

人協働



マニピュレーション機能

インターフェース仕様書

Version 1.2



2022年11月

ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会

ロボットイノベーションWG

ソフトウェアアーキテクチャ調査検討委員会

発行者 ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8
機械振興会館507号室 日本機械工業連合会内
TEL 03-3434-6571
E-mail office@jmfri.gr.jp
URL <https://www.jmfri.gr.jp/>

Copyright © 2022 ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会 All Rights Reserved.

本文書は、著作権法および国際条約により保護されています。個人または会社（または会社準ずるもの）内部での使用を目的として、本文書をダウンロード、印刷、または電子的に閲覧することができます。本資料の内容の全部又は一部については、私的使用又は引用等著作権法上認められた行為として、適宜の方法により出所を明示することにより、引用・転載複製を行うことができます。内容の全部又は一部について、ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会に無断で改変を行うことはできません。

ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会はいかなる目的においても使用可能性を保証するものではなく、本文書の内容を使用したいかなる場合においても責任を負いません。本文書の利用者は、本文書に記載された内容の使用に関連して発生したすべての要求、請求、訴訟、損失、損害（人身事故による損害を含む）、費用、経費（弁護士費用を含む）について、ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会に何らの損害も与えないことに同意するものとします。

目次

1	はじめに	3
1.1	本仕様書で提供する情報	3
1.2	本仕様書の対象とするユーザ	3
1.3	本仕様書のスコープ	4
1.4	参考文献	4
1.5	委員名簿	5
2	想定システム	6
2.1	想定環境・シナリオ	6
2.2	システムの振る舞い概要	9
2.3	人協働マニピュレーションモジュールの状態遷移	11
3	<i>Platform Independent Model (PIM)</i>	13
3.1	書式について	13
3.1.1.	クラスとインターフェース	13
3.1.2.	列挙型	13
3.2	インターフェース定義	14
3.2.1.	データ型定義	14
3.2.2.	インターフェース定義(常時通信データ)	20
3.2.3.	インターフェース定義(イベントドリブンデータ)	22

1 はじめに

現在、ものづくりを支える技術として、産業用ロボットは不可欠な要素となっている。これまでの少品種大量生産の形態から、少量多品種生産に移行しており、産業用ロボットやその周辺装置に求められる技術は変化してきている。特に、従来は工場では、ロボットと人は完全に分離された状態での運用を基本としていたが、ものづくりの形態の変化に伴い、ロボットと人との間の垣根を下げ、同じ空間で働く「協働ロボット」というコンセプトのロボットも登場してきている。

協働ロボットの適用が期待されている範囲は広く、ものづくりの工場だけでなく、三品産業（食品・医薬品・化粧品）のようにこれまでは人が主体で生産に関わっていた分野へのロボットの進出も進んでいる。そのため、これからの産業用ロボットのソフトウェアアーキテクチャを考える場合、単に既存の産業用ロボットだけではなく、こうした新たな協働ロボットも含めた上での新たなアーキテクチャを検討していくことが重要である。

一方で、ロボットの適用範囲が拡大していく中で、ロボット開発メーカ単体でのシステム構築は限界があり、SIerなどとの連携により、システム開発を加速していく必要がある。こうした連携において、ロボット開発メーカとSIerの双方で、責任分担を明確にしていくためのインターフェース部分を明確に仕様化していくことは重要であるとともに、市場の活性化にも不可欠と言える。

上記のような背景を受け、本仕様書では、人と共存する環境で作業をすることも想定したロボットマニピュレータを中心とし、その運用を行うシステム間のインターフェースを中心に規定している。本仕様書の中心にはロボットマニピュレータが存在するが、単体で動作することは少なく、認識などの周辺システムとの連携の上でシステム全体が稼働するとの考え方から、周辺システムの定義やその間のインターフェースについても合わせて定義を行っている。本仕様書を通じて、ロボット開発メーカとSIer間の協業・連携の一助としていただきたい。

1.1 本仕様書で提供する情報

本仕様書では、実装に依存しない形での設計指針の提示を目的としているため、PIM(Platform Independent Model)での記述を行う。また、本仕様書では、国際標準となっているシステムモデリング言語であるSysML(Systems Modeling Language)を用いており、主として以下のダイアグラムを用いている。

- ブロック定義図
- 内部ブロック図(コンテキスト図)
- アクティビティ図
- ステートマシン図

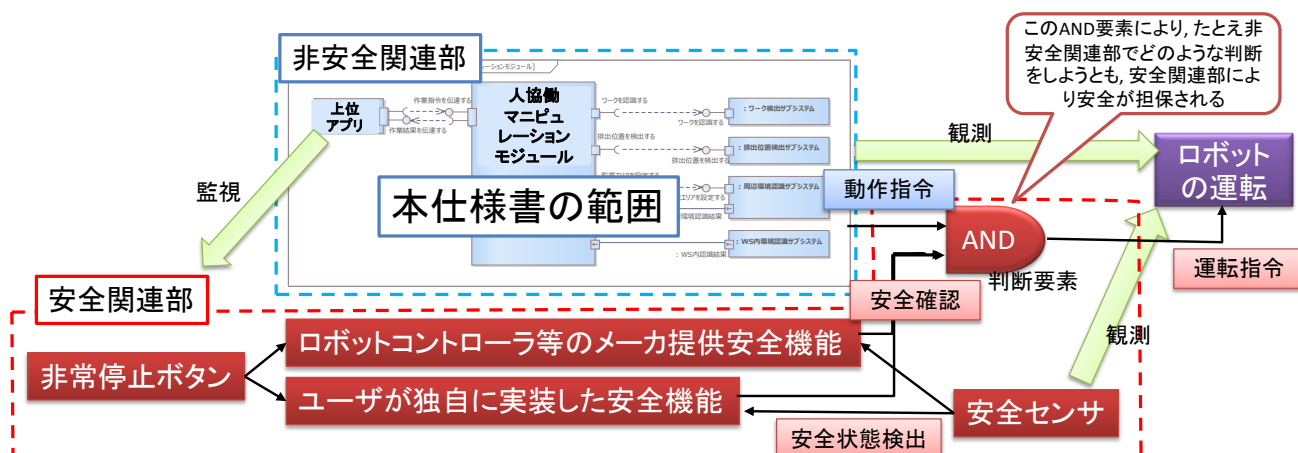
国際標準となっているモデリング言語を用いることで、幅広い技術者・研究者によって参照しやすい仕様としている。

1.2 本仕様書の対象とするユーザ

- ロボットハードウェア開発者
- ロボットシステムインテグレータ
- ロボット要素技術開発者・研究者

1.3 本仕様書のスコープ

本仕様書のスコープは、マニピュレーション機能を中心とした非安全関連部のシステム要素間のインターフェースを主眼に置いている。このため、安全関連部は別途利用するマニピュレータ、もしくは運用者により用意されているものと仮定し、その詳細までは言及しない。以下に、本仕様書の範囲を表す概略図を示す。



なお、非安全関連部と安全関連部は分離されているので、非常停止ボタンが押下された場合などに発生する非常停止信号は、「人協働マニピュレーションモジュール」は明示的には取得しないと仮定している。ただし、上図に示すように「人協働マニピュレーションモジュール」も、マニピュレータ本体の運転状態は観測しているので、指定した動作指令に従って動作していない場合は、(間接的に)非常停止ボタンの作動を検知することは可能である。その場合、

- ・安全関連部の動作は考慮せず、指定された動作指令を送り続ける
- ・一旦、一時停止状態に移して、上位アプリに状況を伝達する

などの対応が考えられるが、これらの対応方法の詳細については、本仕様書では規定していない。

また、安全関連部に関する詳細については本仕様書では規定していないが、安全関連部の状態を外部から確認できるものと想定している。

1.4 参考文献

[SysML] Object Management Group, OMG Systems Modeling Language (OMG SysML), Version 1.6, OMG document number formal/19-11-01, 2019

[ISO-19111-2] Geographic information - Spatial referencing by coordinates - Part 2: Extension for parametric values, 2019

1.5 委員名簿

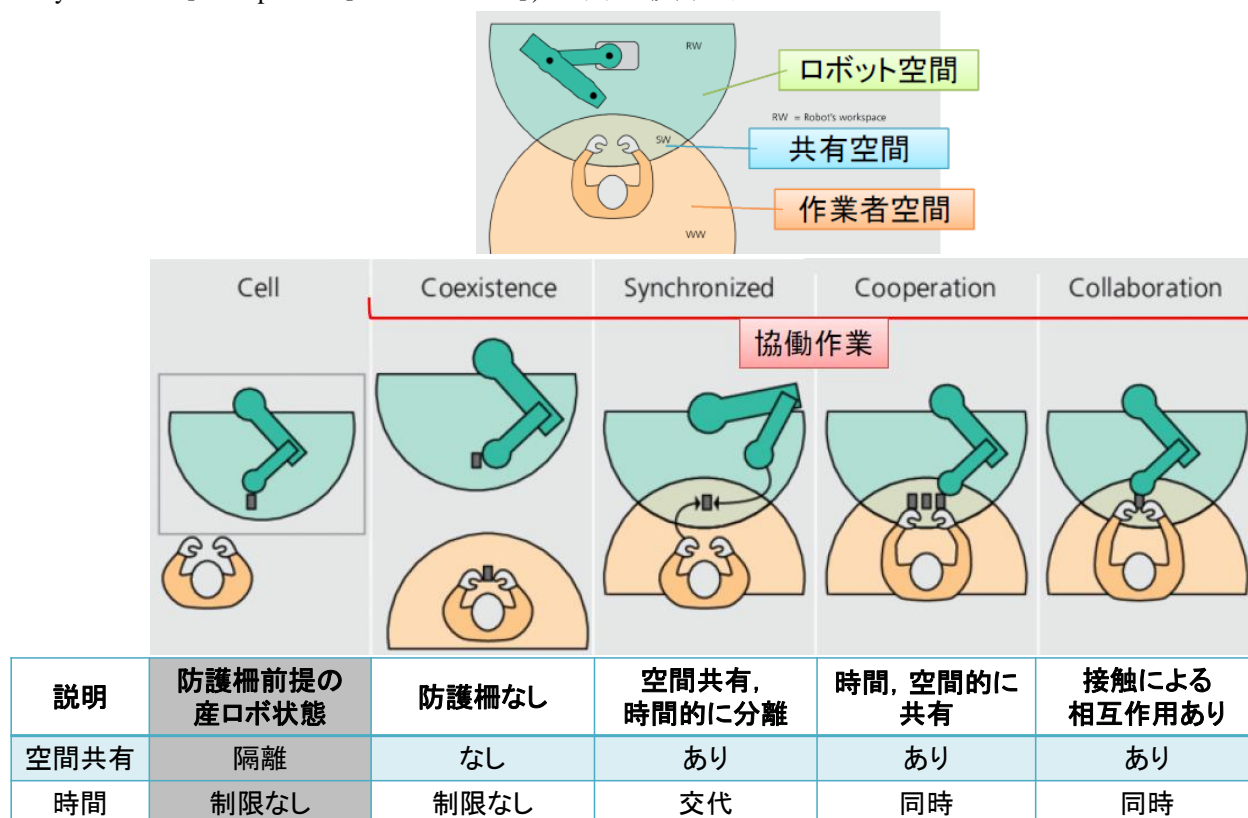
	(敬称略)
(委員長)	(学)名城大学
(副委員長)	(国研)産業技術総合研究所
	大原 賢一
	安藤 慶昭
【委員メンバー】	
(株) I H I	吉光 亮
I D E C (株)	福井 秀利
(学)会津大学	成瀬 継太郎
(学)会津大学 復興支援センター	屋代 眞
(地独)神奈川県立産業技術総合研究所	宮澤 以鋼
川崎重工業(株)	蓮沼 仁志
川田テクノロジーズ(株)	宮森 剛
国際航業(株)	武田 浩志
(国研)産業技術総合研究所	花井 亮
(国研)産業技術総合研究所	中坊 嘉宏
セイコーエプソン(株)	長谷川 浩
セイコーエプソン(株)	林 賢哉
(株)セック	中本 啓之
(株)セック	建部 貴隆
T I S (株)	松井 暢之
T H K (株)	近藤 裕紀
T H K (株)	三好 崇生
(株)東芝	貞本 敦史
(株)東芝	平山 紀之
(株)東芝	山本 大介
(一財)日本品質保証機構	駒澤 香介
パナソニック(株)	安藤 健
パナソニック(株)	上松 弘幸
パナソニック(株)	岡本 球夫
(株)日立製作所	中村 亮介
(株)日立製作所	吉内 英也
富士ソフト(株)	酒井 貴史
(株)本田技術研究所	小川 直秀
三菱電機(株)	原口 林太郎
三菱電機(株)	山隅 允裕
ヤンマーホールディングス(株)	杉浦 恒
ヤンマーホールディングス(株)	空閑 融
(株)YOODS	平泉 一城
早稲田大学	菅 佑樹
【オブザーバ】	
(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構	赤羽根 亮子

2 想定システム

2.1 想定環境・シナリオ

本仕様書では、以下のようなシステムを想定している。

- ・協働作業の分類としては、図1のような形態が考えられるが、本仕様書では全ての形態(「Coexistence」「Synchronized」「Cooperation」「Collaboration」)を対象に検討を行っている。



画像引用元: https://www.researchgate.net/figure/The-various-levels-of-cooperation-between-a-human-worker-and-a-robot_fig2_327744724

図1 協働作業の分類

- ・使用するマニピュレータの形状(垂直多関節型, スカラ型, パラレルリンク型など), 可搬重量, 可動範囲(リーチ)については, 特に制限は設けない. ただし, 人協働マニピュレータを対象としているため, 周辺に安全柵は存在しないロボットシステムを仮定している. また, 人と共存させる場合には, 人協働マニピュレータはISO10218-1対応を前提とする.
- ・マニピュレーション対象のワークの形状, 大きさについても, 特に制限は設けない. ただし, ワークは剛体としてみなせるものを仮定しており, ケーブルのような柔軟物は想定していない. また, マニピュレーション対象として, 複数種類のワークが存在することも仮定する. 更に, マニピュレーション中にワークの姿勢が変化したり, ワークを落としたりすることはないと仮定している.
- ・人協働マニピュレーション機能は, アームだけでなく, エンドエフェクタおよびワークも考慮した, アームとエンドエフェクタの動作計画, 動作制御を行うものとする.
- ・システム全体の動作管理は「上位アプリ」が行っており, 「人協働マニピュレーション機能」は上位アプリからの指令で動作する. また, ワークの搬入用搬送手段や搬出用搬送手段の管理も上位アプリが行っていると仮定している.
- ・ワークの位置・姿勢を検出する「ワーク検出サブシステム」が別途存在すると仮定している. 「ワーク検出サブシステム」には, ワークの認識に必要な情報が事前に登録されており, ワークの種

類に応じてIDで管理されているものとする。

更に「ワーク検出サブシステム」には、オプションとしてワークの把持方法、把持可能範囲、使用するエンドエフェクタの情報を登録する事も可能であり、これらの付加情報も考慮して「ワークの把持位置・姿勢」および「把持容易性」も判断する事も可能であると仮定している。なお「把持容易性」とは、対象物体の把持のし易さ、エンドエフェクタの干渉有無などの情報から判断する評価値であり、数値が大きいものほど把持が容易であるものとする。

- ・以下の要素についてはオプションであり、必ずしも存在しなくても良いものとして仮定している。
 - ワークの搬送先を検出する「排出位置検出サブシステム」
 - ワークスペース(以下「WS」とも記す)内に存在する機材の位置・姿勢を検出する「WS内環境認識サブシステム」(なお、「WS内環境認識サブシステム」で検出した情報は、動作計画に利用されることを想定している。)
 - ある指定したエリアに作業者等想定外のモノが侵入してきたことを検出する「周辺環境認識サブシステム」(なお、「周辺環境認識サブシステム」で検出した情報に応じて、動作の継続可否判断を行うことを想定している。)

上記の前提条件をまとめたコンテキスト図を図2に示す。

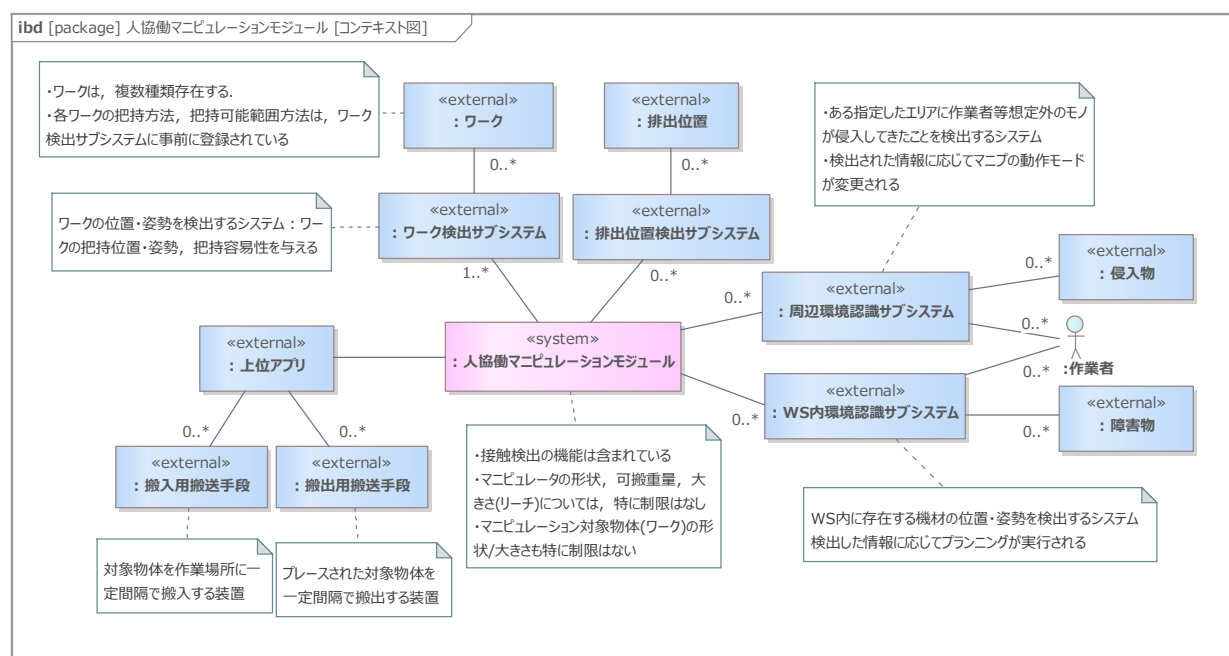


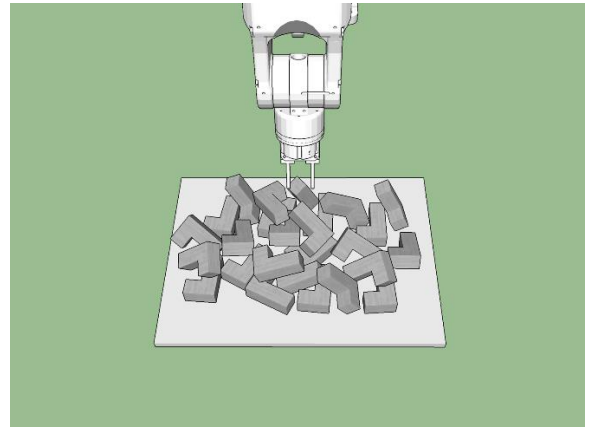
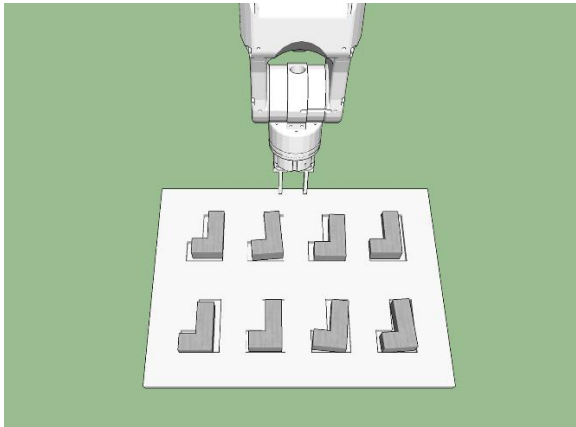
図2 動作環境(コンテキスト図)

更に、マニピュレーション対象のワークについては、以下のような状況を想定している。

- ・ワークは、(コンテナなどに格納されて)静止している状態で給材される場合もあれば、(コンベアなどで)移動しながら給材される場合もある。
- ・個々のワークが分離されている状態(極端な場合は1個だけ)で給材される場合もあれば、分離されていない状態(積み重ね、接触、バラ積み)で給材される場合もある。
- ・給材時のワークの姿勢は、揃っている場合もあれば、ランダムな場合(2次元的な変位や回転がある場合、3次元的な変位や回転がある場合)もある。
- ・給材されるワークの種類は既知。(複数種類のワークのうちのどれが来るのか未知な場合、まったく未知なワークが来る場合は想定していない)
- ・同一種類のワークが置かれている場所(ピッキング元)は、あるエリア内一箇所に決まっている。(同一ワークが複数の場所に置かれている場合は想定していない)

本仕様が想定しているシナリオ例を以下に示す。

- ・ 同一種類のワークが静止したパレットから給材される。ただし、パレット内でのワークのクリアランスがあるため、位置や姿勢の誤差がある。(下図左)
- ・ 同一種類のワークがバラ積みされた状態で給材される(ビンピッキング)。ワークは静止しているが、中のワークは分離整列されていない(下図右)



本仕様が想定していないシナリオ例を以下に示す。

- ・ 既知の複数種類のワークが分離された状態で、コンベアで給材される。次にどれが来るかは事前にはわからない。各ワークの姿勢はランダム。

【例】

- 果物の等級をコンベア上流で判定し、レベルごとに別の箱に詰めるような場合
- ごみの分別で、アルミ缶とスチール缶をより分けて別々の大袋に投げ込むような場合

※ただし、上位側からワーク種類の判定結果を与える形であれば、本仕様が定義している内容で実現する事は可能。

2.2 システムの振る舞い概要

マニピュレーション動作を実行する際の「人協働マニピュレーションモジュール」と周辺サブシステムとのやり取りの概略を以下に示す。

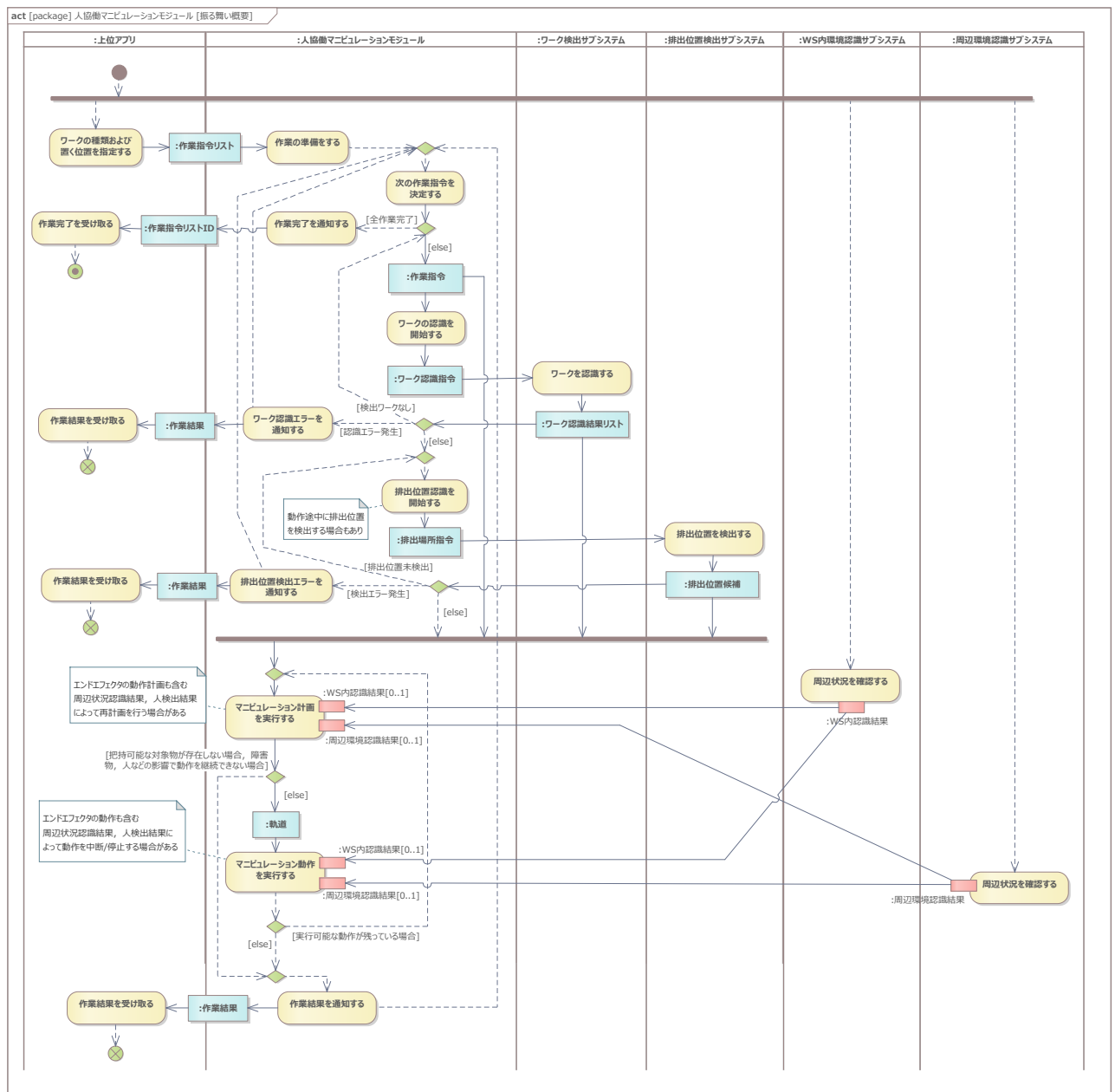


図3 振る舞い概要(アクティビティ図)

マニピュレーション動作を実行する際には、「人協働マニピュレーションモジュール」は、以下の情報を使用してマニピュレーション計画を実行する。なお、把持可能な対象物体が存在しない場合には、動作を行わず「上位アプリ」に作業結果を通知する。

- ・「作業指令」：「上位アプリ」が指定
- ・「ワーク認識結果リスト」：「ワーク検出サブシステム」が通知
- ・「排出位置検出結果」：「排出位置検出サブシステム」が通知
- ・「周辺状況認識結果」：「周辺環境認識サブシステム」が通知
- ・「WS内環境認識結果」：「WS内環境認識サブシステム」が通知

その後、生成した軌道に沿ってマニピュレータ、エンドエフェクタの制御を行い、マニピュレーション動作を実行する。なお、マニピュレーション動作中は、「周辺環境認識サブシステム」から通知された「周辺環境認識結果」、「WS内環境認識サブシステム」から通知された「WS内認識結果」を基に、動作の継続可否判断を行うとともに、必要に応じて再度マニピュレーション計画を実行し、軌道の再生成を行う。

また、「人協働マニピュレーションモジュール」は、以下の場合に「上位アプリ」に作業結果を通知する。

- ・「ワーク検出サブシステム」が、ワークの認識に失敗した場合
- ・「排出位置検出サブシステム」が、排出位置の検出に失敗した場合
- ・障害物、人などの影響で、「マニピュレーションモジュール」が動作を継続できない場合
- ・1つのワークを正常にマニピュレーションできた場合
- ・指定された動作が全て完了した場合

2.3 人協働マニピュレーションモジュールの状態遷移

本仕様書で想定している「人協働マニピュレーションモジュール」の状態遷移を以下に示す。

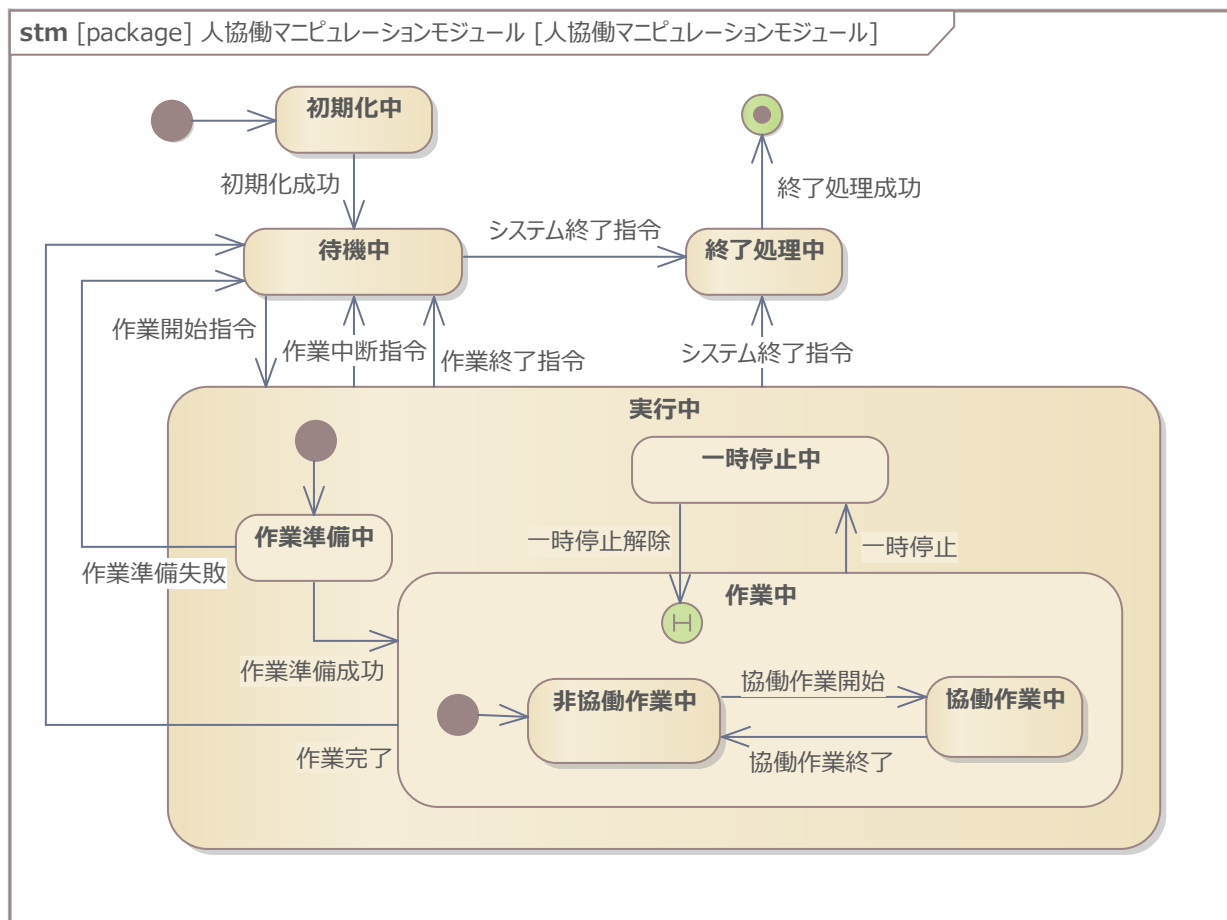


図4 マニピュレーションモジュールの状態遷移

各状態の定義を以下に示す。

状態名	説明
初期化中	電源 ON を行った後の状態。各種初期化処理を行った後で、自動で「待機中」に遷移
待機中	上位アプリからの作業指示を待っている状態
実行中	作業指令リストに記述された一連の作業を逐次実行している状態
作業準備中	作業前準備としてプログラムの初期化や周辺環境の観察・準備などを行う状態
作業中	自動運転で作業を行っている状態。
非協働作業中	100%の性能で作業を行う状態
協働作業中	作業範囲，速度，力等が制限された状態
一時停止中	任意のタイミングで入力される「停止すべき要因」で停止している状態。 一時停止が解除された際は，一時停止された時点の状態に復帰
終了処理中	システム終了指示により電源 OFF 状態に遷移するための終了処理を実行

なお，エンドエフェクタの開閉中，センサの計測待ちなどで停止している状態は「作業中」に含まれる。

また、「一時停止中」には以下のような状況も含まれる。

- ・給材エリアに給材されるべき対象がない、もしくは、除材エリアから除材されておらず置くことができない状態
 - 「ワーク検出サブシステム」が、ワークを検出できなかった場合
 - ワークの検出には成功したが、検出されたワークの位置・姿勢にアプローチできない場合
 - マシンテンディングのようなケースで、加工機の作業を待っている場合
 - 加工機の扉が開いておらず、加工機の中にワークを置けない/加工機からワークを取り出せない場合
- ・ロボットがアラームを検知した場合
 - ロボットが障害物にぶつかった場合(軽度な接触に限定)
 - 安全関連機能からの通知ではなく、ユーザが一時停止を行うため定義したもの
- ・ラインの状況により、一時停止している状態

各トリガ(遷移)の定義を以下に示す。

トリガ(遷移名)	遷移元	遷移先	説明
初期化成功	初期化中	待機中	ハード診断、初期化、ソフトウェアロード
作業開始指令	待機中	実行中	上位アプリより指令が入力される
作業準備成功	作業準備中	作業中	周辺装置が作業できる状況・配置にあることが確認された
作業準備失敗	作業準備中	待機中	周辺装置が到達範囲にないため、作業不可と診断された
協働作業開始	非協働作業中	協働作業中	協働作業範囲に人が侵入してきたことが検知された、または、手動による指令が上位アプリより入力された
協働作業終了	協働作業中	非協働作業中	協働作業範囲から人が退出したことが検知された、または手動による指令が上位アプリより入力された
作業完了	作業中	待機中	作業指令リストに作業可能な作業がなくなった
作業終了指令	実行中	待機中	ライン作業を終了する指令が入力された。実行中の作業を中断し、待機中に遷移する。
作業中断指令	実行中	待機中	指定された作業指令の動作まで終了した後、作業を中断し、待機中に遷移する。
一時停止	作業中	一時停止中	供給装置センサ等により供給される部品の欠品が確認された(供給部品の欠品)、排出装置センサ等により排出トレイが満杯であることが確認された(排出トレイ満杯)、部品供給等のためにラインを止める指令が入力された(一時停止指令)
一時停止解除	一時停止中	作業中 (遷移前の状態)	上記作業終了後、ラインを再開する指令が入力された
システム終了命令	実行中 故障停止中	終了処理中	システムを終了し、電源を OFF にするよう操作された
終了処理成功	終了処理中	終了	ログの書き込み等のシステム終了処理が完了した

それぞれのトリガは、上位側など外部から通知される場合もあれば、人協働マニピュレーションモジュール自体が通知する場合もある。そして、各トリガの通知方法、タイミングは実装方法に依存するので、必ずしも人(作業者)が介在する必要はない。

例えば、給材エリアを監視しているモジュールが、給材対象の有無を検知している場合、人(作業者)が介在しなくても、このモジュールから「一時停止」「一時停止解除」トリガが通知される場合もある。また、作業エリアの周囲にライトカーテンが設置されており、この信号の ON/OFF によって一時停止を行う場合、ライトカーテン信号の ON→OFF、OFF→ON を検知したタイミングで「一時停止」「一時停止解除」トリガが通知される。この場合も人(作業者)が必ず 3 介在する必要はない

3 Platform Independent Model (PIM)

汎用的な人協働マニピュレーション機能のソフトウェア・コンポーネントのPlatform Independent Model(PIM)を以下に示す.

3.1 書式について

3.1.1. クラスとインターフェース

クラスとインターフェース定義で使用している表の書式を以下に示す.

Description: <対象要素の概要説明>				
DerivedFrom: <対象要素の親要素>				
Attributes:				
<属性名>	<属性の型>	<省略可否>	<多重度>	<対象属性の概要説明>
...
Operations:				
<操作名>		<省略可否>		
<方向>	<パラメータ名>	<パラメータ型>	<省略可否>	<対象パラメータの概要説明>
...

<省略可否>で使用している記号の意味を以下に示す.

M(mandatory) : 必須(省略不可)属性, 引数, 操作

O(optional) : 省略可能属性, 引数, 操作

C(conditional) : ある条件の下で必須となる属性, 引数, 操作. 条件の詳細は, 詳細説明部に記述.

<多重度>で使用している記号の意味を以下に示す.

N : 属性, 引数の多重度の上限なし.

Ord : 属性, 引数が順序付きのリスト

3.1.2. 列挙型

列挙型定義で使用している表の書式を以下に示す.

Description: <対象列挙型の概要説明>	
<定数名>	<定数の概要説明>
...	...

3.2 インターフェース定義

「人協働マニピュレーション機能」の外部インターフェースを以下に示す。

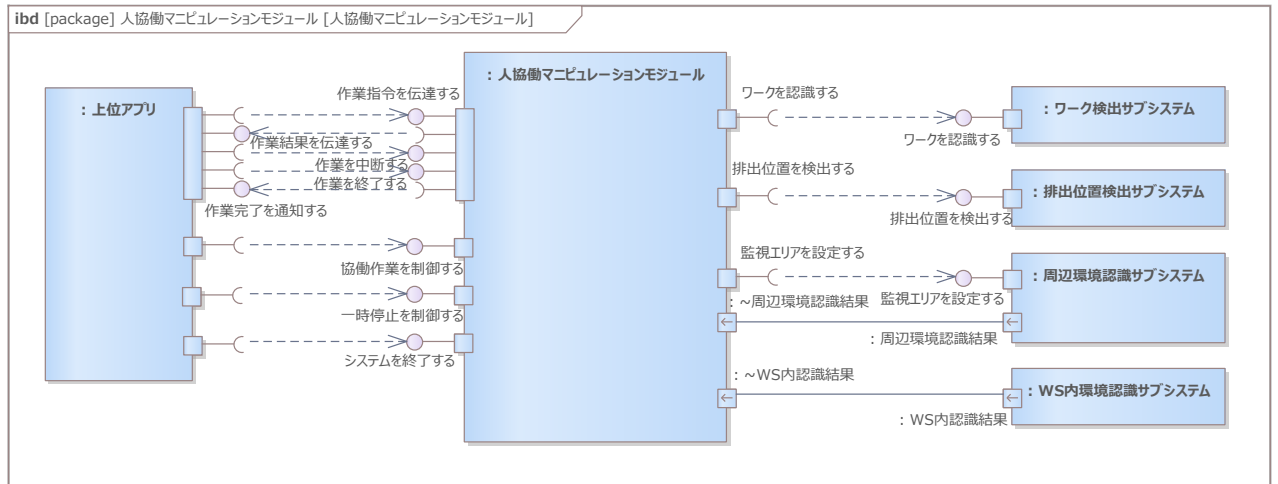


図5 外部インターフェース

3.2.1. データ型定義

「人協働マニピュレーション機能」と上位アプリ、周辺サブシステムとで共通して使用するデータ型を以下に示す。

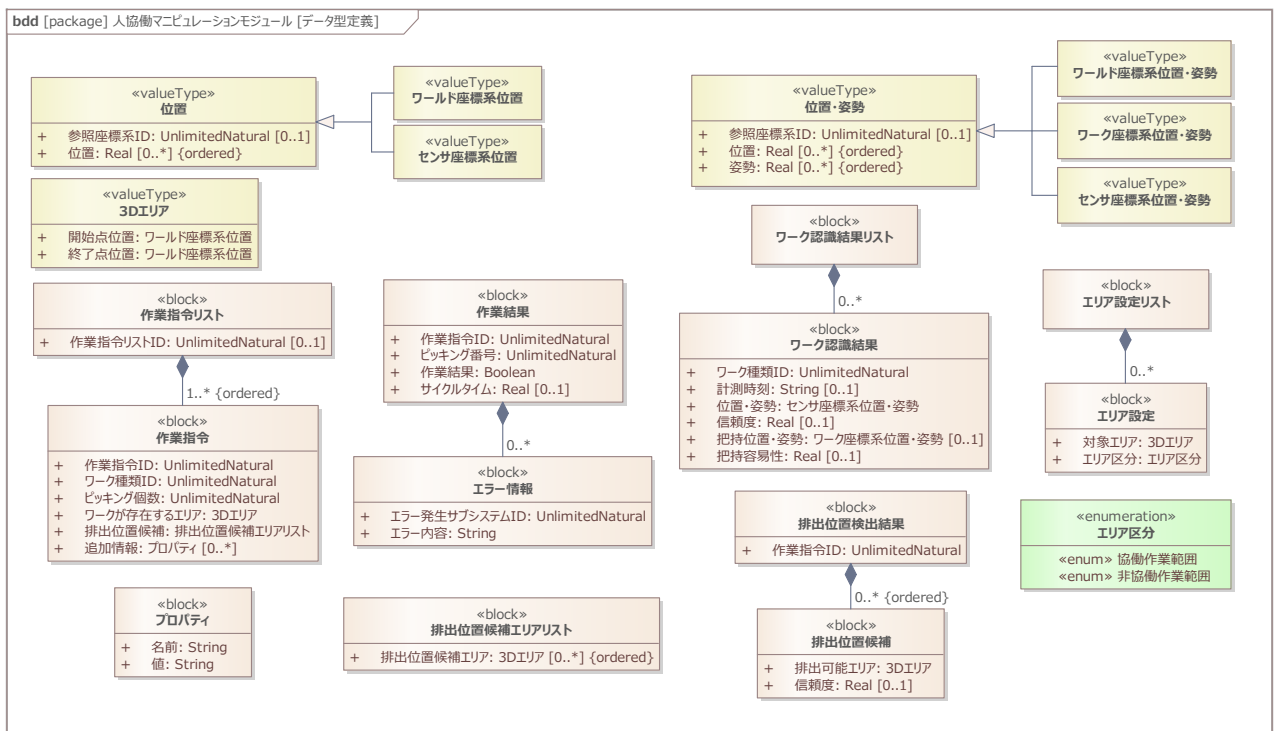


図6 データ型定義

3.2.1.1. 位置

Description: 作業エリア内での位置を示すValueType. 座標系の原点については, 事前にSIerが決定する.				
Attributes				
参照座標系 ID (crsId)	Unlimited Natural	O	1	位置の表現方法を定義している参照座標系(Coordinate Reference System)の Id. 位置の表現方法としてはデカルト座標系, 極座標系, 地理座標系および相対座標系などがあるが, どの表現方法で値を保持しているのかを示す Id. 使用する単位も定義する. 関係者間で, 事前に使用する表現方法が規定されている場合には省略可能.
位置(Position)	Real	M	0..N ord	位置情報を表現する順序付き数値列. 各値が何を表現しているかは参照座標系 Id で定義される

3.2.1.2. ワールド座標系位置

Description: 作業エリア全体の原点を基準とした位置・姿勢を示すValueType.	
DerivedFrom: 位置	
Attributes: なし	

3.2.1.3. センサ座標系位置

Description: ワーク検出サブシステム, 排出位置検出サブシステムのセンサを基準とした位置を示すValueType. それぞれの座標系は「参照座標系ID」を使用して識別する.	
DerivedFrom: 位置	
Attributes: なし	

3.2.1.4. 位置・姿勢

Description: 作業エリア内での位置・姿勢を示すValueType. 座標系の原点については, SIerが決定する				
Attributes				
参照座標系 ID (crsId)	Unlimited Natural	O	1	位置, 姿勢の表現方法を定義している座標系の Id. 位置の表現方法としてはデカルト座標系, 極座標系, 地理座標系および相対座標系など, 姿勢の表現方法としては, オイラー角, クォータニオンなどがあるが, どの表現方法で値を保持しているのかを示す Id. 位置および姿勢で使用する単位も定義する. 関係者間で, 事前に使用する表現方法が規定されている場合には省略可能.
位置(Position)	Real	M	0..N ord	位置情報を表現する順序付き数値列. 各値が何を表現しているかは参照座標系 Id で定義される
姿勢(Orientation)	Real	M	0..N ord	姿勢情報を表現する順序付き数値列. 各値が何を表現しているかは参照座標系 Id で定義される

3.2.1.5. ワールド座標系位置・姿勢

Description: 作業エリア全体の原点を基準とした位置・姿勢を示すValueType.	
DerivedFrom: 位置・姿勢	
Attributes: なし	

3.2.1.6. ワーク座標系位置・姿勢

Description: ワークの原点を基準とした位置・姿勢を示すValueType.	
DerivedFrom: 位置・姿勢	
Attributes: なし	

3.2.1.7. センサ座標系位置・姿勢

Description:	対象物検出サブシステム，排出位置検出サブシステムのセンサを基準とした位置・姿勢を示すValueType. それぞれの座標系は「参照座標系ID」を使用して識別する.
DerivedFrom:	位置・姿勢
Attributes:	なし

3.2.1.8. 3Dエリア

Description: 空間内の一定の範囲を示すValueType. 対角線上に位置する 2 点を用いて指定する. 開始点位置, 終了点位置に直交座標系を使用している場合, 空間内の直方体を表す.				
Attributes				
開始点位置	ワールド座標系位置	M	1	対象範囲の起点の位置.
終了点位置	ワールド座標系位置	M	1	対象範囲の終点の位置.

3.2.1.9. プロパティ

Description: 作業指令に追加情報を設定するための型.				
Attributes				
名称	String	M	1	追加情報を識別するための名称. 使用可能な名称については, 事前に定義する必要がある.
値	String	M	1	追加情報の値.

3.2.1.10. 排出位置候補エリアリスト

Description: 「排出位置検出サブシステム」に対して，排出位置の検出を行う対象エリアを指定するためのリスト.				
Attributes				
排出位置候補エリア	3D エリア	O	0..N Ord	排出位置検出対象エリア.

3.2.1.11. 作業指令

Description: 人協働マニピュレーション機能に対する同一種類のワーク単位の動作命令を表す型. 複数の異なるワークを連続してピッキングする場合, 同一種類のワーク毎に, 作業指令が設定される.				
Attributes				
作業指令 ID	Unlimited Natural	M	1	伝達された動作指令を識別するための ID. 動作結果を「作業結果」で返す際にも設定され, 「作業指令」と「作業結果」の対応関係を識別するためにも使用される.
ワーク種類 ID	Unlimited Natural	M	1	マニピュレーション対象のワーク種類を識別するための ID. 「ワーク検出サブシステム」でワークを認識する際にも使用される.
ピッキング個数	Unlimited Natural	M	1	指定された種類のワークをピッキングする個数. 同一種類のワークは連続してピッキングを行う.
ワークが存在するエリア	3D エリア	M	1	ワークが存在する範囲. 「ワーク検出サブシステム」でワークを認識する際に使用される. バラ積みピッキングを行う場合の, ワークが格納されているボックスの範囲などを指定する.
排出位置候補	排出位置候補エリアリスト	M	1	ワークの移動先を示す範囲のリスト. ワークを複数のコンテナ内に整列する際に, 各コンテナの範囲などを指定する.
追加情報	プロパティ	O	0..N	作業指令を行う際に, 追加で指定する情報. 双腕ロボットを使用している場合に, 作業をさせるアームを指定したい場合などに利用する.

3.2.1.12. 作業指令リスト

Description: 人協働マニピュレーション機能に対する動作命令を表す型。複数の異なるワークを連続してピッキングする場合、複数の作業指令を保持する。上位アプリから「作業指令を伝達する」インターフェース経由で通知される。				
Attributes:				
作業指令リスト ID	Unlimited Natural	O	1	指定された作業指令リストを識別するための ID。本 ID が設定されている場合、作業完了を通知する際に、この ID も通知される。
作業指令リスト	作業指令	M	1..N Ord	同一種類のワーク毎の作業指令。

3.2.1.13. 作業結果

Description: 人協働マニピュレーション機能の動作結果を表す型。「作業結果を伝達する」インターフェース経由で上位アプリに通知される。				
Attributes:				
作業指令 ID	Unlimited Natural	M	1	どの「作業指令」に対する動作結果なのかを識別するための ID
ピッキング番号	Unlimited Natural	M	1	複数個のワークをピッキングする場合、何番目のワークに対する結果を識別するための情報。
作業結果	Boolean	M	1	True : 作業成功, False : 作業失敗
サイクルタイム	Real	O	1	作業指令を受け取ってから、作業が完了するまでに掛かった時間。
エラー情報	エラー情報	O	0..N	作業が失敗した場合、その理由が設定される。

3.2.1.14. エラー情報

Description: 指定された作業が失敗した場合に、その理由を格納するための型。				
Attributes:				
エラー発生サブシステム ID	Unlimited Natural	M	1	作業が失敗する要因となったサブシステムを示す ID。内部要因で失敗した場合には、人協働マニピュレーション機能の ID が設定される。
エラー内容	String	M	1	発生したエラーの詳細情報。

3.2.1.15. ワーク認識結果

Description: ワーク検出サブシステムで認識された個々のワークの情報を表す型。				
Attributes				
ワーク種類 ID	Unlimited Natural	M	1	認識したワーク種類を識別するための ID
計測時刻	String	O	1	ワークの検出を行った時刻。コンベアなどを用いて、ワークが移動している場合に、ワークの位置を推論するためなどに使用する。
位置・姿勢	センサ座標系 位置・姿勢	M	1	検出されたワークの位置・姿勢。ワーク検出サブシステムのセンサ座標系で表現される。
信頼度	Real	O	1	検出した位置・姿勢の確からしさ。「ワーク検出サブシステム」が対応している場合に設定される。
把持位置・姿勢	ワーク座標系 位置・姿勢	O	1	ワークを把持するためのエンドエフェクタの位置・姿勢。「ワーク検出サブシステム」にエンドエフェクタの情報が登録されている場合に出力される。ワークのワーク座標系で表現される。
把持容易性	Real	O	1	ワークの把持しやすさ。「ワーク検出サブシステム」により複数ワークが検出された際に、ワークの把持のしやすさが与えられる。「ワーク検出サブシステム」にエンドエフェクタの情報が登録されている場合には、エンドエフェクタの干渉有無も考慮される。

3.2.1.16. ワーク認識結果リスト

Description: ワーク検出サブシステムの認識結果を表す型。認識されたワークの情報を複数保持する。				
Attributes:				
ワーク情報	ワーク認識結果	M	0..N	ワーク検出サブシステムが認識したワーク情報のリスト。

3.2.1.17. 排出位置候補

Description: 排出位置検出サブシステムで認識された排出位置候補を表す型。				
Attributes				
排出可能エリア	3D エリア	M	1	検出された排出可能位置の範囲。排出位置検出サブシステムのセンサ座標系で表現される。
信頼度	Real	O	1	検出した排出可能位置の確からしさ。排出位置検出サブシステムで判断できる場合のみ設定される

3.2.1.18. 排出位置検出結果

Description: 排出位置検出サブシステムで認識された排出位置候補のリストを表す型。				
Attributes				
作業指令 ID	Unlimited Natural	M	1	どの「作業指令」に対する検出結果なのかを識別するための ID。排出位置の検出に失敗した場合、リトライを行うことがあるため、受け取った結果を人協働マニピュレーション機能が識別するために使用する。
排出位置候補	排出位置候補	O	1..N Ord	排出位置検出サブシステムが検出した排出位置候補のリスト。

3.2.1.19. エリア設定リスト

Description: 周辺環境認識サブシステムに対して、検出対象エリアのエリア区分を設定するためのリスト。「監視エリアを設定する」インターフェースを用いて周辺環境認識サブシステムに通知する。				
Attributes:				
エリア設定情報	エリア設定	M	0..N	ある指定したエリアの設定情報。

3.2.1.20. エリア設定

Description: ある指定されたエリアのエリア区分を保持する型。				
Attributes:				
対象エリア	3D エリア	M	1	人協働マニピュレーション機能周辺の一定範囲のエリア。同じ「エリア区分」が複数のエリアに設定される事もある。
エリア区分	エリア区分	M	1	指定されたエリアの分類を示す。

3.2.1.21. エリア区分

Description: 作業者とシステムの協働作業の有無を基に、各エリアの設定を規定するEnum型。マニピュレータの動作速度、動作予定軌道などから、システムを構築するインテグレータが決定する。	
協調作業範囲	マニピュレータの作業範囲、速度、力等を制限した状態で、作業者と協働して作業を行うことを想定している範囲。
非協働作業範囲	マニピュレータが 100%の性能で作業を行う範囲。作業者と協働して作業を行うことを想定していない範囲。

各エリアは、マニピュレータの動作(位置・姿勢)に応じて、動的に変化する

3.2.2. インターフェース定義(常時通信データ)

「人協働マニピュレーション機能」と周辺サブシステムの間で連続的にやり取りされるデータを以下に示す。

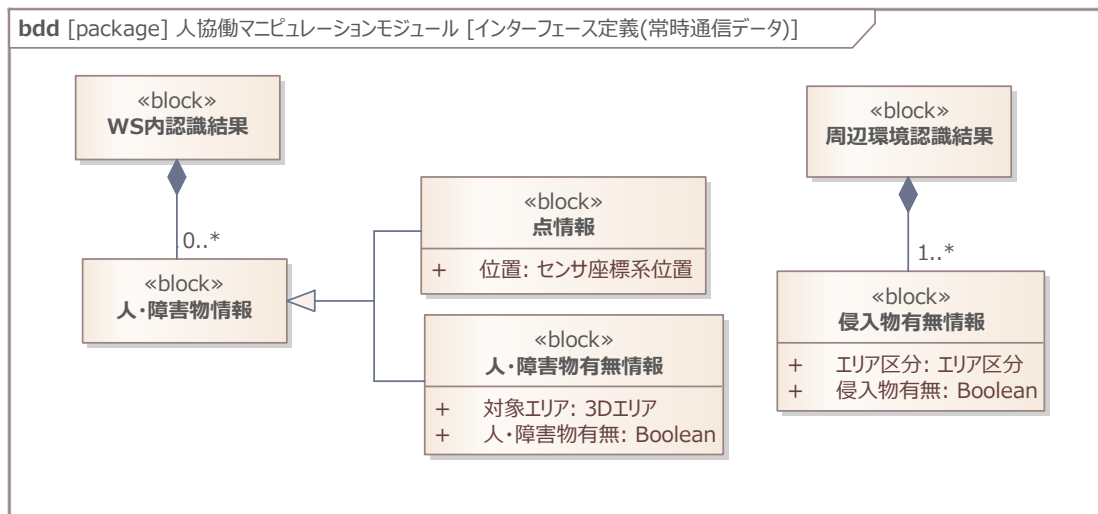


図7 インターフェース定義(常時通信データ)

3.2.2.1. WS内認識結果

Description: WS内環境認識サブシステムの認識結果を表す型。認識された人や障害物の情報を複数保持する。

Attributes:

人・障害物	人・障害物情報	M	0..N	WS内環境認識サブシステムが認識した人や障害物の情報。
-------	---------	---	------	-----------------------------

3.2.2.2. 人・障害物情報

Description: WS内環境認識サブシステムが認識した人や障害物の情報を表す抽象型。

Attributes: なし

3.2.2.3. 点情報

Description: 人や障害物が存在する位置を点の集合で表現する場合の個々の点を表す型。ポイントクラウドを利用する場合の個々の点、デプスセンサを用いた場合のデプスマップの個々の点、LRFを用いた場合の各計測点などを表す。

DerivedFrom: 人・障害物情報

Attributes:

位置	センサ座標系位置	M	1	各点の位置。WS内環境認識サブシステムのセンサ座標系で表現される。
----	----------	---	---	-----------------------------------

3.2.2.4. 人・障害物有無

Description: 指定された範囲内に人や障害物が存在するかどうかを表す型

DerivedFrom: 人・障害物情報

Attributes:

対象エリア	3D エリア	M	1	作業領域内を任意の大きさで区切ったエリア
人・障害物有無	Boolean	M	1	「対象エリア」で指定された領域内に、人や障害物が存在するかどうかを示す。

3.2.2.5. 周辺環境認識結果

Description: 周辺環境認識サブシステムの検出結果を表す型。指定されたエリア区分内に人や他のロボットなどの侵入物が存在するかどうかを返す。周辺環境認識サブシステムの正常動作を確認するため、毎回、最低1つ以上のエリア区分の情報を通知する。				
Attributes:				
侵入物検出情報	侵入物有無情報	M	1..N	各エリア区分ごとに人などの侵入物が存在するかどうかの情報

3.2.2.6. 侵入物有無情報

Description: 指定されたエリア区分内に人などの侵入物が存在するかどうかを表す型				
Attributes:				
エリア区分	エリア区分	M	1	人協働マニピュレーション機能が設定したエリアの区分。
侵入物有無	Boolean	M	1	エリア区分内に人などの侵入物が存在するかどうかを示す。

3.2.3. インターフェース定義(イベントドリブンデータ)

「人協働マニピュレーション機能」と周辺サブシステムの間で離散的にやり取りする場合に使用するインターフェースを以下に示す。

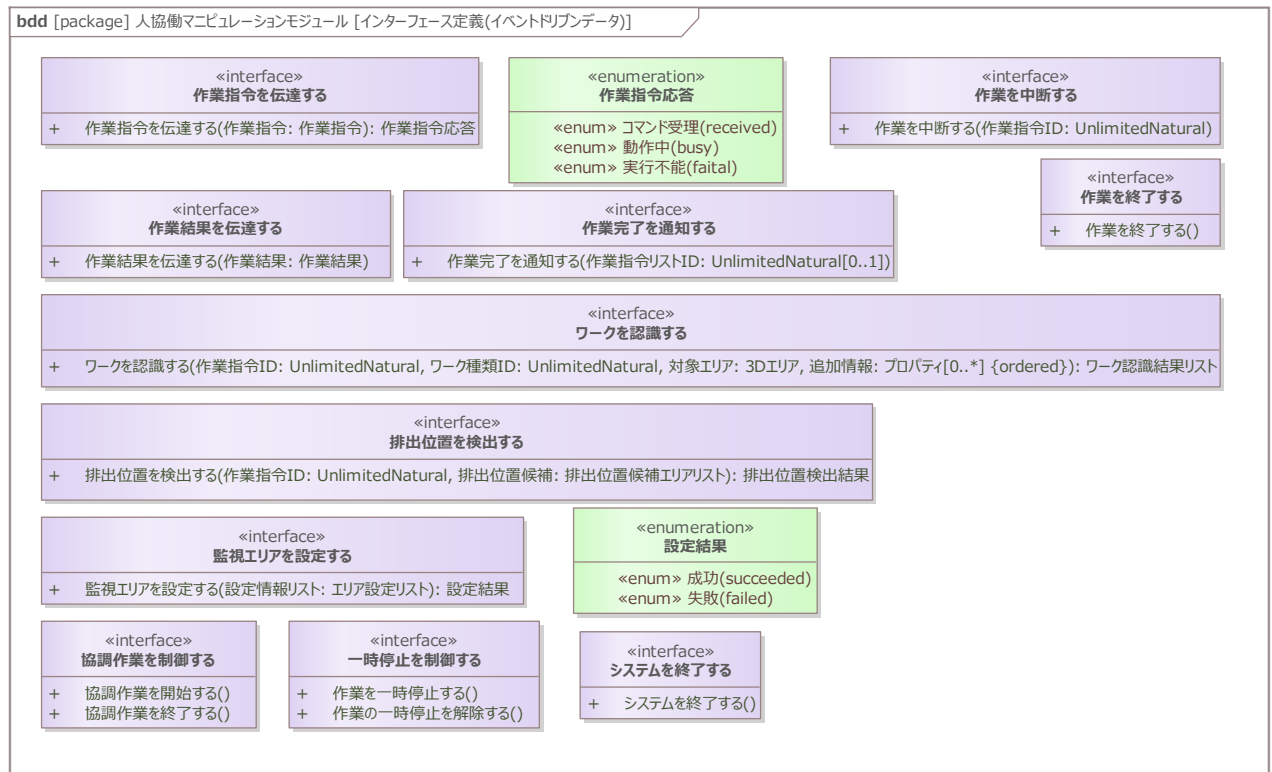


図8 インターフェース定義

3.2.3.1. 作業指令を伝達する

Description: 「上位アプリ」から「人協働マニピュレーションモジュール」に動作を指示するためのインターフェース。				
Operations:				
作業指令を伝達する			M	
in	作業指令	作業指令	M	上位アプリから伝達された作業指令
ret		作業指令応答	M	作業指令の受信状態. 人協働マニピュレーションモジュールの動作結果ではない.

3.2.3.2. 作業指令応答

Description: 上位アプリからの作業指令の受信状態を表すEnum型	
コマンド受理(received)	作業指令を正常に受信.
動作中(busy)	新たな作業指令を受けられない状態. ただし, 前の作業指令の実行が終了すれば受信できる可能性がある
実行不能(fatal error)	ハードウェアの要因などで動作が不可能. なんらかのリカバリーを行わないと作業指令を受信できる状態に復帰できない.

3.2.3.3. 作業を中断する

Description:「上位アプリ」から「人協働マニピュレーションモジュール」に実行中の作業の中断を指令するためのインターフェース。引数で指定された作業指令IDの動作まで完了した後に、作業を中断する。

Operations:

作業を中断する		M		
in	作業指令 ID	Unlimited Natural	M	作業を中断する前に、完了すべき作業を指定する ID.

3.2.3.4. 作業を終了する

Description:「上位アプリ」から「人協働マニピュレーションモジュール」に実行中の作業の終了を指示するためのインターフェース。

Operations:

作業を終了する		M	
引数	なし		

3.2.3.5. 作業結果を伝達する

Description:「人協働マニピュレーションモジュール」から「上位アプリ」に個々の作業指令の動作結果を通知するためのインターフェース。

Operations:

作業結果を伝達する		M		
in	作業結果	作業結果	M	上位アプリから指令された作業指令を実行した結果

3.2.3.6. 作業完了を伝達する

Description:「人協働マニピュレーションモジュール」から「上位アプリ」に、指定された作業指令リストの全ての動作が完了したことを通知するためのインターフェース。

Operations:

作業完了を伝達する		M		
in	作業指令リスト ID	Unlimited Natural	O	作業が完了した作業指令リストを識別するための ID. 「上位アプリ」から作業指令が伝達された際に、「作業指令リスト ID」が設定されていた場合には、対応する ID を設定する。

3.2.3.7. ワークを認識する

Description: 「人協働マニピュレーションモジュール」が「ワーク検出サブシステム」にワーク認識を依頼するためのインターフェース.				
Operations:				
ワークを認識する		M		
in	作業指令 ID	Unlimited Natural	M	どの「作業指令」に基づいた依頼なのかを識別するための ID. ワーク検出に失敗した場合, リトライを行うことがあるため, 受け取った結果を識別するために使用する.
in	ワーク種類 ID	Unlimited Natural	M	認識対象のワーク種類を示す ID. 「ワーク検出サブシステム」は, このワーク種類 ID を使用して内部に登録されているモデル情報などを検索し, 認識を実行する.
in	対象エリア	3D エリア	M	ワークが存在する範囲. バラ積みピッキングを行う場合のワークが格納されているボックスの範囲などを指定する.
in	追加情報	プロパティ	0..N Ord	ワーク検出に使用する追加情報を設定する. 設定可能な内容の詳細については, 使用する「ワーク検出サブシステム」の仕様に依存する.
ret		ワーク認識結果リスト	M	「ワーク検出サブシステム」が認識したワーク情報のリスト

3.2.3.8. 排出位置を検出する

Description: 「人協働マニピュレーションモジュール」が「排出位置検出サブシステム」に排出位置の検出を依頼するためのインターフェース. 「排出位置検出サブシステム」が存在しない場合には使用しない.				
Operations:				
排出位置を検出する		O		
in	排出位置候補エリアリスト	3D エリア	0..N Ord	排出位置の検出を行うエリアを示すリスト.
ret		排出位置検出結果	M	「排出位置検出サブシステム」が検出した排出位置

3.2.3.9. 監視エリアを設定する

Description:「人協働マニピュレーションモジュール」が「周辺環境認識サブシステム」に各エリアのエリア区分を設定するためのインターフェース.

各エリアのエリア区分は、マニピュレータの動作速度、動作予定軌道などを基に動的に設定することも可能である. なお、監視エリアの設定は、新規軌道を計画したタイミングなど、ある程度長い周期で設定する事を想定している(マニピュレータの現在状態を基に、リアルタイムで設定し直すことは想定していない).

Operations:

監視エリアを設定する		O		
in	設定情報リスト	エリア設定リスト	M	各エリアのエリア区分を設定したリスト
ret		設定結果	M	「周辺環境認識サブシステム」への監視エリアの設定結果

3.2.3.10. 設定結果

Description:周辺環境認識サブシステムが指定された監視エリアを設定できたかを表すEnum型

成功(succeeded)	指定された全ての監視エリアの設定に成功.
失敗(failed)	何らかの理由により、指定された監視エリアの一部の設定に失敗.

3.2.3.11. 協調作業を制御する

Description:「上位アプリ」が「人協働マニピュレーションモジュール」に対して、人協調作業の開始、終了を指示するためのインターフェース.

Operations:

協調作業を開始する		M
引数	なし	
協調作業を終了する		M
引数	なし	

3.2.3.12. 一時停止を制御する

Description:「上位アプリ」から「人協働マニピュレーションモジュール」が実行中の作業を一時停止、再開するためのインターフェース.

Operations:

作業を一時停止する		M
引数	なし	
作業の一時停止を解除する		M
引数	なし	

3.2.3.13. システムを終了する

Description:「上位アプリ」が「人協働マニピュレーションモジュール」を終了するためのインターフェース.

Operations:

システムを終了する		M
引数	なし	

改訂履歴

版番号	公開日	備考
1.0	2021/6/30	初版
1.1	2022/6/30	前提条件を明確化. 状態遷移(ステートマシン図)を追加. ピッキングを連続して行う場合へ対応.
1.2	2022/11/1	データモデルの可視性をprivateからpublicに修正



ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会
Robot Revolution & Industrial IoT Initiative