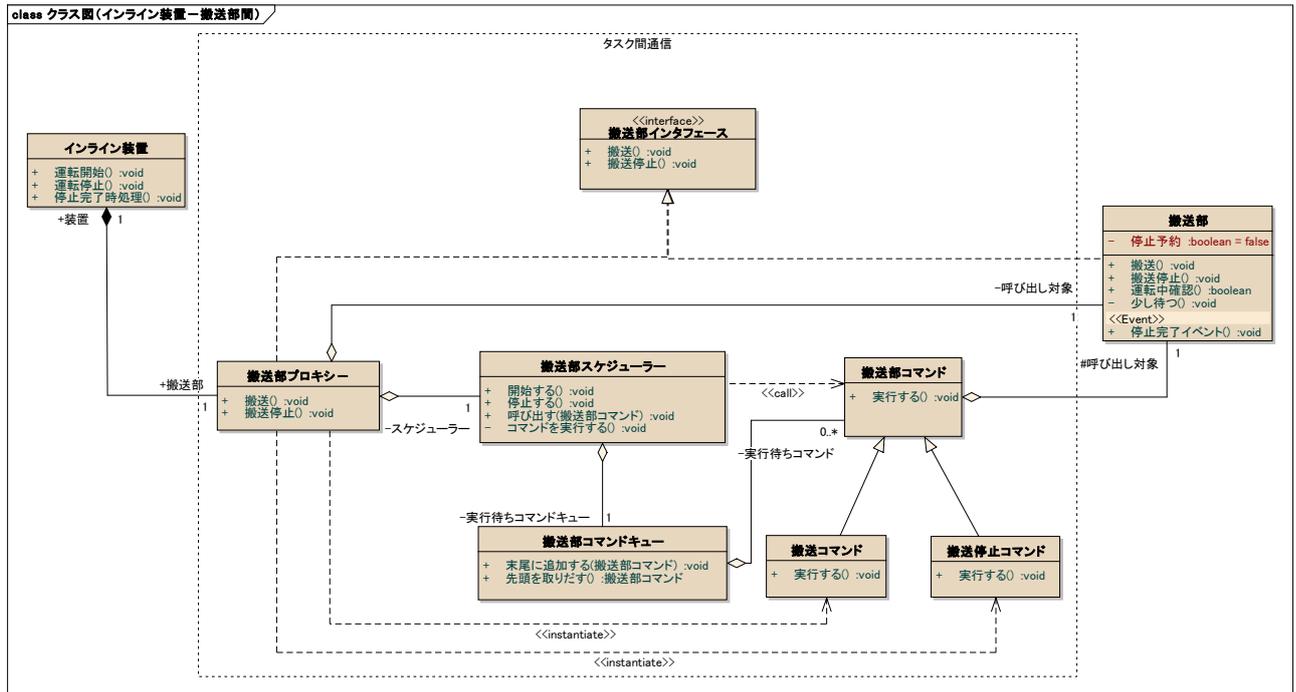


図36

インライン装置と搬送部の間にタスク間通信のメカニズムを適用したクラス図になります。

クラスの詳細な説明については分析モデルのクラス図及びタスク間通信のクラス図の説明を参照してください。

動的モデル

インライン装置から搬送部へタスク間通信(非同期)の相互作用

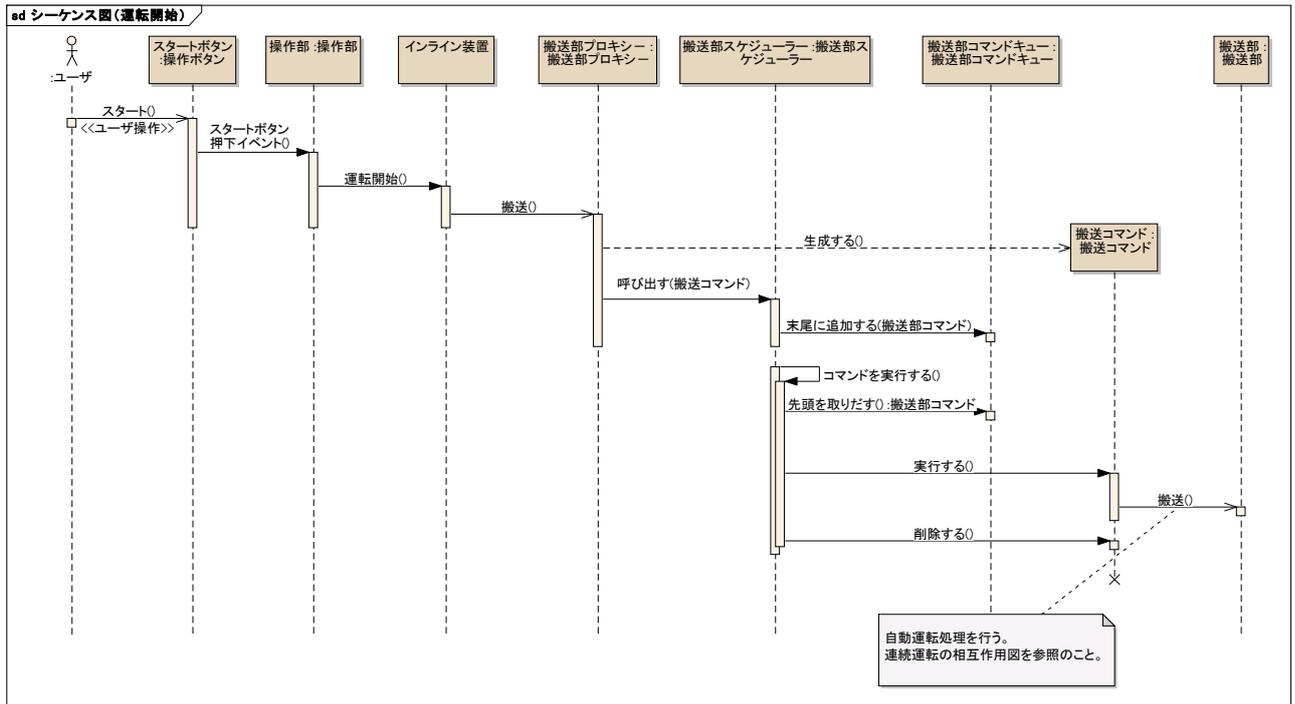


図37

上図は図 18 の「UC1 運転を開始する」シーケンスに、インライン装置と搬送部間のタスク間通信メカニズムを適用したシーケンス図になります。

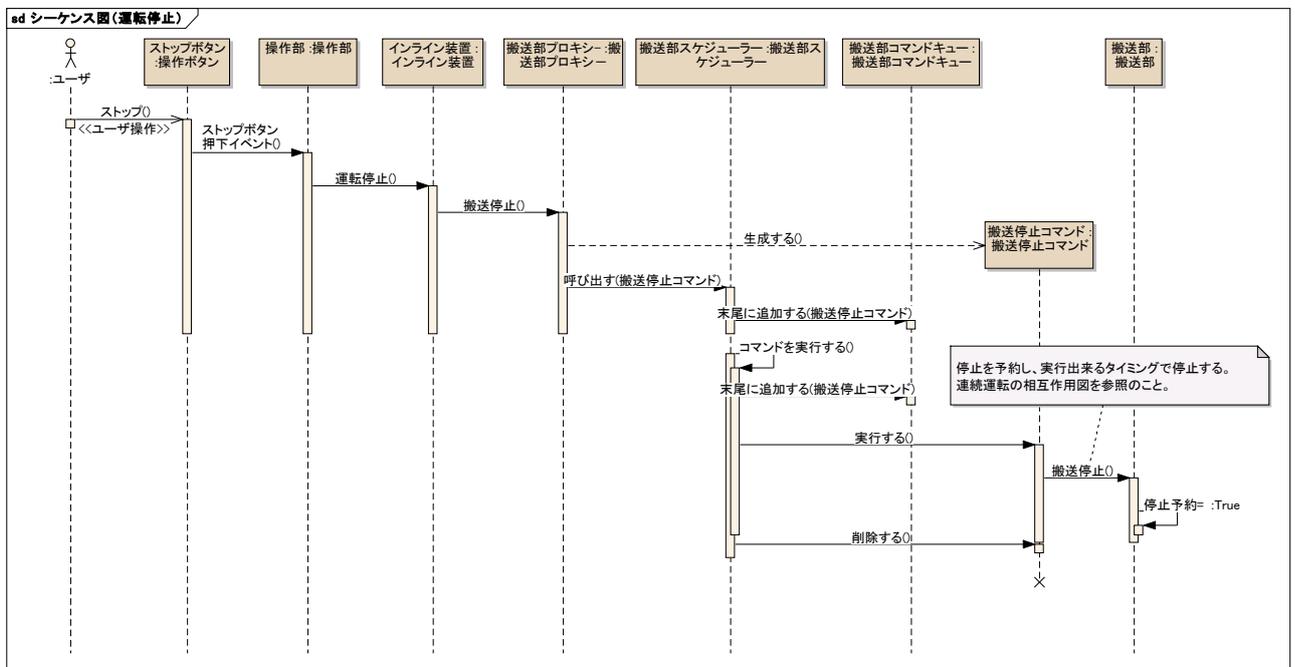


図38

上図は図 21 の「UC2 運転を停止する」シーケンスに、インライン装置と搬送部間のタスク間通信メカニズムを適用したシーケンス図になります。

静的モデル

搬送ステージと導入エリアとのタスク間通信のオブジェクト構成

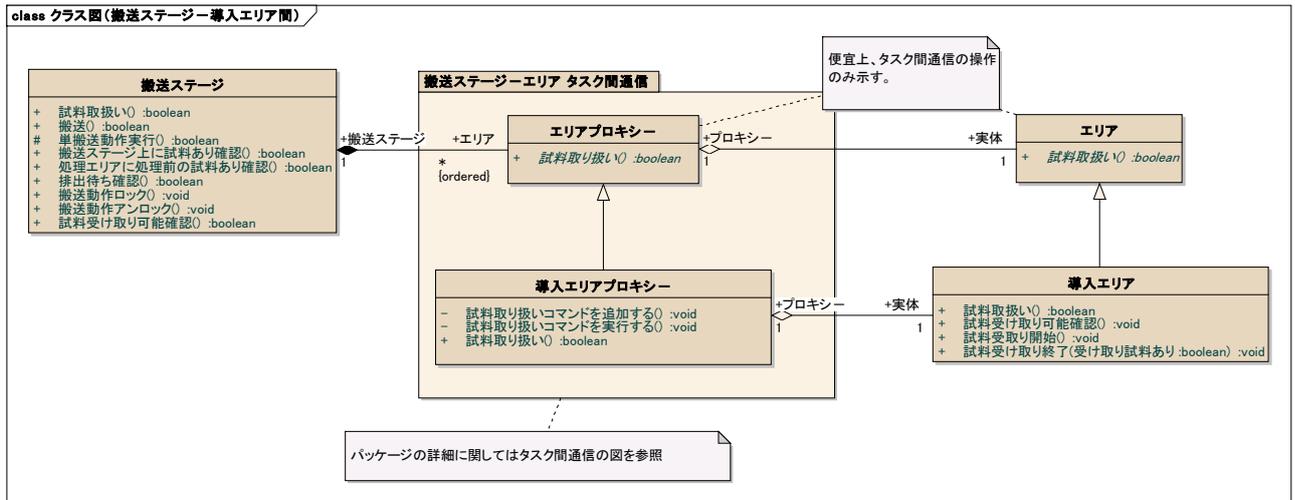


図39

搬送ステージと導入エリアの間にあるパッケージは、タスク間通信のクラス群です。タスク間通信の詳細は、タスク間通信のクラス図に記載していますので、ここでは省略しています。

動的モデル

搬送ステージと導入エリアとのタスク間通信(同期)の相互作用

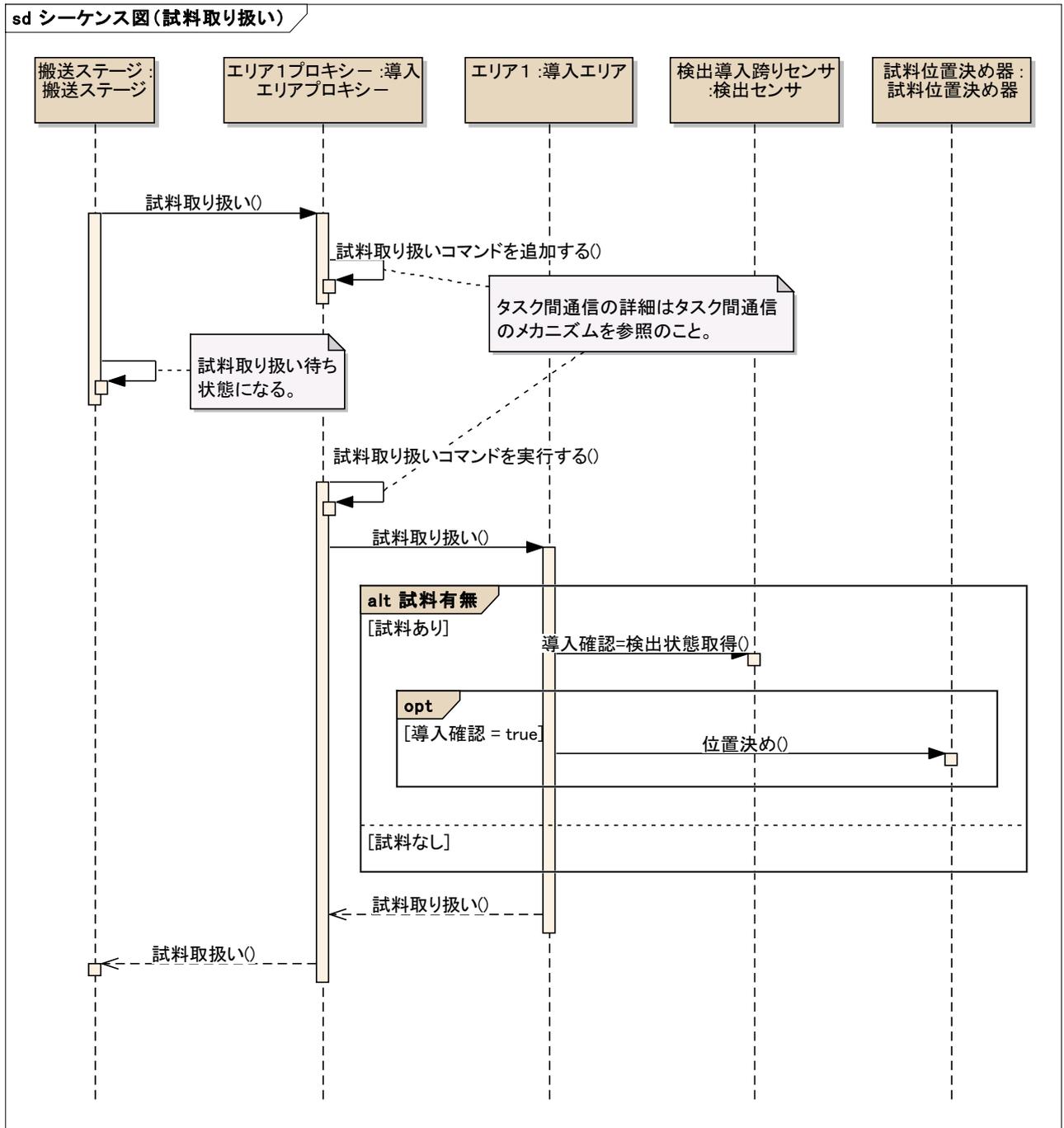


図40

上図は図 23 の搬送ステージと導入エリアの試料取り扱いシーケンスに、搬送ステージ-導入エリア間のタスク間通信メカニズムを適用したシーケンス図になります。

状態ごとの機能拡張性付加

処理ユニットに、状態ごとの処理を追加しやすくするため、ステートパターンを導入します⁹。

この設計では、

- 試料を処理するために、ヒーターによる加熱を必要とします。
- 省エネのために、ヒーターは必要に応じて加熱します。
- また、ヒーターは加熱を開始してから処理が可能な温度になるまで時間がかかります。

の条件で、ステートパターンで加熱処理を追加する例を提示します。

静的モデル

処理ユニットの状態ごとの機能拡張のクラス構成

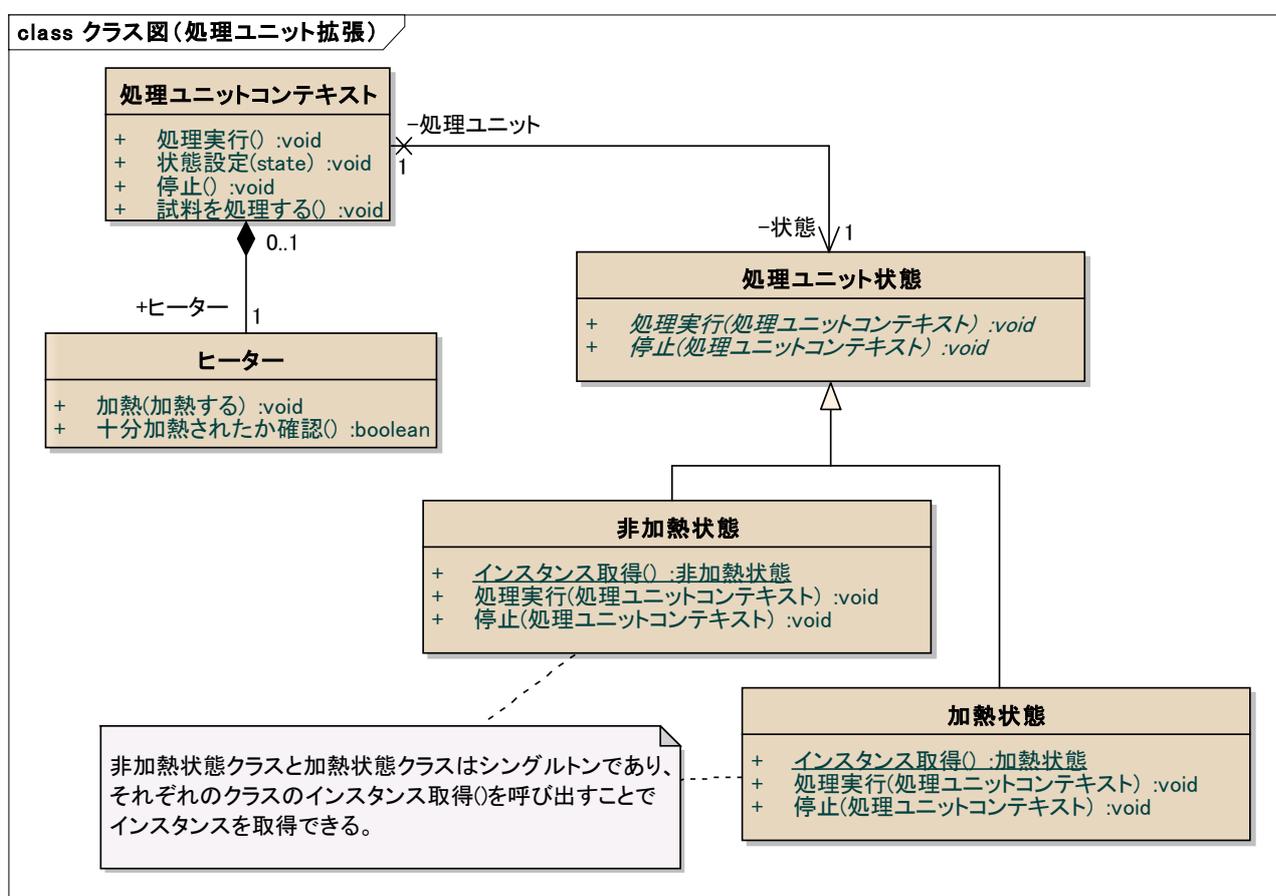


図41

分析モデルの[処理ユニットクラス]を、[処理ユニットコンテキストクラス]とし、処理ユニットにはヒーターが付いている、という考え方だけのクラスにします。[処理ユニットクラス]の振る舞いを状態ごとに分けて、[加熱状態クラス][非加熱状態クラス]として独立させています。

これは、GoFのステートパターンを用いています。詳細は、参考文献[Erich Gamma]を参照してください。

⁹ この例では、状態は2つしかありませんが、これから状態を増やしてゆく予定があるという仮定で、ステートパターンを用いています。

動的モデル

処理ユニットでのステートパターンを使った加熱と処理のステートマシン

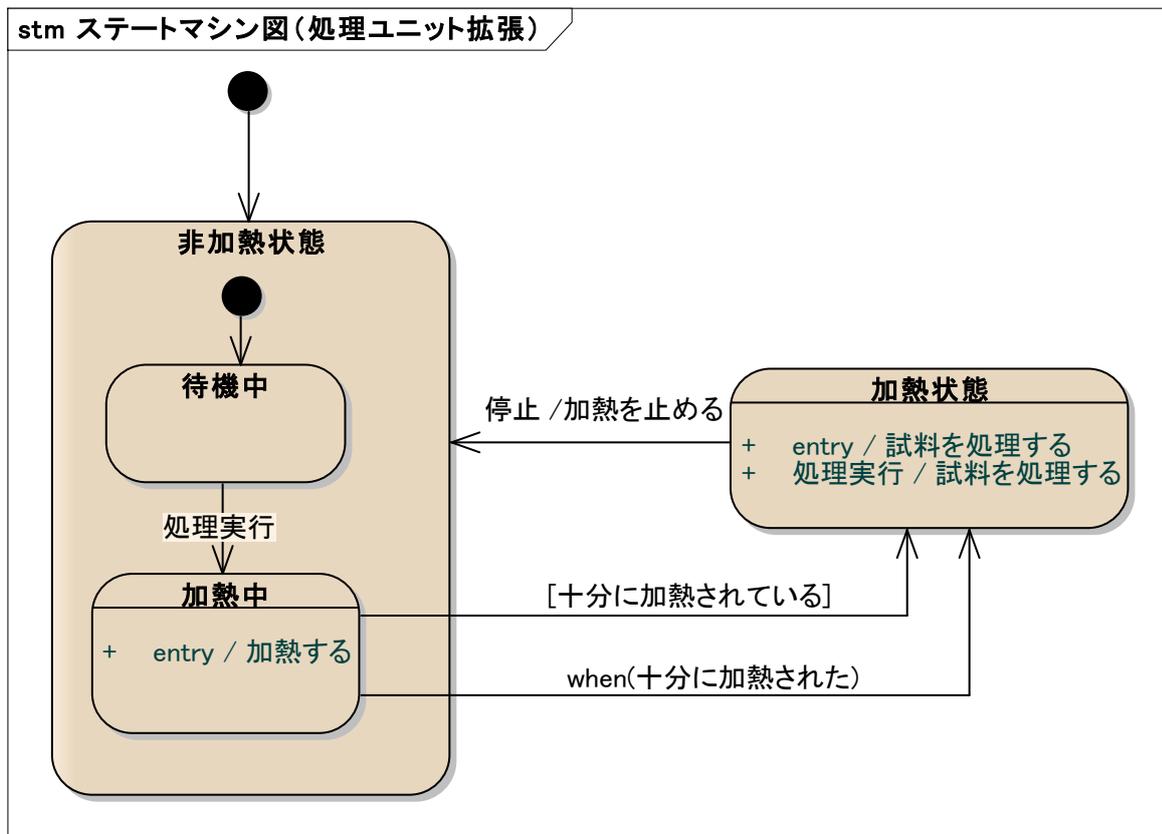


図42

このステートマシン図は、加熱/非加熱がある場合の試料を処理する仕様を表しています。初期状態では非加熱状態になります。ヒーターに加熱が指示され十分に加熱されたときに加熱状態へ遷移します。ヒーターが十分に加熱されたかどうかは常時確認する必要があるため when イベントを使用します。

処理ユニットでのステートパターンを使った加熱と処理の相互作用

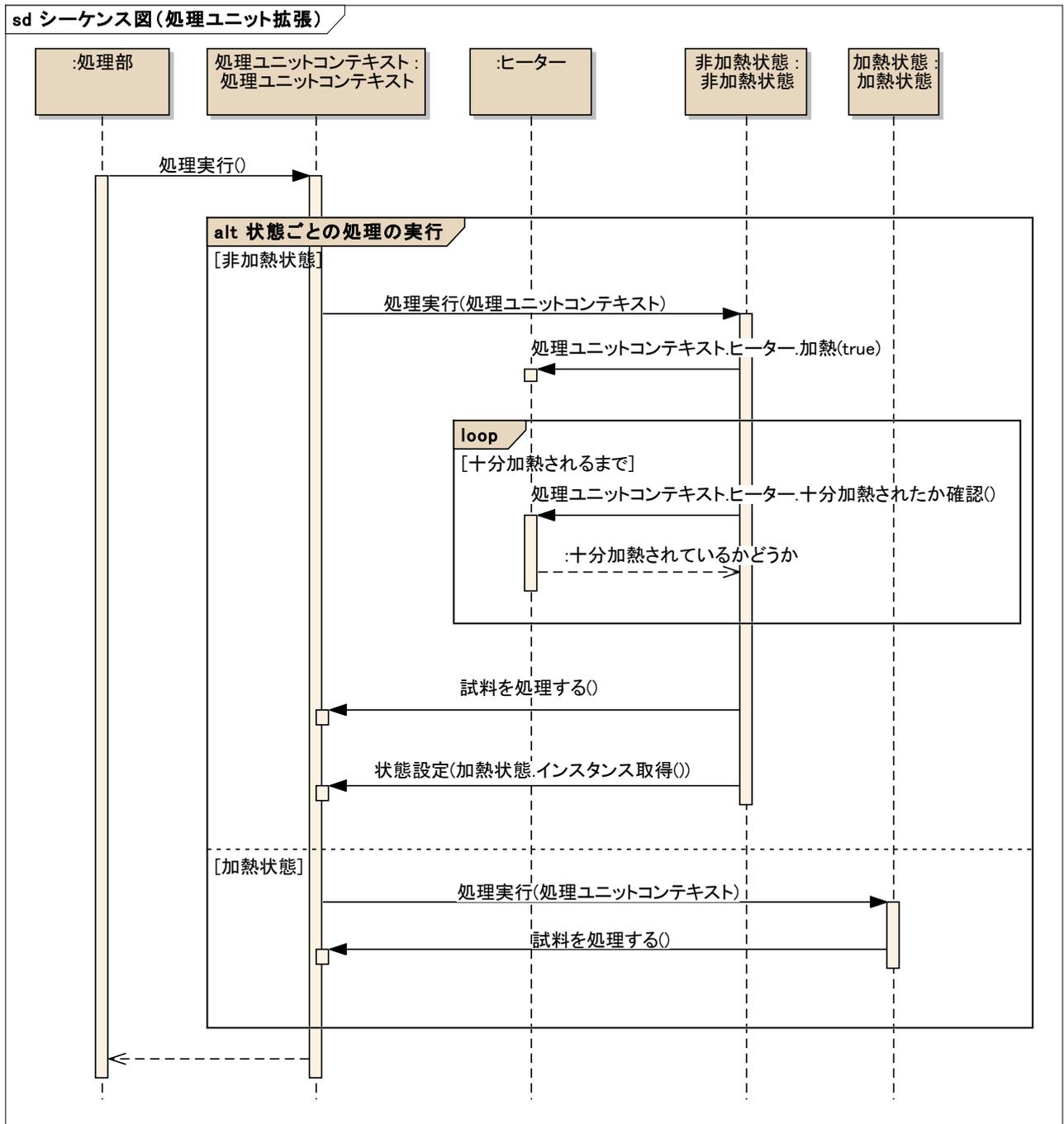


図43

図 24 の処理エリア試料取扱いの相互作用に、処理ユニットの機能拡張を追加したシーケンスです。

処理ユニットが持つ状態によって、処理が異なります。

非加熱状態ならば、ヒーターへの加熱を行い、十分に加熱されてから処理を行います。

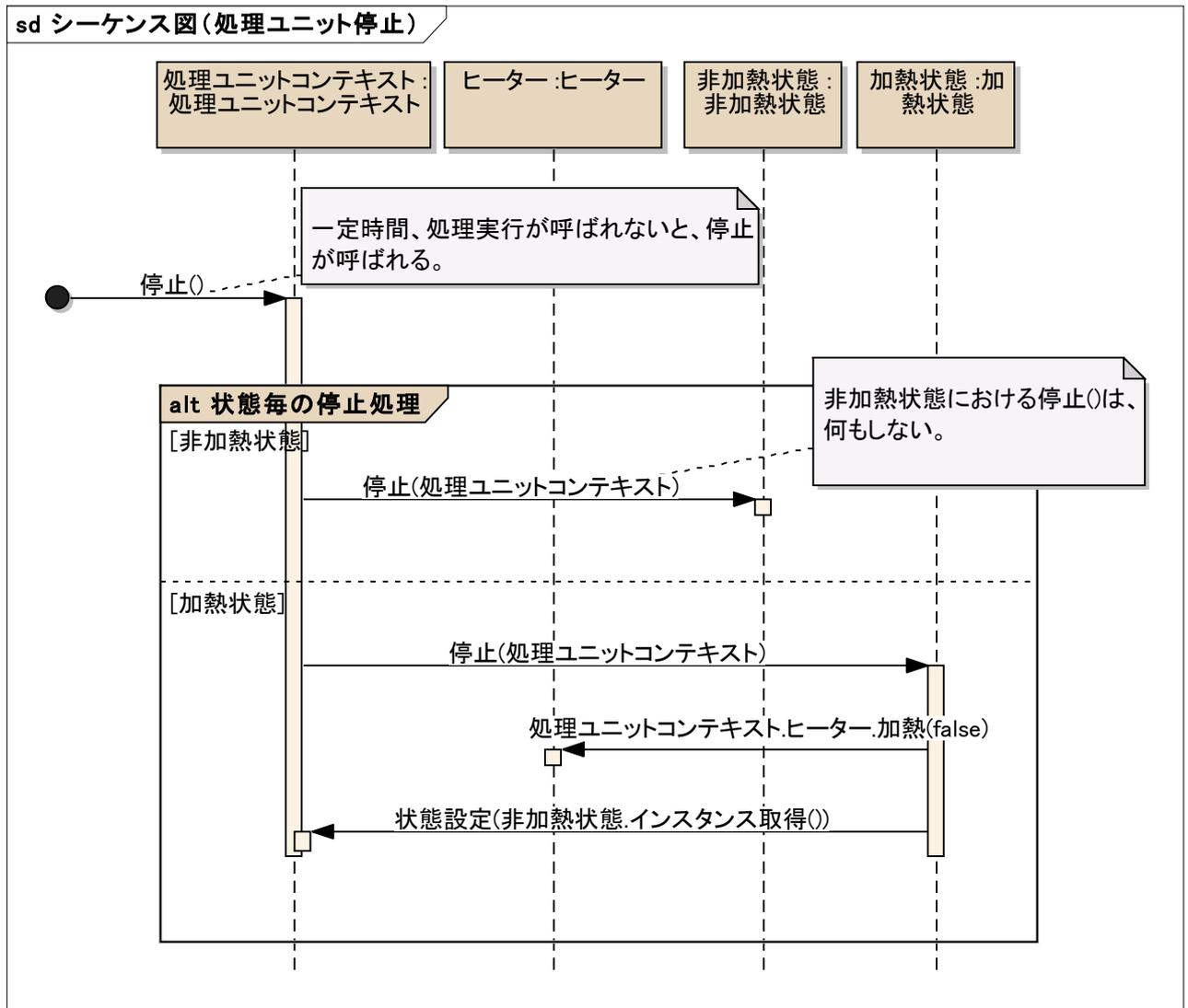


図44

一定時間、処理ユニットの処理実行()が呼び出されないときに、ヒーターへの加熱を停止するシーケンスです。

参考文献

- ◆ 『オブジェクト指向における再利用のためのデザインパターン』 Erich Gamma [ほか] 著、ソフトバンクパブリッシング、1999
- ◆ 『Java 言語で学ぶデザインパターン入門 マルチスレッド編』 結城 浩 著、ソフトバンククリエイティブ、2002

付録：インライン装置とは

「インライン装置」は、工場の生産ラインのような“ライン”で使用される、搬送部と処理部が一体となった装置です。下図「ラインとは」のように複数台のインライン装置がつながって“ライン”が構成されます。但し、“ライン”の先端と終端の装置は、“インライン”になることができないため、供給装置と収納装置または、ロボットハンドなどが接続されます。

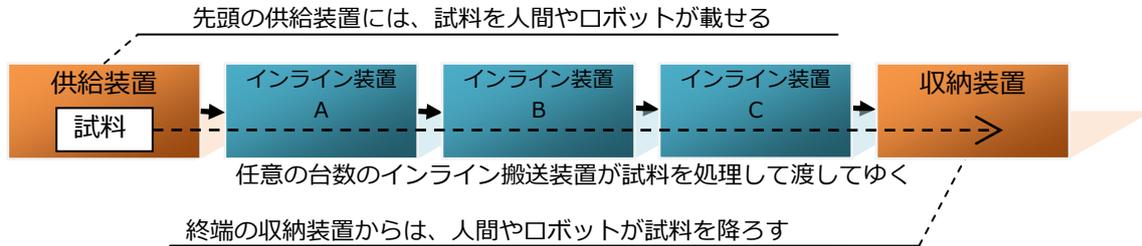


図45 ラインとは

また、1台のインライン装置から見ると、ひとつ前の装置を“前処理装置”、ひとつ後の装置を“後処理装置”と呼びます。インライン装置は、「試料に対する処理」と「前処理装置と後処理装置との試料の受け渡し」を行っています。たとえば、上図「インライン装置とは」の“インライン装置 A”の前処理装置は“供給装置”で後処理装置は“インライン装置 B”です。“インライン装置 B”の前処理装置は“インライン装置 A”で後処理装置は“インライン装置 C”です。通常、インライン装置は、順番を組み替えてもラインを構成できます。



図46 インライン装置とは

付録：用語集

用語	説明	
ライン	工場の生産ラインなどの流れ作業を行う集合のこと	
インライン装置	ラインで使用される、搬送部と処理部が一体となった装置のこと。ラインの先端/終端以外の部分で接続される。	
供給装置	試料をラインに導入する装置。ラインの先端に接続されることがある。	
収納装置	試料をラインから運び出す装置。ラインの終端に接続されることがある。	
試料	ラインにおける搬送及び処理対象。	
前処理装置	その装置の直前に接続される装置のこと。主な前処理装置として、インライン装置と供給装置の二つがある。	
後処理装置	その装置の直後に接続される装置のこと。主な後処理装置として、インライン装置と収納装置の二つが考えられる。	
試料処理履歴管理システム	試料の処理結果及び履歴を管理するシステム。一つの試料に対して、ラインを構成する複数のインライン装置の処理結果及び履歴が管理される。	
運転	インライン装置として継続的に動作すること。	
搬送	試料を運ぶこと。	
処理	試料を処理すること。例えば、加工や検査など。	
インライン装置	操作部	<p>【責務】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ユーザに対するインタフェース <p>【構成要素】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・スタートボタン …… 運転モードに入る ・ストップボタン …… 停止モードに入る ・電源ボタン …… 電源の ON/OFF を切り替える
	処理部	<p>【責務】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・試料の処理 <p>【構成要素】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・処理ユニット …… 試料に対する処理を行う
	搬送部	<p>【責務】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・試料の搬送 <p>【構成要素】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・搬送ステージ …… 試料を搬送する ・処理エリア …… 処理をする場所 ・導入検出跨りセンサ …… 下記の2点を確認する 前処理装置から受け取った試料が（インライン装置内に）存在すること 前処理装置から受け取り終わった試料を取り損なっていないこと ・試料位置決め器 …… 試料を位置決めする → 搬送ステージに確実に試料を導入するため ・搬出跨りセンサ …… 下記の1点を確認する 後処理装置に排出し終わった試料が、排出し損なっていないかを確認する ・試料搬出器 …… 試料を後処理装置へ排出する
運転開始	操作部のスタートボタンを押下され、運転モードに入った状態。	
運転停止	操作部のストップボタンを押下され、停止モードに入った状態。ただし、停止モードに入ったからと言って即時に処理が停止するわけでは	

	ない。 試料の処理中は、1 試料の処理が終了した所で停止する。 試料の処理中での停止はしない。
試料の導入 (= 確実に引き込む)	引き渡された試料が、導入検出跨りセンサによって、正しく試料が引き渡されていることを確認すること
試料の排出	引き渡した試料が、排出跨りセンサによって、正しく引き渡しできていることを確認すること
引き渡される	前処理装置から搬送部へ試料が運ばれること
引き渡す	搬送部から後処理装置へ試料を運ぶこと

組込み分野のための UML モデルカタログ
「インライン装置」

初版発行 2013年（平成25年）5月1日

発行者 UMLTP, Japan

編著 組込みモデリング部会

印刷

UMLTP, Japan

東京都渋谷区代々木1丁目22番1号

<http://www.umltp-japan.org/>