



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

ソフトウェアアーキテクチャ 調査検討委員会中間報告書

平成 31 年 3 月

要約

ロボット用ソフトウェアの開発には非常に多くの工数がかかり、各社各様のアーキテクチャの元で設計を進めている。本調査検討委員会では、再利用性の高いソフトウェア創出に向けたアーキテクチャについて、複数のターゲットシステムを設定し、検討を進めたので報告する。

ロボット革命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

目次

1. はじめに.....	4
ロボットシステム開発におけるソフトウェアの現状と課題.....	4
本報告書にて提示する情報.....	4
1.1. 対象読者.....	5
1.2. 委員名簿.....	5
2. SysML の概要.....	7
2.1. SysML とは？	7
2.2. SysML を用いる利点	8
2.3. 本報告書で用いるダイアグラム	9
3. ソフトウェアアーキテクチャ例	12
3.1. 対象とするシステム.....	12
3.2. レストランにおける接客・給仕システム	13
3.2.1. システム概要.....	13
3.2.2. システムの前提条件	13
3.2.3. システムの動作環境	15

3.2.4. システムの振る舞い概略	15
3.2.5. システムへの要求.....	16
3.2.6. システムの持つ機能	17
3.2.7. システムの構成要素	18
3.2.8. システムの振る舞い詳細	19
3.2.9. システム構成要素間のインタフェース	20
3.3. 物流倉庫における自動搬送システム	25
3.3.1. システム概要.....	25
3.3.2. システムの前提条件	25
3.3.3. システムの動作環境	26
3.3.4. システムの振る舞い概略	27
3.3.5. システムへの要求.....	29
3.3.6. システムの持つ機能	30
3.3.7. システムの構成要素	30
3.3.8. システム構成要素間のインタフェース	31
3.4. 工場におけるビジョンシステムを用いた物体操作システム	35
3.4.1. システム概要.....	35

3.4.2.	システムの前提条件	35
3.4.3.	システムの動作環境	36
3.4.4.	システムの振る舞い概略	37
3.4.5.	システムへの要求	38
3.4.6.	システムの持つ機能	39
3.4.7.	システムの構成要素	39
3.4.8.	システムの振る舞い詳細	40
3.4.9.	システム構成要素間のインタフェース	41
4.	実装との関連付け	44
5.	おわりに	45
6.	参考文献	46

1. はじめに

ロボットシステム開発におけるソフトウェアの現状と課題

近年、ロボットシステムの複雑化や応用範囲の拡大に伴い、各社の内部で独自に進める形の開発では、この要望に応えにくくなってきている。そこで、ミドルウェアを用い、ソフトウェアの再利用を加速することで、システム開発に関わる工数の削減につなげる動きが出てきている。現状はROS(Robot Operating System)やRT ミドルウェアなどのミドルウェアの利用が行われおり、その上での再利用性を考慮に入れたソフトウェアの開発が進められているが、こうしたミドルウェアについて永続的にサポートが続けられるわけではなく、時代の移り変わりとともに流行が変化していくことが予想される。よって、現状のミドルウェア上で動作するフレームワークに依存しない形で、長く参照できるソフトウェアアーキテクチャが必要となってきたが、参照できるような定番といえるアーキテクチャが存在していないのが現状である。

本報告書にて提示する情報

本報告書では、ソフトウェアアーキテクチャについて、利用するミドルウェアに依存しない形での表現を行うこととし、主としてPIM(Platform Independent Model)での記述を行う。今年度の報告では、主としてPIMでの記述を行うが、今後、ミドルウェアに依存するPSM(Platform Specific Model)についても検討を進めていく予定である。

これまで、ロボットを対象としたソフトウェアアーキテクチャについての議論は広く行われてきたが、各社各様のアーキテクチャは有しているものの、広く一般において議論が行われ、定番となるような形になったものはほとんど見られない。そこで、本報告書では、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、幅広い技術者・研究者によって閲覧可能なアーキテクチャについて示すものとする。なお、本報告書では、最終的に実装に落とし込むことを視野に入れ、SysMLの各種モデルを広めの解釈で用いている部分があることご理解頂きたい。

1.1. 対象読者

本報告書で検討するソフトウェアアーキテクチャの対象読者としては、以下を想定している。特に企業に属し製品・システムを開発するマネージャと技術者を主な対象者とする。

- ロボットハード開発者
- 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

1.2. 委員名簿

本調査検討委員会の委員リストを以下に示す。なお、所属などは、2018 年度末時点。

【委員長】	(学)名城大学 理工学部 メカトロニクス工学科 准教授	大原 賢一
【副委員長】	東京オープンソースロボティクス協会(TORK) 代表理事	但馬 竜介
【委員メンバー】		
(株)IHI 技術開発本部 総合開発センター ロボット技術開発部 主任研究員		関谷 真
(学)会津大学 情報システム学部門 ロボット工学講座 教授		成瀬 継太郎
(学)会津大学 復興支援センター 特任教授		屋代 真
イーソル(株) ソリューションエンジニアリング事業部 産業技術統括部		佃 明彦
(地独)神奈川県立産業技術総合研究所 情報・生産技術部長		宮澤 以鋼
カワダロボティクス株式会社 企画部 特機課		溝口 弘悟
(国研)産業技術総合研究所 ロボットイノベーション研究センター ロボットのソフトウェアプラットフォーム研究チーム		Geoffrey Biggs
(国研)産業技術総合研究所 ロボットイノベーション研究センター ロボットのソフトウェアプラットフォーム研究チーム		花井 亮

(株)セック 開発本部 第四開発部 テクニカルマネジャー	中本 啓之
(株)セック 開発本部 第四開発部 主任	豊田 光弘
THK(株) 事業開発統括部	近藤 裕紀
THK(株) 産業機器統括本部 技術本部 事業開発統括部 永塚BU	椎木 靖人
THK(株) 事業開発統括部	三好 崇生
(株)東芝 研究開発センター メディアAIラボラトリー 主任研究員	平山 紀之
(株)東芝 研究開発センター 機械システムラボラトリー 主任研究員	山本 大介
トヨタ自動車(株) Tーフロンティア部	高橋 太郎
(一財)日本品質保証機構 認証制度開発普及室 主幹	櫛引 豪
パナソニック(株) 生産技術本部 ロボティクス推進室 課長	安藤 健
パナソニック(株) 生産技術本部 ロボティクス推進室 主任技師	上松 弘幸
パナソニック(株) プロダクト解析センター 電気ソリューション部 課長	岡本 球夫
(株)日立製作所 研究開発グループ 機械イノベーションセンタ 主任研究員	中村 亮介
(株)日立製作所 研究開発グループ 主任研究員	吉内 英也
富士ソフト(株) エリア事業本部 中部支社 マニファクチャリングソリューション部 主任	青島 崇
富士通(株) マーケティング戦略本部 ビジネス開発統括部 ビジネス開発部/シニアエキスパート	神田 真司
ヤンマー(株) 中央研究所 基盤技術研究部 ロボティクスグループ グループリーダー	杉浦 恒
ヤンマー(株) 中央研究所 基盤技術研究部 ロボティクス G 指導職	嵩 裕一郎
(株)YOODS 新製品開発事業グループ	竹林 渉
(株)YOODS 開発グループ	平泉 一城

2. SYSML の概要

2.1. SYSML とは？

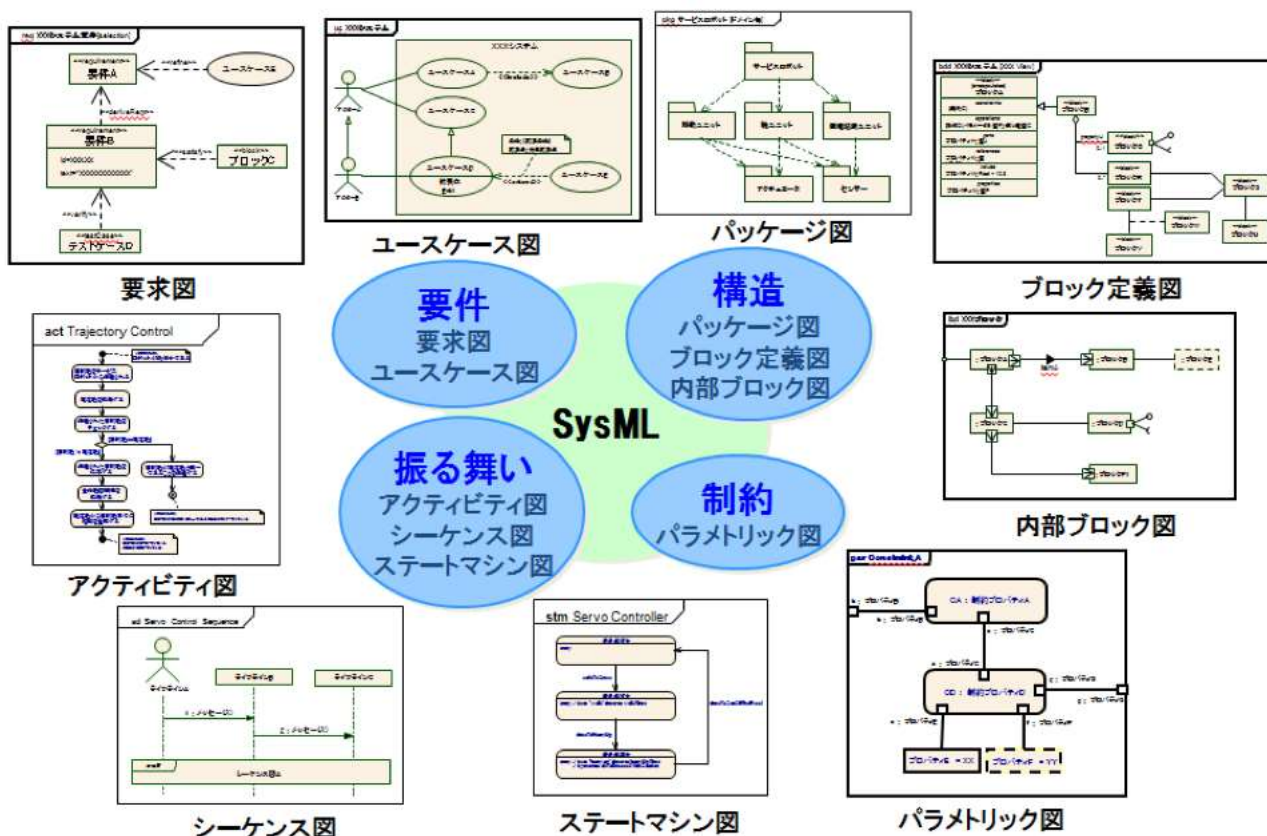
本報告書では，ソフトウェアアーキテクチャの記述に，SysML (Systems Modeling Language: システムモデリング言語) を使用する。

SysML とは，「オブジェクト指向」の考え方に基づいて，システム全体の分析・設計内容をグラフィカルな図面(ダイアグラム)を用いて表現するための言語である。

SysML は，オブジェクト指向技術の国際標準化団体である OMG (Object Management Group) が中心となって仕様の検討を行っており，現在では ISO 化も行われている国際標準仕様である [1]。また，ソフトウェアに関する設計内容を記述するためのモデリング言語である UML (Unified Modeling Language: 統一モデリング言語) を拡張した形で定義されている。

国際標準化された SysML を用いることで，幅広くダイアグラムを用いた議論を可能とするだけでなく，システムに精通していないものでも上流設計からのシステム開発者の意図を読み取りやすく，改善点を見つけやすいことが特徴としてあげられる。

SysML で定義されている各ダイアグラムの概要を以下に示す。



2.2.SYSML を用いる利点

SysML を利用するメリットを以下に示す。

○コミュニケーションツールとしての効果

上流工程(分析, 設計工程)での検討内容をビジュアル化できるため, 成果物(仕様書など)が読みやすく, 理解しやすくなる。また, 表記法が国際的に標準化されているため, 世界中の技術者が理解できる形式である。

○システム設計/開発全体をサポート

ソフトウェアはもちろんのこと, ハードウェアや人, 組織など, システムを構成する全ての要素を記述することができる。また, ユーザ要求を明確化する上流工程から, 実際の振る舞いや制御系を設計する実装に近い範囲まで幅広い範囲をサポートしている。

○視点, 関心事を変えて, 様々な側面から表現が可能

SysML では着目している関心事が異なる 9 種類のダイアグラムが用意されている。このため, システム開発時に必要な内容を, 様々な視点から検討した結果を表現することができる。

○ダイアグラム(成果物)間の繋がりが明確

SysML では使用する要素の定義が厳密に行われているため、ダイアグラム間の対応関係や、同一概念を複数ダイアグラム上で使用する場合の関係も明確に定義されており、モデル(成果物)間の繋がりが明確となっている。このため、作成した複数のダイアグラムを比較することで、分析・設計内容の矛盾や不足点を容易に洗い出すことができる。また、粒度(抽象度)が異なる要素間の関係を明確にできるとともに、仕様変更が発生した場合の影響範囲の抽出・検討も容易となる。

SysML では、前述のように図としてシステムを捉えることが可能となる。システムの詳細実装がわからなくても、上流のモデルを見ることで、システムの仕様を捉えることが出来、システムを俯瞰したチェックを行いやすいことが利点としてあげられる。また、アクティビティ図、シーケンス図などを用いることで、対象とするシステムの振る舞いを理解することが出来、ブロック定義図、内部ブロック図を用いることで、システムを構成するソフトウェア機能同士の連携を捉えることが出来、構築したダイアグラムを用いて、システムの概念設計から、実装までを一気通貫に串を通せることも大きな利点である。

また、各種ミドルウェアを用いてシステム開発を行う際には、コンポーネント単位で開発を行って行く「コンポーネントベース開発」の手法を取る事が多いが、SysML のベースとなっている「オブジェクト指向技術」は、「コンポーネントベース開発」との親和性も高い。このため、システム全体の設計図として使用する事も可能である。

2.3.本報告書で用いるダイアグラム

本報告書では、ミドルウェア上で動作するソフトウェアモジュールの開発につなげることを目指している。ソフトウェアアーキテクチャを示すだけであれば、機能要素間の連携を表現した内部ブロック図のみでも表現はできるが、そこに至る前提条件や、概念設計を示していくことは、本報告書に従い、システム開発に携わるものにとって有用と考える。そこで、本報告書では、以下のダイアグラムを用い、複数の具体的なターゲットに対するシステム設計を行っている。

- コンテキスト図

対象システムが動作する環境・外部要素を明示するためのダイアグラム。対象システムに影響を与える要素、対象システムと何らかの相互作用する要素を記述する。ただし、対象システムの周辺に実際に存在する全ての環境要素を記述するのではなく、以降の分析/設計作業において、設計者が着目し、検討を行うべき要素のみを記述する。コンテキスト図に記述されていない要素は、分析/設計作業の対象外となるため、分析/設計者が検討を行う範囲を宣言するためのダイアグラムとも言える。

- 要求図

システムが満足すべき内容を明確にするためのダイアグラム。システムが実現すべき機能だけではなく、性能(非機能要件)も含めた内容を文章で記述するとともに、それらの関係を記述する。

- アクティビティ図

処理の流れや実行手順を整理して表現するためのダイアグラム。現実世界における処理の流れ(ビジネス・プロセスなど)や、ある機能を実現するための処理の流れ(アルゴリズムなど)を表現する場合など、さまざまな場面で利用することができる。アクティビティ図では、処理の実行順序や、各処理の実行主体、各処理間でやり取りを行うデータやオブジェクトを表現することが可能。また、処理の粒度に応じて階層化を行うこともできる。

- ユースケース図

対象システムが外部に提供する機能を表現するためのダイアグラム。ユースケース図を用いることで、開発対象範囲(システム化範囲)を明確にすることができる。そして、どのユーザにどのような機能を提供するのか？システムはどのような外部要素を必要とするのか？を明確化することができる。また、システムが提供する機能のカタログ化を行うことができるため、開発内容の優先順位の決定や開発コストの検討などにも利用される。

- ブロック定義図

システムの静的な構造を表現するためのダイアグラム. システムを構成する**要素の定義**を行うとともに、要素間の関係や数的情報を整理するために使用する.

- 内部ブロック図

システムの構成要素間でやり取りする内容を表現するためのダイアグラム. システムを構成する要素間の接続関係を明確にするとともに、要素間でやり取りするデータやイベント、コマンドなどを記述する.

本来、システムの運用まで含めると、これらの図が様々なケースで必要となるが、今年度の報告では、主として、一つの運用ケースに絞った形のダイアグラムセットについて示すこととする.

3. ソフトウェアアーキテクチャ例

3.1. 対象とするシステム

サービスロボットの導入が期待される分野は多方面に及ぶ。限られた時間の中で、これらすべてを包含するアーキテクチャを検討していくことは困難である。そこで、具体的なアプリケーションを取り上げ、そのアプリケーションに対し、通常運用に主眼を置いたアーキテクチャの検討を進めた。具体的には下記の3つのアプリケーションである。

- レストランにおける接客・給仕システム(2018年度は接客を対象)
- 物流倉庫における自動搬送システム
- 工場におけるビジョンシステムを用いた物体操作システム

詳細について、次節以降に示す。

本節で検討するアーキテクチャは，ロボットの形状や備えるデバイス（センサ類）に依存しない，汎用的なものを目指す．しかしながら，具体的なロボットのイメージがないとモデル化が困難なため，レストランロボットの一例として，以下のような仕様を想定した．

- ロボットは，差動 2 輪の移動機構（補助輪 1 つ）により，全方向に移動することが可能
- ロボットの最大移動速度は，人が普通に歩く速度（時速 4km）程度，通常移動（案内）時は，時速 3km 程度を想定
- ロボットはセンサとして，2D LiDAR，デプスセンサ（RGB カメラとしても利用可能），超音波センサを装備
- ロボットの体高は 120cm 程度，体重は 30kg 程度
- ロボットは，身振り・手振りをおこなうことができる，双腕を持つ
- ロボットはスピーカーとマイクを備えており，人と 1 対 1 の対話を行うことが可能
- マイクは指向性のあるものを 1 つのみ装備し，マイクロホンアレイのような発話方向を認識する機構は持たない
- ロボットは，WiFi 通信により，レストランシステムとネットワーク通信を行う
- ロボットが移動するために使用する環境地図やテーブルの配置などは，レストランシステム側で管理しており，必要に応じて，ロボット側にダウンロードして使用する



図 3.2.2 レストランロボットの一例（THK 社 SEED-Noi）

3.2.3. システムの動作環境

レストランにおける接客システムのコンテキスト図を図 3.2.3 に示す。

レストランロボットシステムは、ロボットとロボットを管理・制御するレストラン（サーバ）側のシステムの 2 つを合わせた定義である。レストランには従業員（存在しなくてもよい）と受付（レストランの入口），客が座るテーブル（イスを含む），ロボットが待機している待機場所（バックヤード）を定義した。レストランロボットシステムが接客する対象の客は 1 名以上とする。

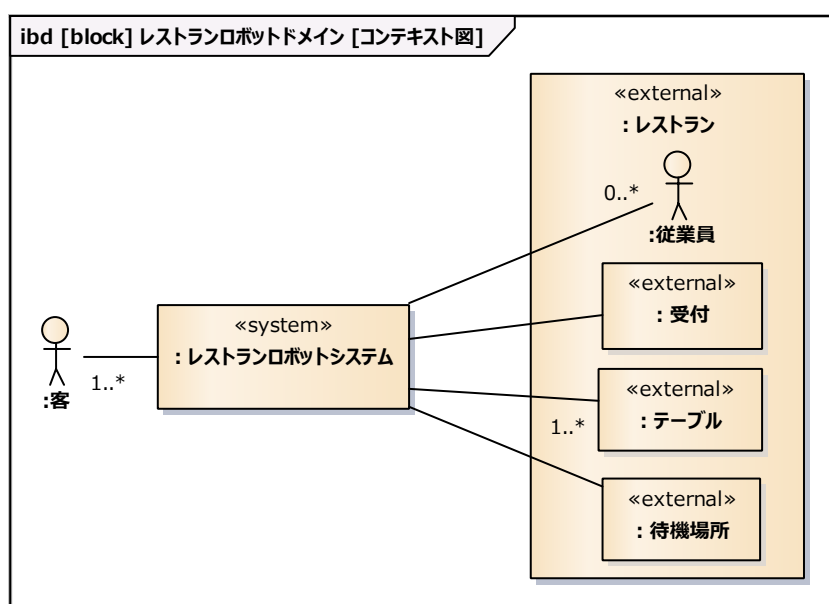


図 3.2.3 レストランにおける接客システム コンテキスト図

3.2.4. システムの振る舞い概略

レストランにおける接客システムの振る舞いの概要を，アクティビティ図として図 3.2.4 に示す。

客がレストランに来店すると，レストランロボットシステムは，客が来たことをカメラやセンサなどで検知し，人数や喫煙／禁煙の希望，年齢，子供の有無などの客の属性情報を確認する。レストランロボットシステムは，客の属性情報に適したテーブルの空席情報を問い合わせ，空席があれば，客をテーブルに案内する。

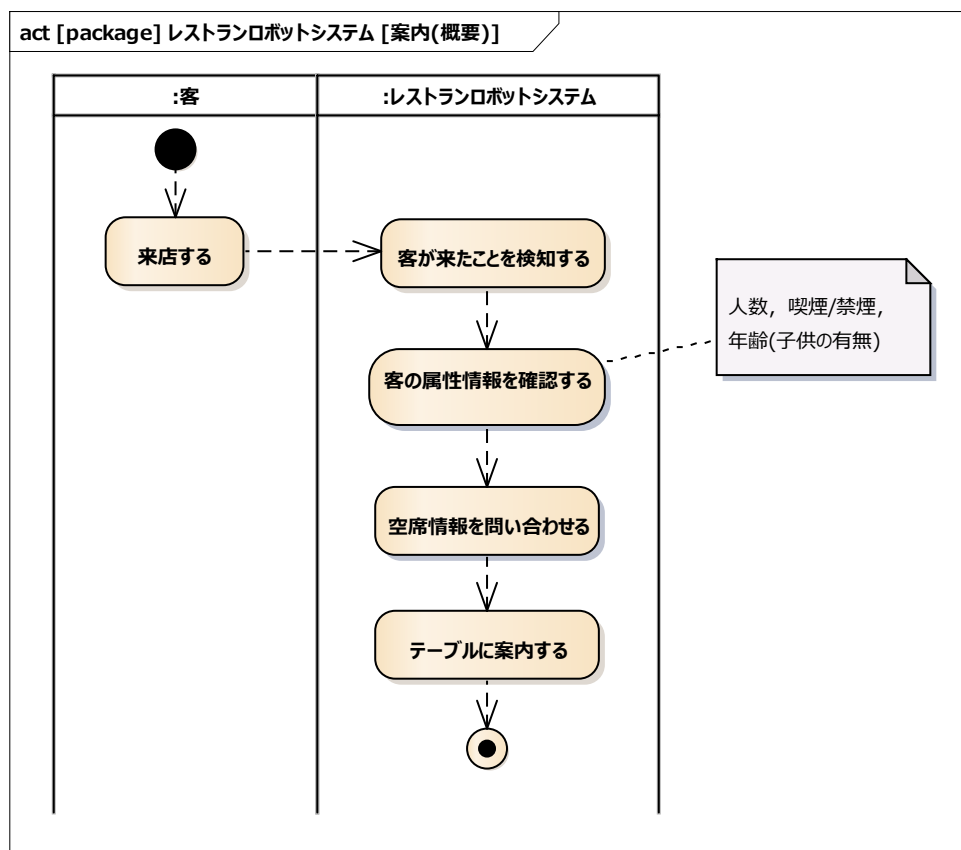


図 3.2.4 レストランにおける接客システム アクティビティ図

3.2.5. システムへの要求

レストランにおける接客システムの要求を，図 3.2.5 に示す．

2018 年度のモデル化では，「接客」業務のうち，「案内」のみを対象としているため，最上位要求は「レストランの入口に来たお客様の属性を確認し，お客様に適したテーブルまでお客様を案内（誘導）すること」と定義した．

最上位要求の下位の要求として，「案内リソース管理」や「客認識」，「インタラクション」，「客誘導」，「移動」，「状態監視／管理」などの機能要求のほかに，ロボットの安全性などを規定する「規格準拠」の非機能要求も定義した．

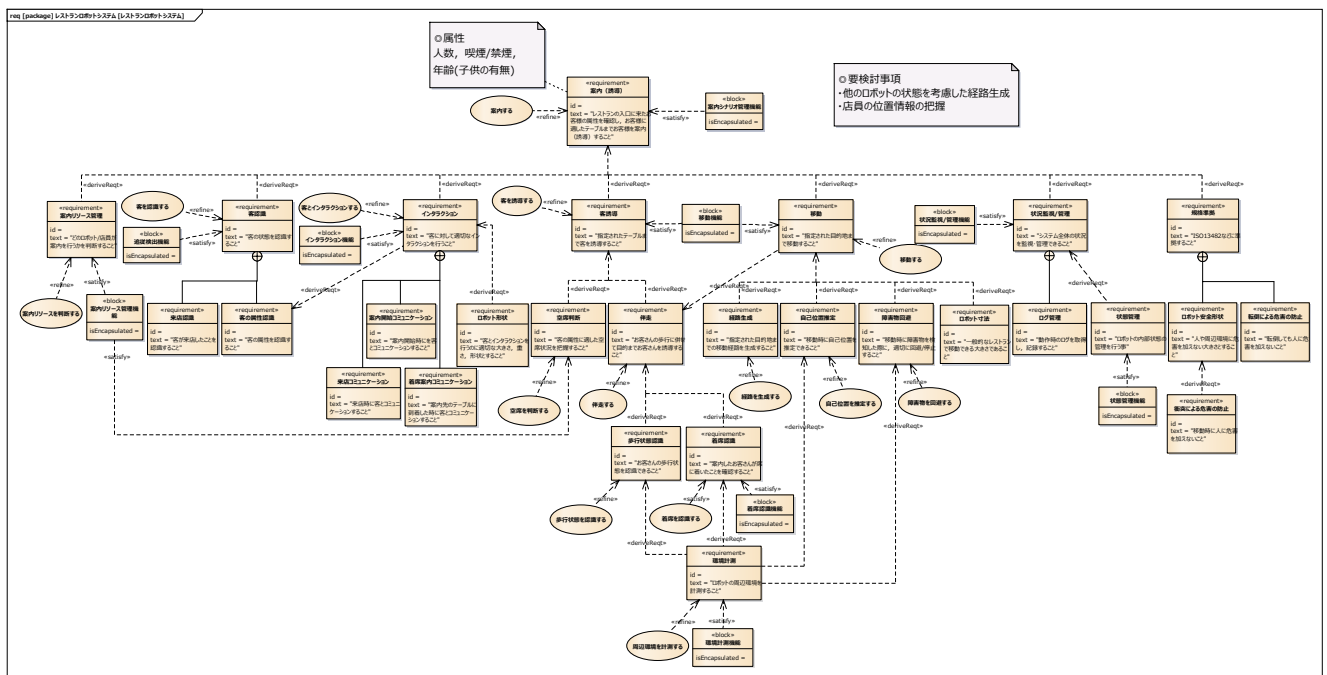


図 3.2.5 レストランにおける接客システム 要求図

3.2.6. システムの持つ機能

レストランにおける接客システムが必要とする機能について、ユースケース分析により導出した。

図 3.2.5 の要求図における機能要求から機能を抽出し、ユースケース図として整理したものを図 3.2.6 に示す。

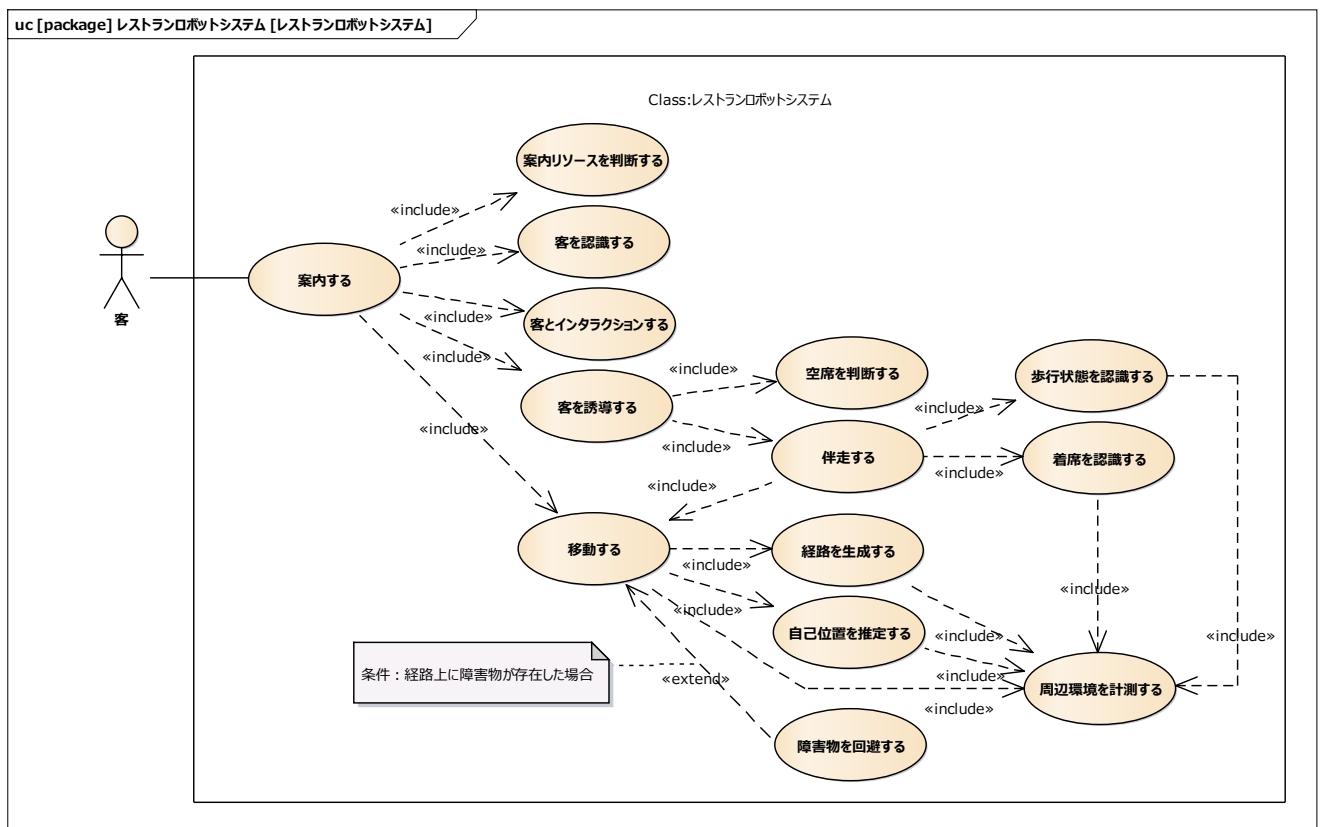


図 3.2.6 レストランにおける接客システム ユースケース図

3.2.7. システムの構成要素

レストランにおける接客システムの構成要素を，ブロック定義図として図 3.2.7 に示す．

レストランロボットシステムは，ロボット本体のロボットシステムと，ロボットの管理や制御を司るロボット管理システムの 2 つに分けて定義する．ユースケース分析で導出した各機能（非機能を含む）について，ロボットシステムとロボット管理システムのそれぞれに從属させた．

ロボットシステムは，「インタラクション機能」や「移動機能」などの各機能を実現する上で必要となるハードウェア上の機構として，「インタラクション機構」，「移動機構」，「外界計測機構」，「内界計測機構」を定義した．前提条件に示したとおり，本アーキテクチャでは，ロボットの機構や装備するデバイスは特定しない，汎用的なモデルとしている．モデル中に示した「測域センサ」や「加速度センサ」などの具体的なデバイスについては，あくまで例として挙げているものであり，これに限定するものではない．

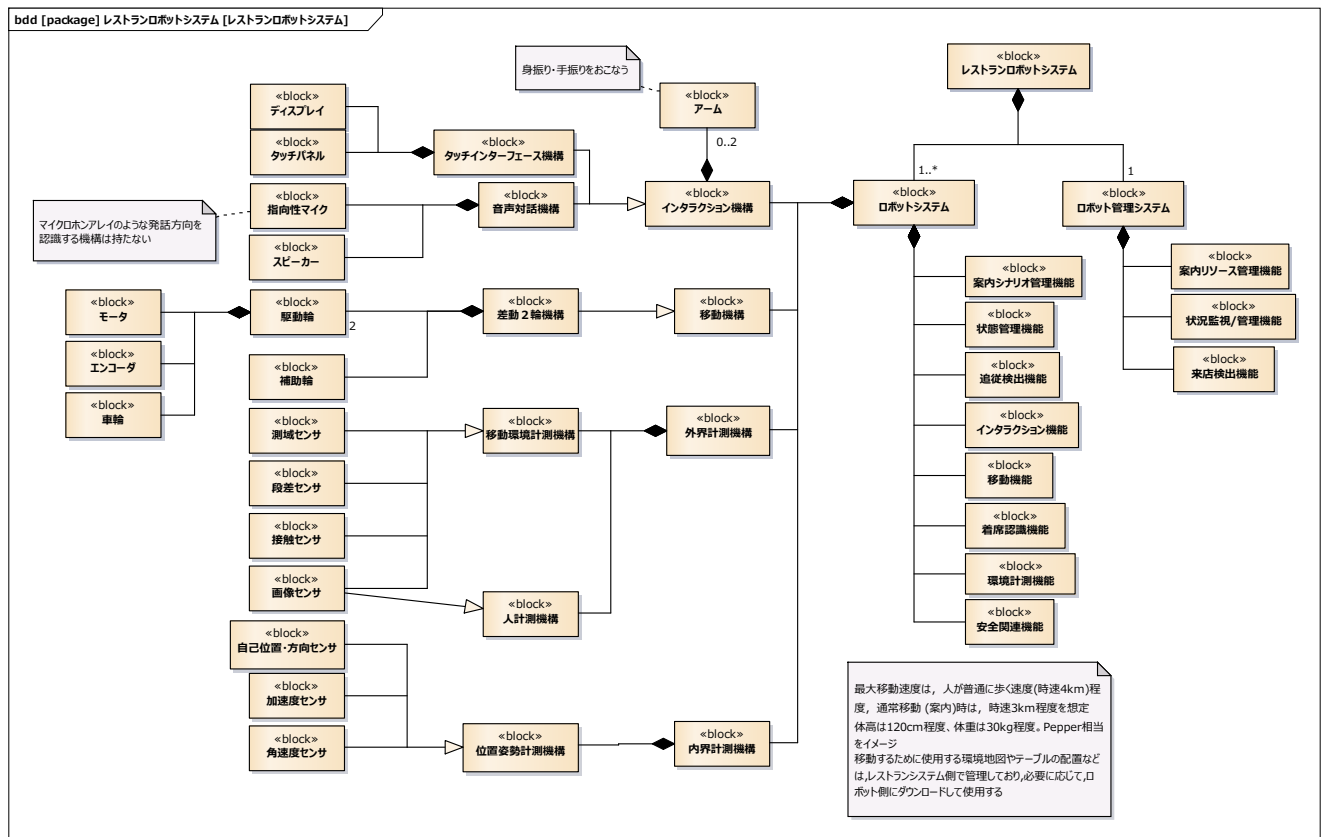


図 3.2.7 レストランにおける接客システム ブロック定義図

3.2.8. システムの振る舞い詳細

レストランにおける接客システムの振る舞いについて、図 3.2.4 に示したアクティビティ図を詳細化したものを図 3.2.8 に示す。

このアクティビティ図では、各アクティビティが、ブロック定義図に示したどの機能で実現するか、どのような処理フローになるかを示している。

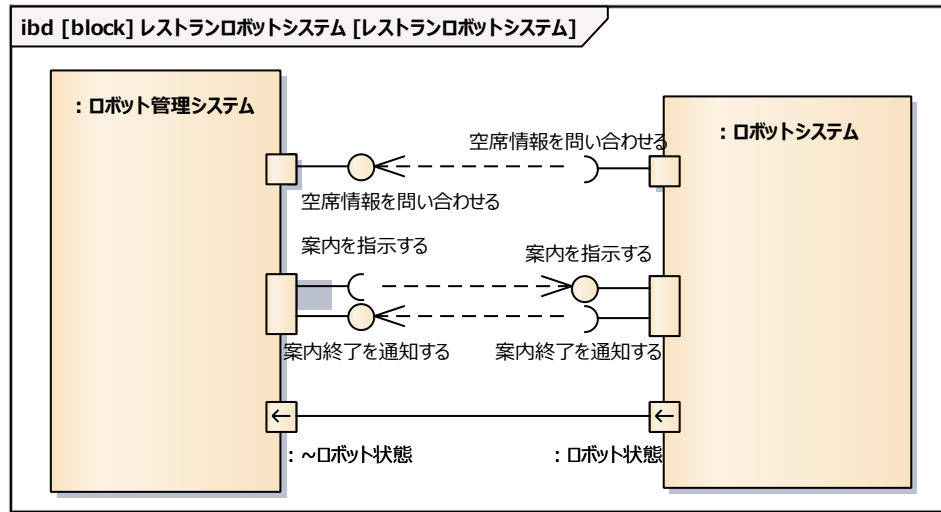


図 3.2.9 レストランにおける接客システム 内部ブロック図(インタフェース概要)

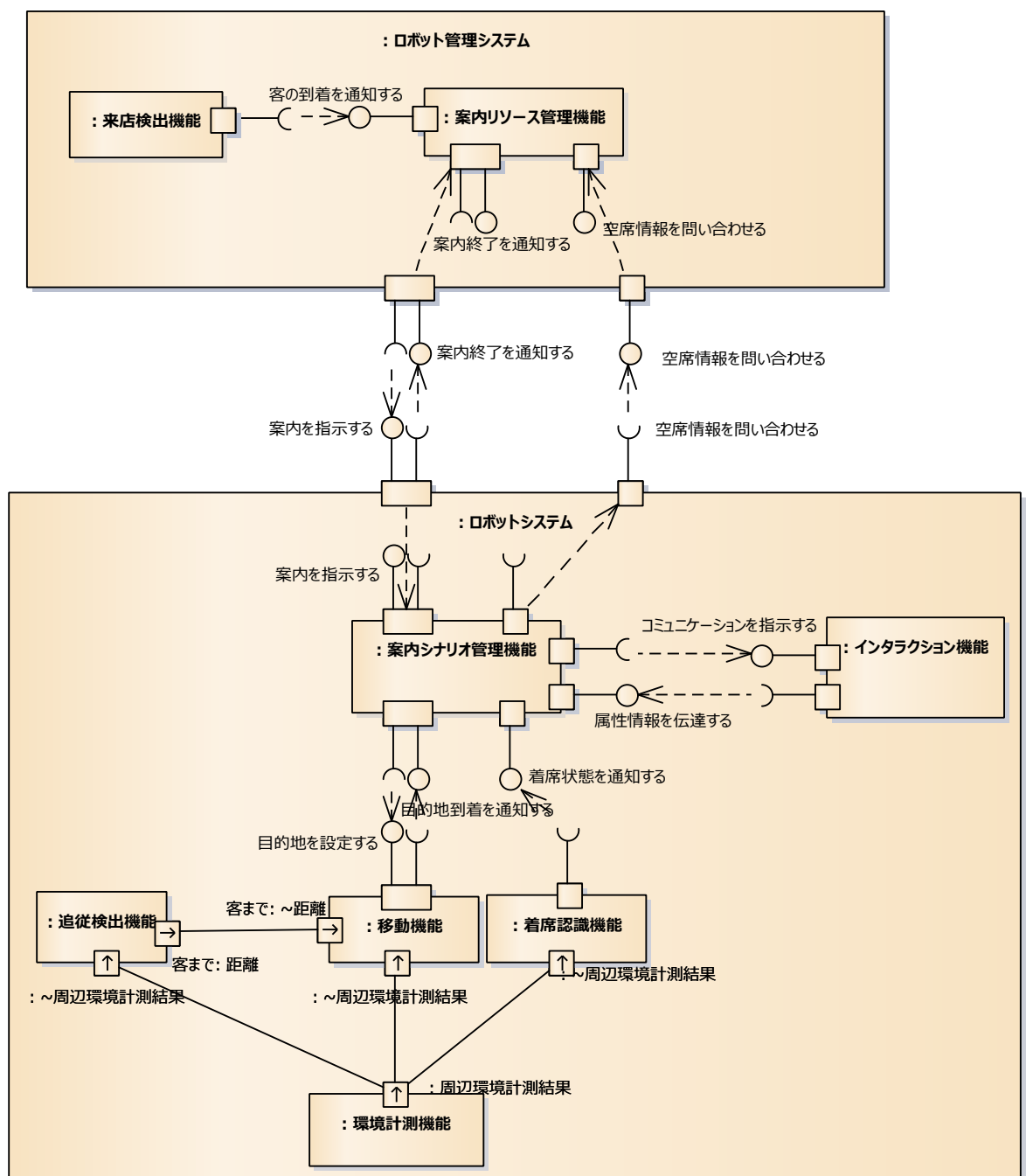


図 3.2.10 レストランにおける接客システム 内部ブロック図(インタフェース詳細)

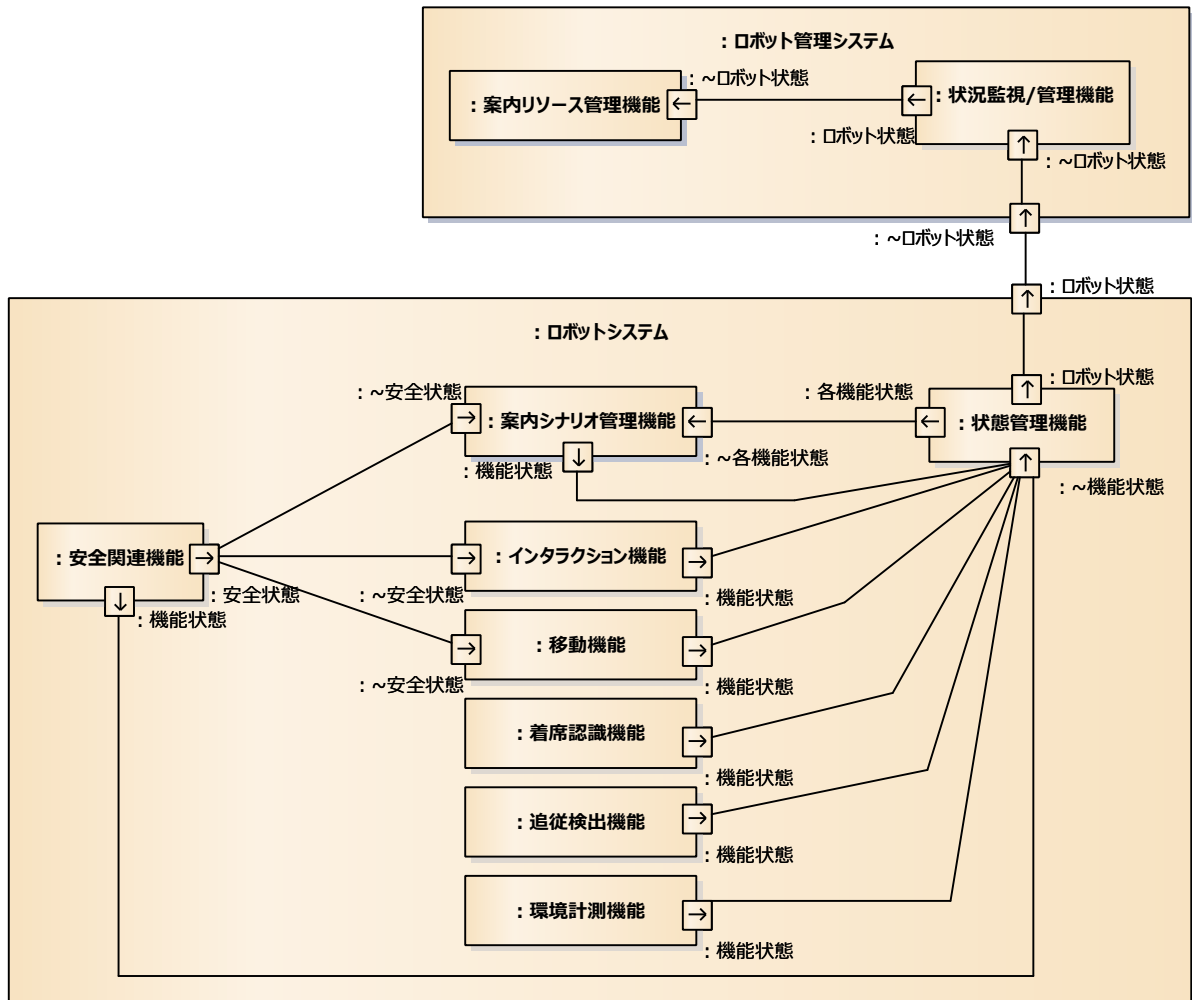


図 3.2.11 レストランにおける接客システム 内部ブロック図(状態管理インタフェース)

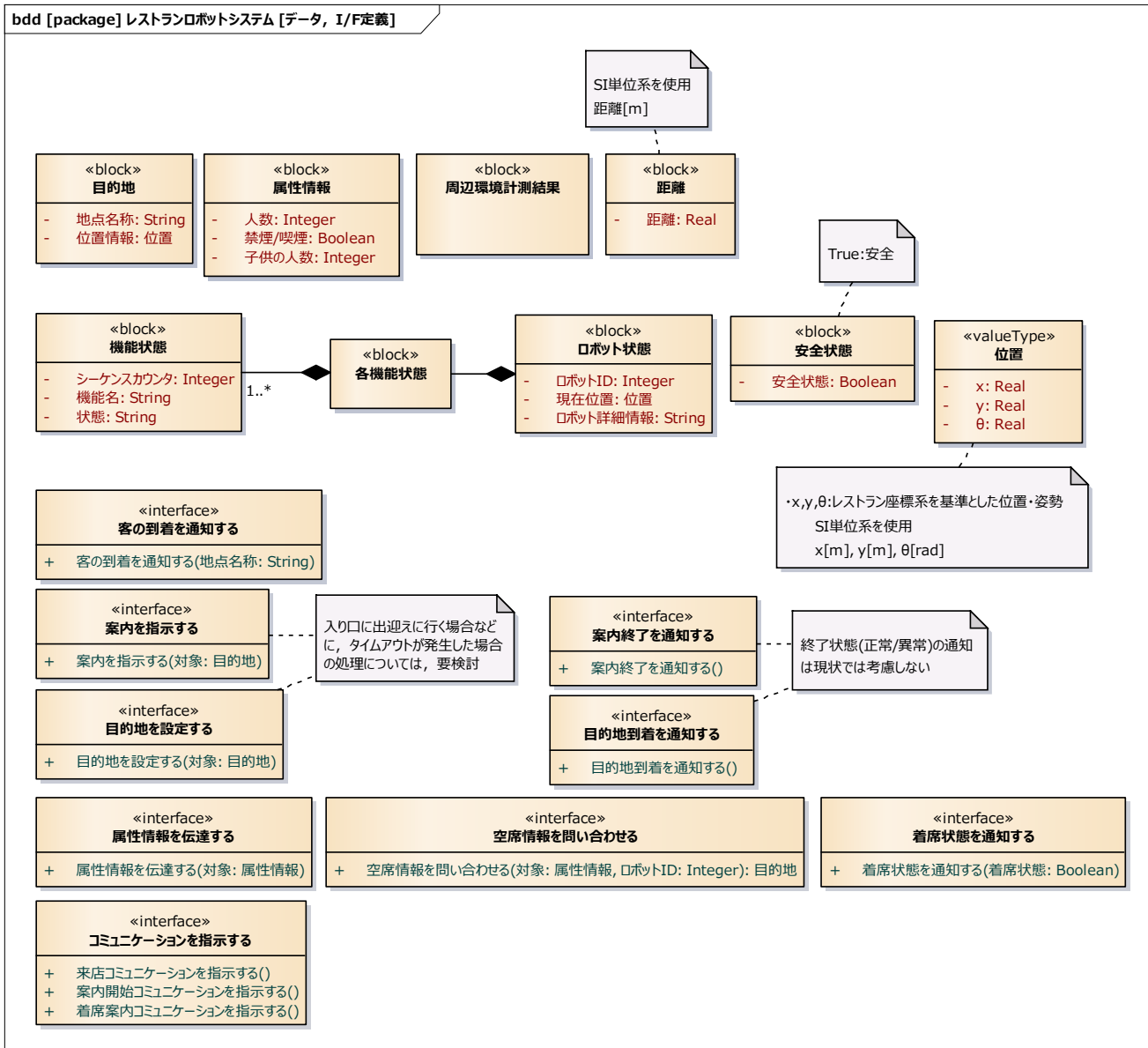


図 3.2.12 レストランにおける接客システム 内部ブロック図(データ/インタフェース定義)

3.3. 物流倉庫における自動搬送システム

3.3.1. システム概要

本節では、物流倉庫などで自律走行するロボットが荷物を自動搬送する自動搬送システムを対象として行ったアーキテクチャの検討結果を示す。想定している物流倉庫は、完全に自動化された無人の物流倉庫ではなく、従来からある作業者がカゴ台車などを搬送している物流倉庫に、導入される自動搬送システムを想定している。そこでは人とロボットが共存する環境下で、自律走行ロボットが運行管理システムからの指示によりカゴ台車やパレットに積載された荷物を搬送する。

3.3.2. システムの前提条件

自動搬送システムは複数の自律走行ロボットが、それぞれ自律的に荷物を搬送するシステムである。対象としては、現在、物流倉庫で人が行っている搬送作業の代替を想定している。しかし、その搬送作業自体は、工場などの製造現場、店舗等の流通現場、ホテルや病院などの公共施設での搬送作業への応用も考慮し、物流倉庫でなければ実現できない構成は含めていない。システムの実現時期は、2020 年ごろと設定し、その頃の実現可能な技術レベルを想定した。以下に、想定した前提条件を示す。

- ロボットは、独立 2 輪駆動やオムニホイールによる全方向駆動などの全方向に移動可能な走行機構。無人搬送車 (AGV) のようにライントレース式ではなく、ガイドレスに走行可能な自律走行機能を有する。
- ロボットの最大移動速度は、人が普通に歩く速度（時速 4km）程度。
- ロボットはセンサとして、2D LiDAR、超音波センサを装備。
- ロボットは、無線通信により、運行管理システムと通信する。
- ロボットが走行するために使用する走行環境地図は、予め SIer が設置時に生成する。
- 搬送物は人が手持ち、台車等に積載、あるいはパレットに積載しハンドリフト等で搬送可能なサイズ、重量物を想定する。
- ロボットは 1 台のロボットで 1 つの搬送対象を搬送することを想定し、複数台のロボットが協調して 1 つの搬送対象を搬送することは想定していない。

3.3.3. システムの動作環境

自動搬送システムのコンテキスト図を図 3.3.1 に示す。自動搬送システムを取り巻く構成要素は、ロボットが搬送する搬送対象物、通路上などに仮置きされたカゴ台車やパレットや作業者などを含む回避対象がある。また、システムの運用を行うオペレータ(非常停止からの復旧作業なども担当)、ロボットの行う搬送作業以外を担う作業者を考慮している。さらに、ロボットの走行経路設定や作業環境の地図作成など、実運用前のセットアップ作業を担う Sier からなる。

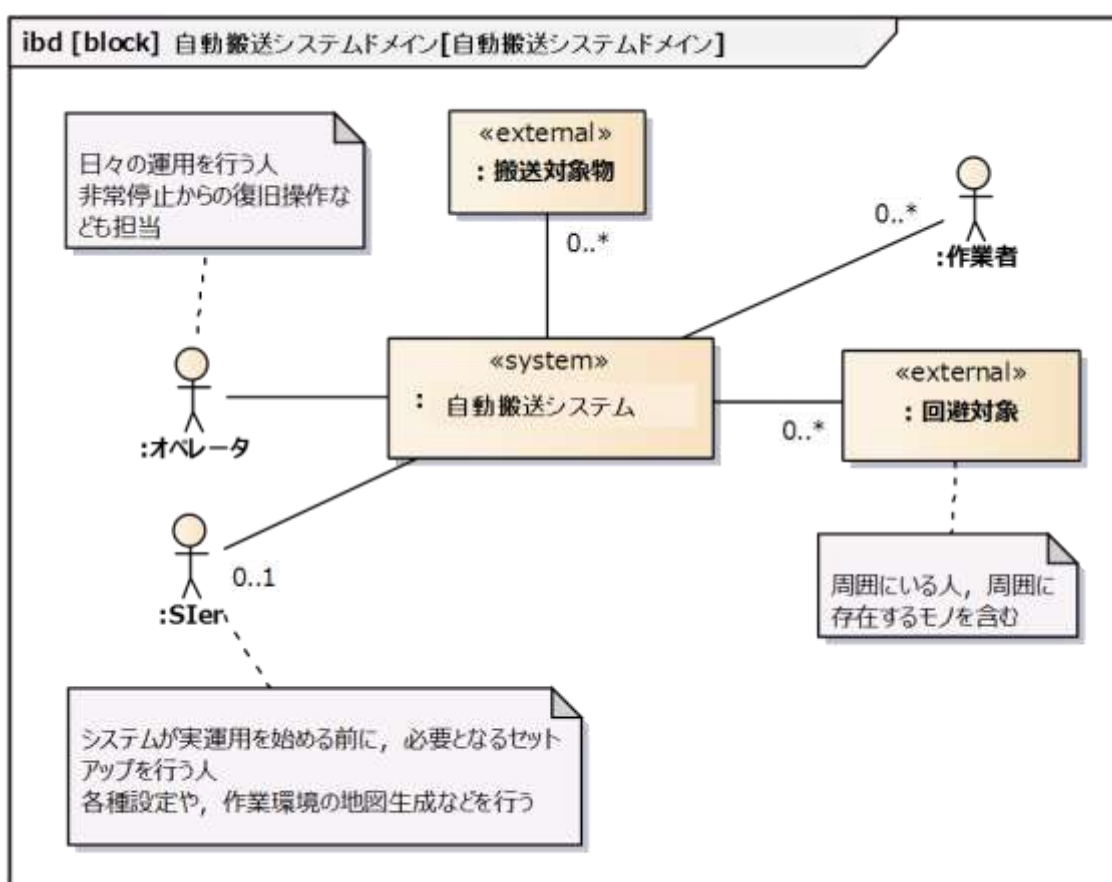


図 3.3.1 自律走行ロボットシステム コンテキスト図

3.3.4. システムの振る舞い概略

自動搬送システムにおける、運行管理システムの振る舞いの概要を示すアクティビティ図を図 3.3.2 に、自律走行ロボットの振る舞いの概要を示すアクティビティ図を図 3.3.3 に示す。

運行管理システムの振る舞いは、オペレータが搬送対象物の到着を確認すると、システムに対して、搬送先を登録する。運行管理システムは自律走行ロボットである搬送ロボットを決定する。

自律走行ロボットの振る舞いは、運行情報に従い、荷積み位置を判断し、荷積み位置まで自律移動する。荷積み位置に到着したら、搬送対象物を積載する。次に荷降ろし位置を判断し、荷降ろし位置まで自律移動する。荷降ろし位置に着いたら、搬送対象物を降ろす。次に待機位置を判断し待機位置まで自律移動する。

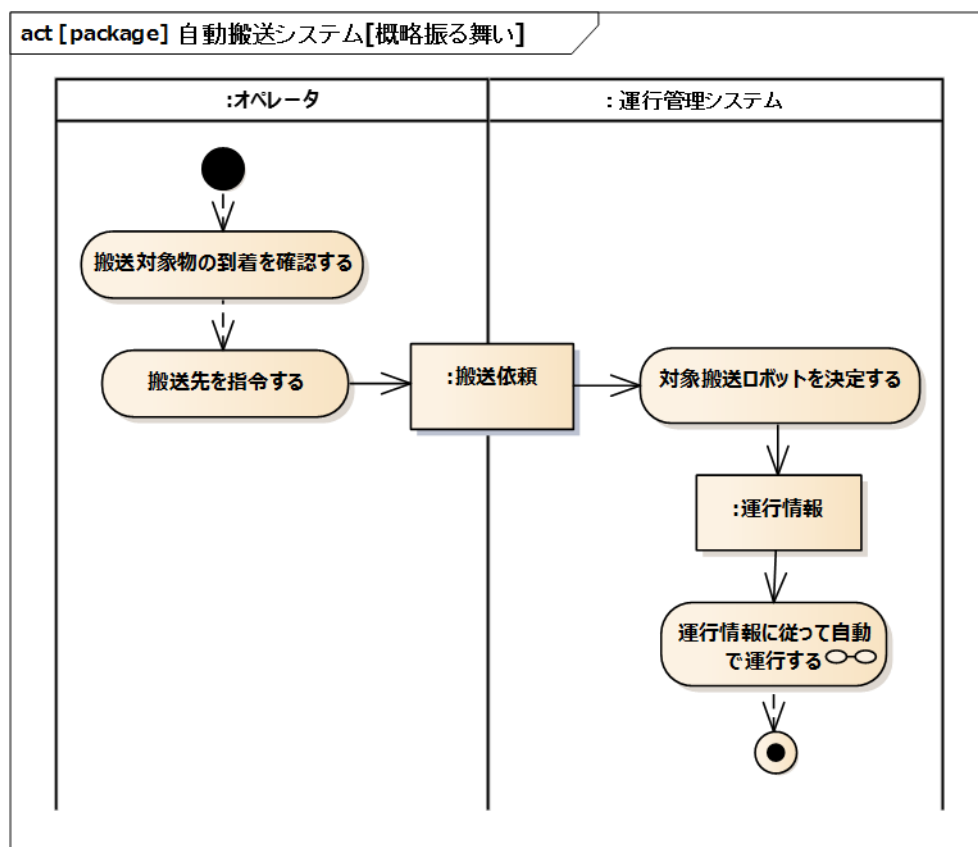


図 3.3.2 自動搬送システム（運行管理システム） アクティビティ図

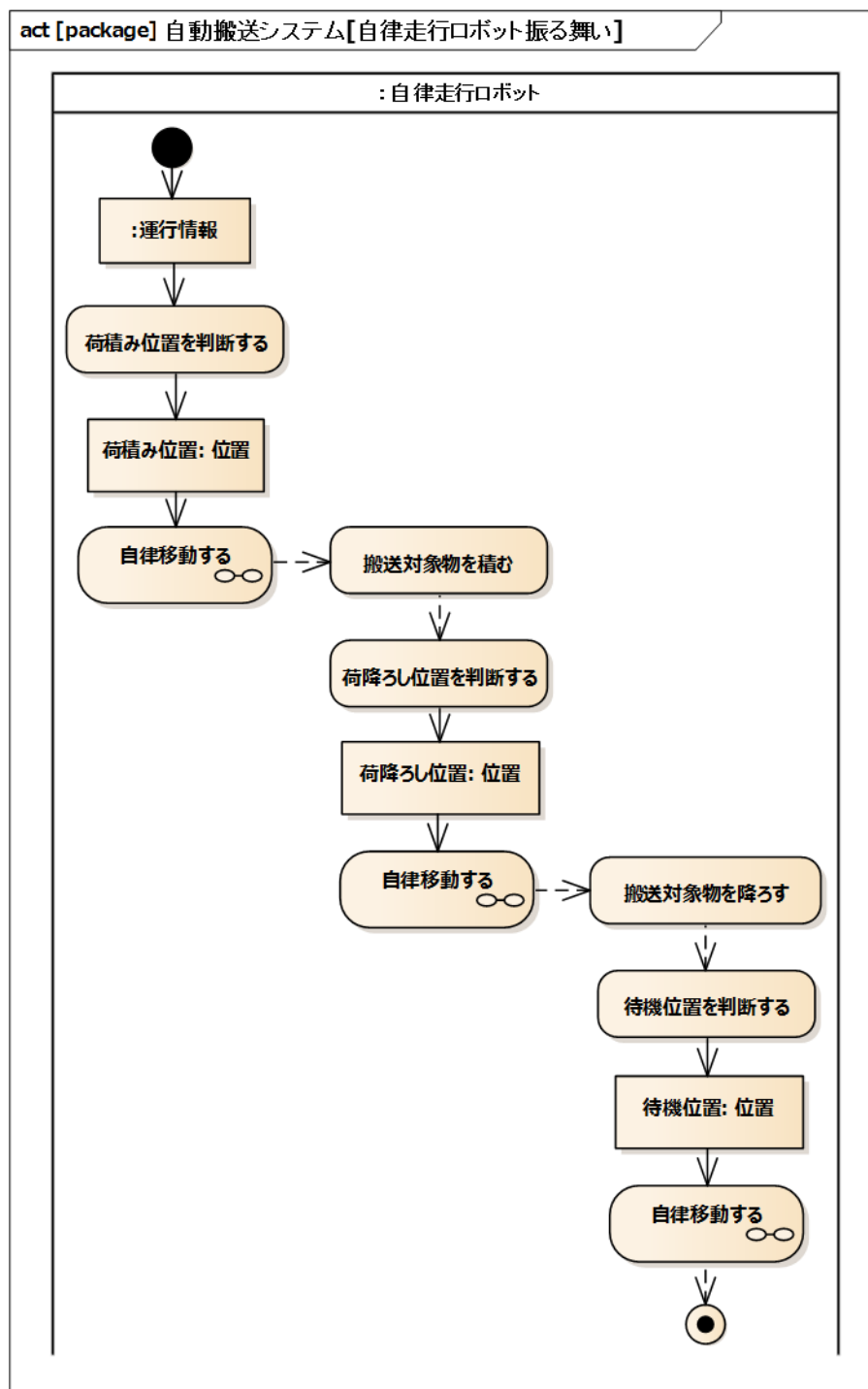


図 3.3.3 自動搬送システム(自律走行ロボット) アクティビティ図

3.3.5. システムへの要求

物流倉庫における自動搬送システムの要求を、図 3.3.4 に示す。最上位の要求は「荷物搬送の自動化」であり、「指定された荷物を指定された目的地まで安全かつ自動的に搬送すること」と定義した。最上位要求の下位の要求としては、「荷物搬送の自動化」、「自律走行ロボット運行の管理」、「走行地図生成」といった自動搬送システム特有の機能要求のほかに、「利便性の向上」、「規格準拠」の非機能要求を定義した。

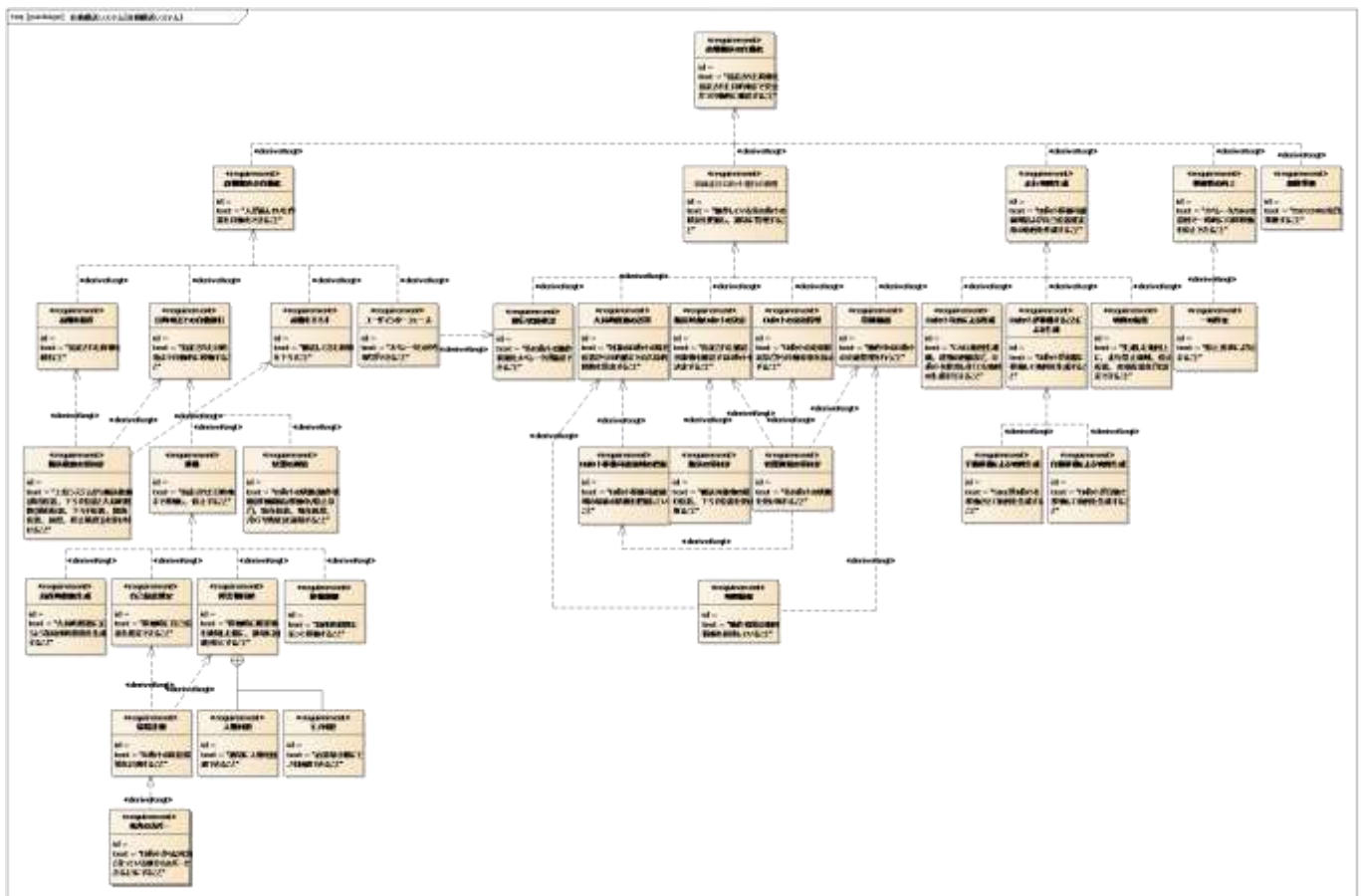


図 3.3.4 自律搬送ロボットシステム 要求図

3.3.6. システムの持つ機能

物流倉庫における自動搬送システムが必要とする機能について、ユースケース分析による導出を試みた。2018 年度の検討では、全ての機能を整理するには至らなかった。図 3.3.5 に、図 3.3.4 の要求図における機能要求から機能を抽出し、ユースケース図として整理し途中の図を示す。

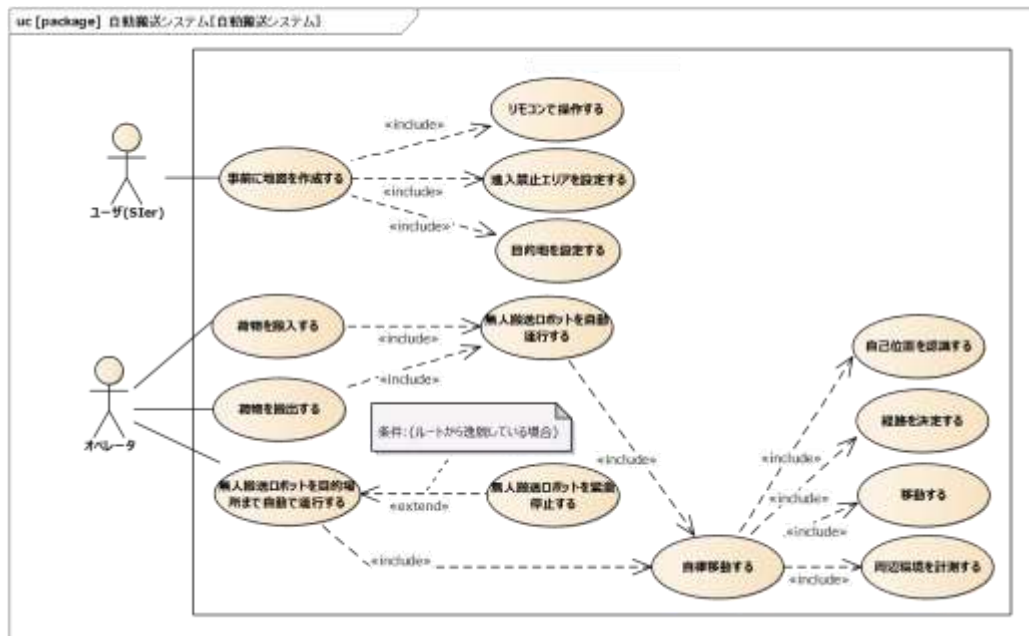


図 3.3.5 自律搬送ロボットシステム ユースケース図

3.3.7. システムの構成要素

物流倉庫における自動搬送システムの構成要素を、ブロック定義図として図 3.3.6 に示す。

自動搬送システムは、ロボット本体の自律走行ロボットシステムと、複数の自律走行ロボットの運行を管理する運行管理システムと、自律走行ロボットシステムと運行管理システムのいずれもが参照することとなる走行地図を扱う地図管理システムの 3 つに分けて定義する。

自律走行ロボットシステムは、必要となるハードウェア上の機構として、「電源」、「移動台車」、「外界計測機構」、「内界計測機構」を定義し、その下位に必要なアクチュエータ、センサの中で代表的なものを例として挙げている。また要求図で挙げている各要求を達成するために必要な機能を自律走行ロボットシステム、運行管理システム、地図管理システムの下に示している。

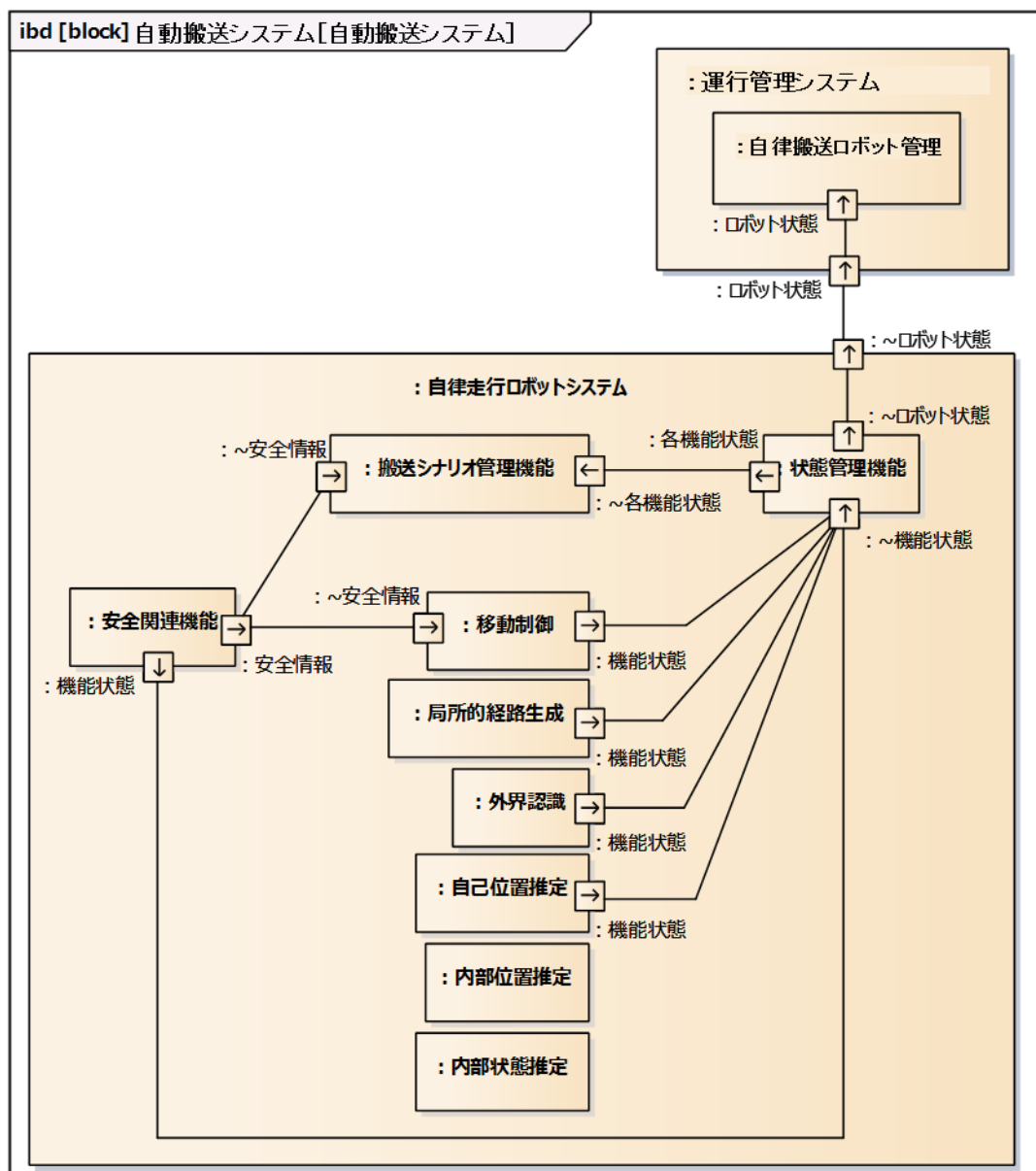


図 3.3.9 自律搬送ロボットシステム 内部ブロック図(状態管理インタフェース)

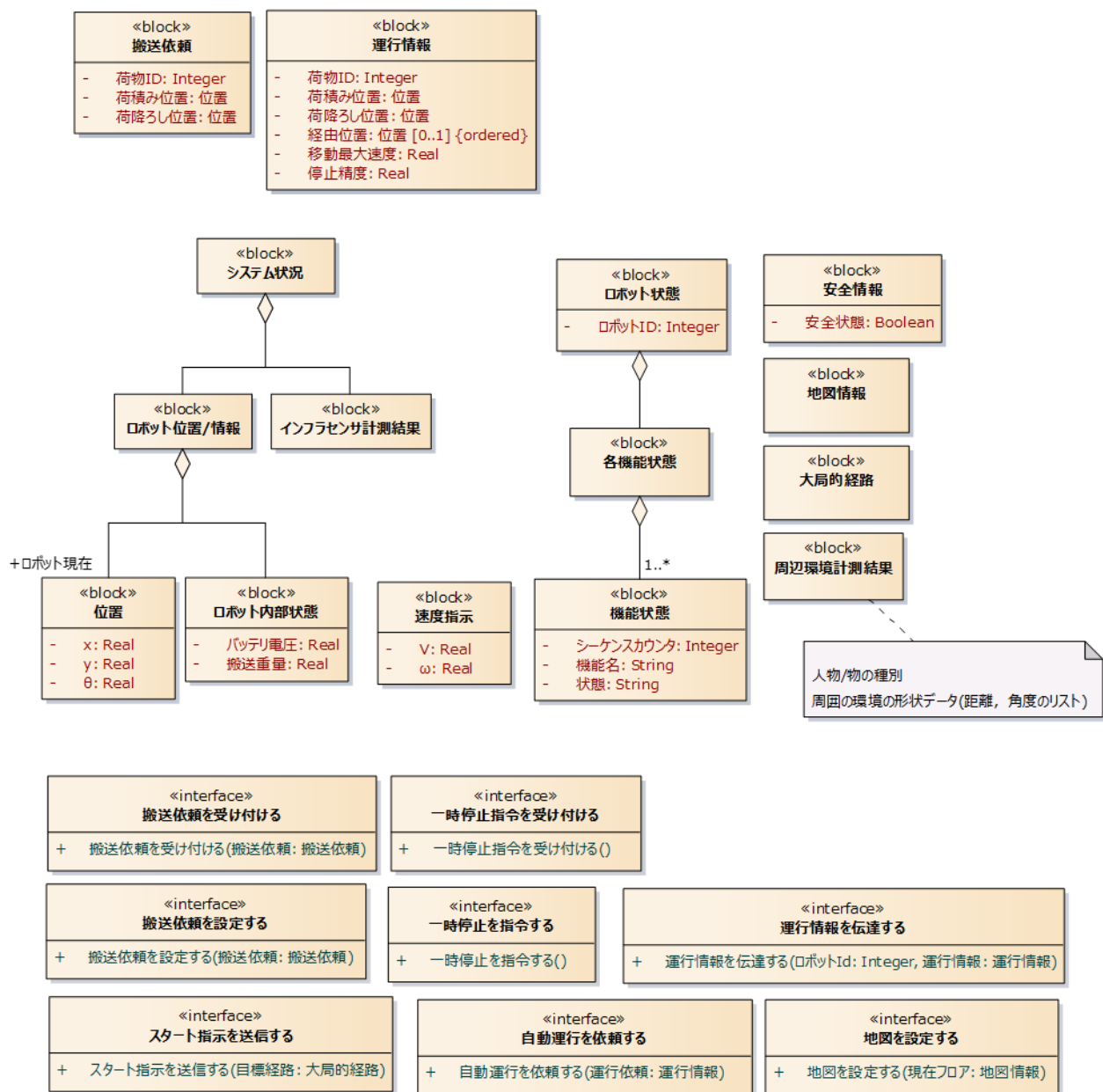


図 3.3.10 自律搬送ロボットシステム 内部ブロック図(データ/インタフェース定義)

3.4.工場におけるビジョンシステムを用いた物体操作システム

3.4.1. システム概要

本節で対象とするシステムは、工場におけるビジョンシステムを用いた物体操作システムである。具体的な応用先の例として、バラ積みされている部品または、ベルトコンベアを流れる部品の位置を RGBD カメラやステレオカメラを用いて検出・認識し、対象物に合わせてマニピュレータによりピック&プレースするシーンを想定し、アーキテクチャについて検討を行う。

3.4.2. システムの前提条件

対象システムに対するシステムの前提条件を以下に示す。ここでは、なお、一部限定した条件を設定しているが、今後の議論で拡張する余地は残している。

1. 物体認識の入力として使用する周辺環境情報の取得手段はビジョンに限定する。
2. ロボットアームは垂直多関節型・単腕とする。
3. マニピュレータは1台で、特定の位置に設置・固定されている。
4. ビジョンカメラは1台で、安全柵に固定されている。
5. ビジョンカメラは（固定カメラ方式で）作業対象領域全体を視野（の一部）に収めている。
6. マニピュレーションの内容は、「ユーザからの指定がプレース位置だけからなるピック&プレースで、アームの軌道はシステム内で自動生成するもの」に限定する。
7. 作業中のエンドエフェクタの交換はないものとする。
8. 作業完了確認機能は現段階では想定しない。
9. 既存の産業用ロボットを想定し、安全柵で囲われており、周辺に人間は存在しない場合に限定する。
10. ピック前の認識対象物体は、作業対象領域にシステム外の搬送手段（＝ベルトコンベヤー、人手など）により一定時間間隔で運ばれてくる。

11. プレースされた操作対象物体は，システム外の搬送手段（同上）により一定時間間隔で運ばれていく．
12. 通常運用における以下の 1 サイクルをモデル化の対象とする．
エンドユーザは，認識・操作対象物体の種類とプレース場所を指定する
↓
エンドユーザは，作業指令を出す
↓
システムは，作業対象領域を，ビジョンカメラで撮影する
↓
システムは，撮影結果から，指定された種類の物体を見つける（物体認識する）
↓
システムは，1 つ以上物体が見つかった場合は，そのうちの 1 つをピックし，指定された場所にプレースする（…見つからない場合は何もしない）
↓
動作終了

3.4.3. システムの動作環境

図 3.4.1 に，システムのコンテキスト図を示す．図にあるように，ロボットシステムは安全柵に囲われており，ロボットシステムの動作範囲内に人間が入ってくるようなことはない．さらに，周辺環境情報の取得手段はビジョンのみであるため，環境要因としては光だけを考えればよい．

作業環境内にある物体は 0 個以上考えられ，その一部（0 個以上）が認識対象物体となる．認識対象物体の中の 1 つだけが，（前節に 1 サイクルの動作として述べたように，）ピック&プレースの対象となる把持対象物体となる．

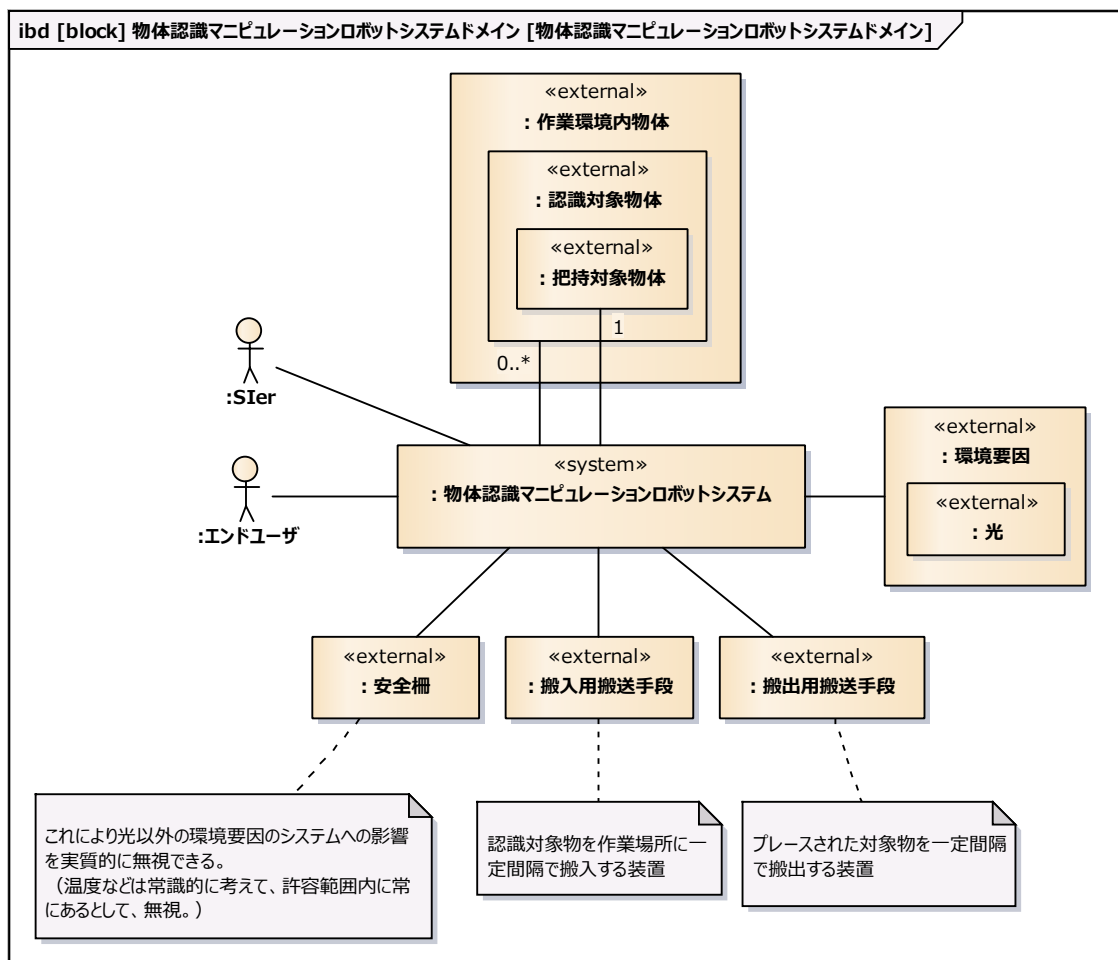
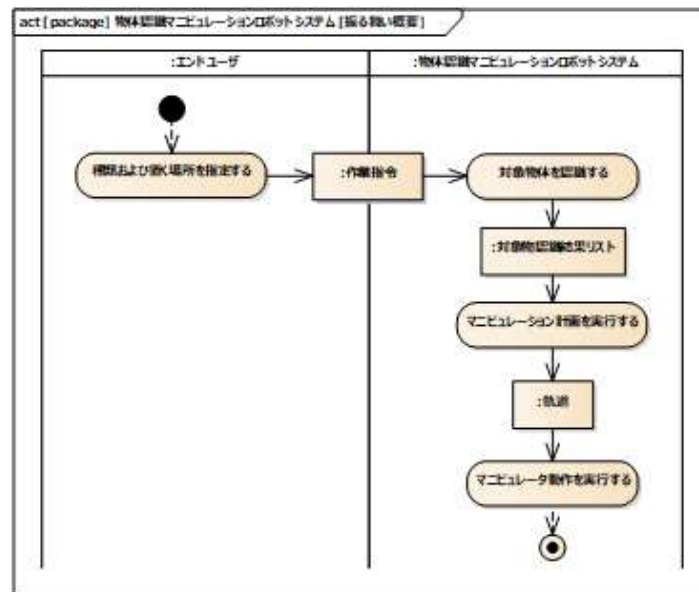


図 3.4.1 物体操作システム コンテキスト図

3.4.4. システムの振る舞い概略

図 3.4.2 に、システムの概略アクティビティ図を示す。

外部要素とのやり取りを含めて、システムの振る舞いの概略はこの図にある通りである。



2

図 3.4.2 物体操作システム 概略アクティビティ図

3.4.5. システムへの要求

図 3.4.3 に、システムの要求図を示す.

図の最上部に、システムへの最上位要求として「安全かつ効率的に、指定された種類の物体を認識し、指定された場所に置くこと」が示されている. その左下に物体認識系の機能要求, 下にマニピュレーション系の機能要求, 右に（安全な動作などの）非機能要求が示されている.

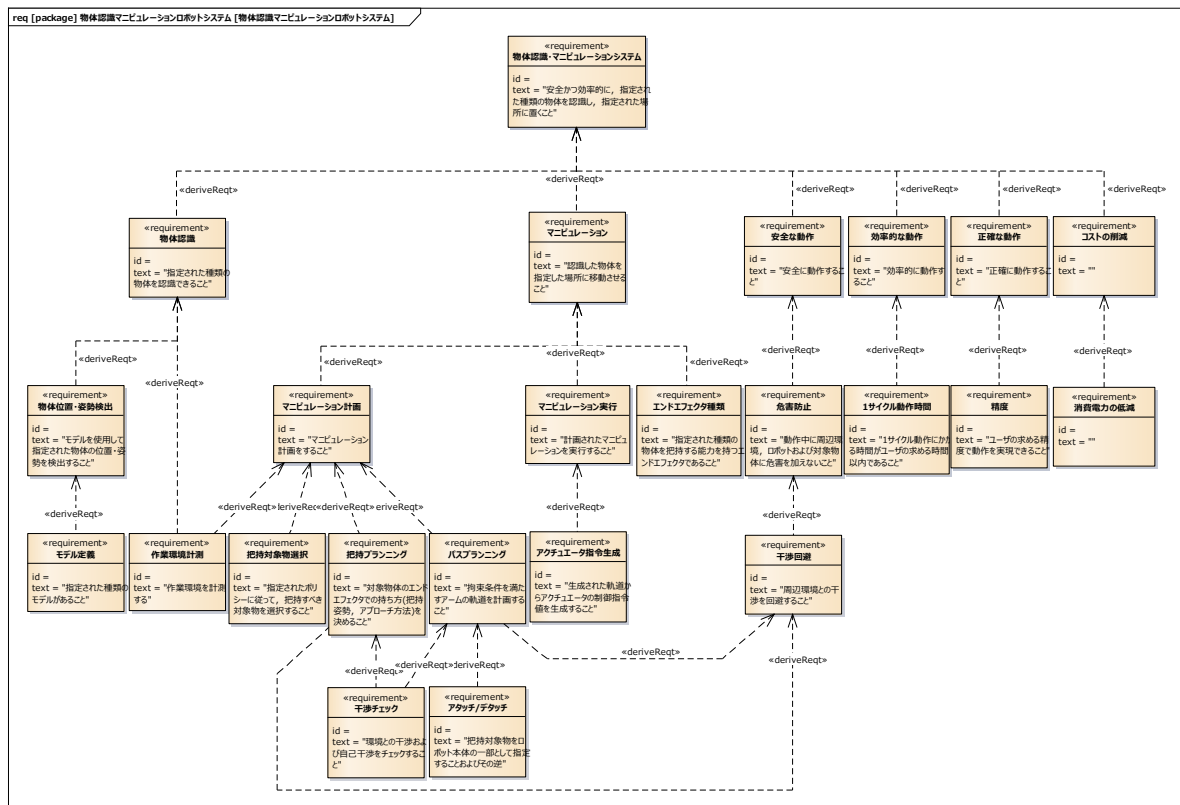


図 3.4.3 物体操作システム 要求図

3.4.6. システムの持つ機能

システムの持つ機能の一覧については、今年度十分に議論が行えていないため、次年度の議論を進め、モデルを作成することとする。

3.4.7. システムの構成要素

図 3.4.4 に、システムのブロック定義図を示す。

図の右中央に、ロボットシステム自体がある。その左にハードウェア要素，右下にソフトウェア要素が示されている。

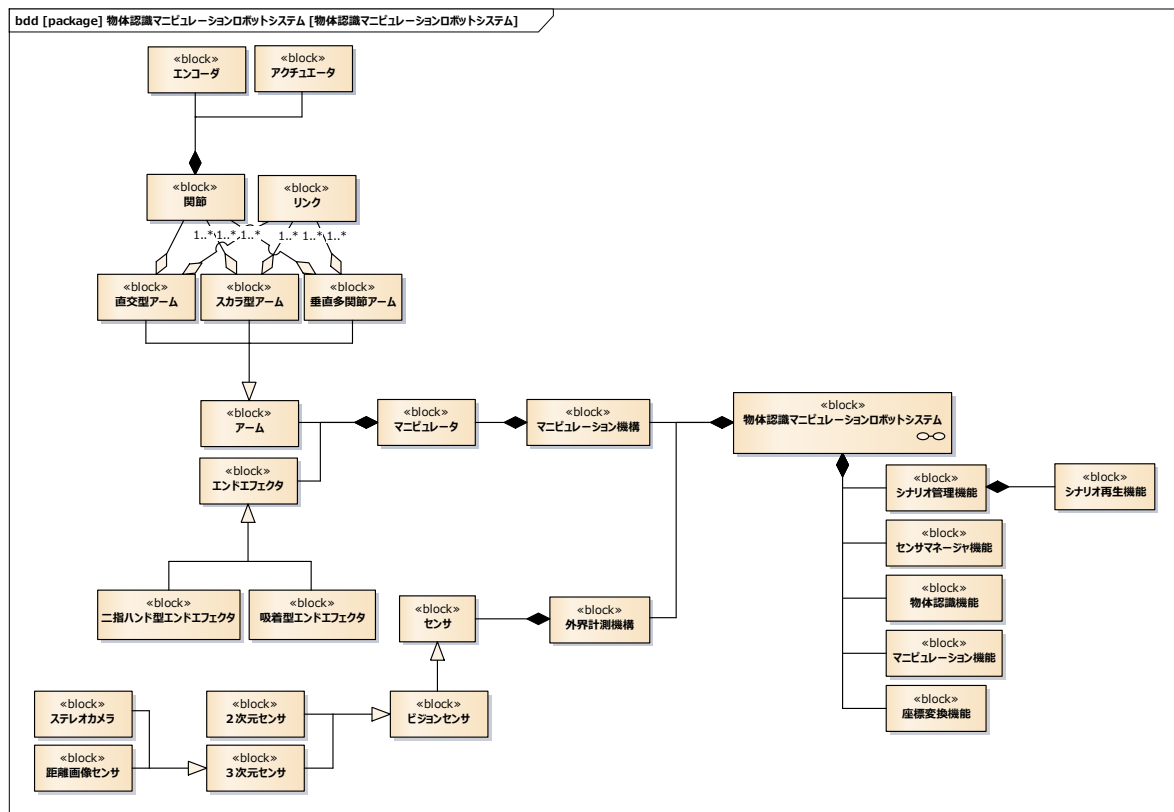


図 3.4.4 物体操作システム ブロック定義図

3.4.8. システムの振る舞い詳細

図 3.4.5 に、システムの詳細アクティビティ図を示す。

この図では、前節までに記述されているシステムの内部構造を含めて、各機能要素がどのようなやりとりを行っているかの振る舞いを明確化している。

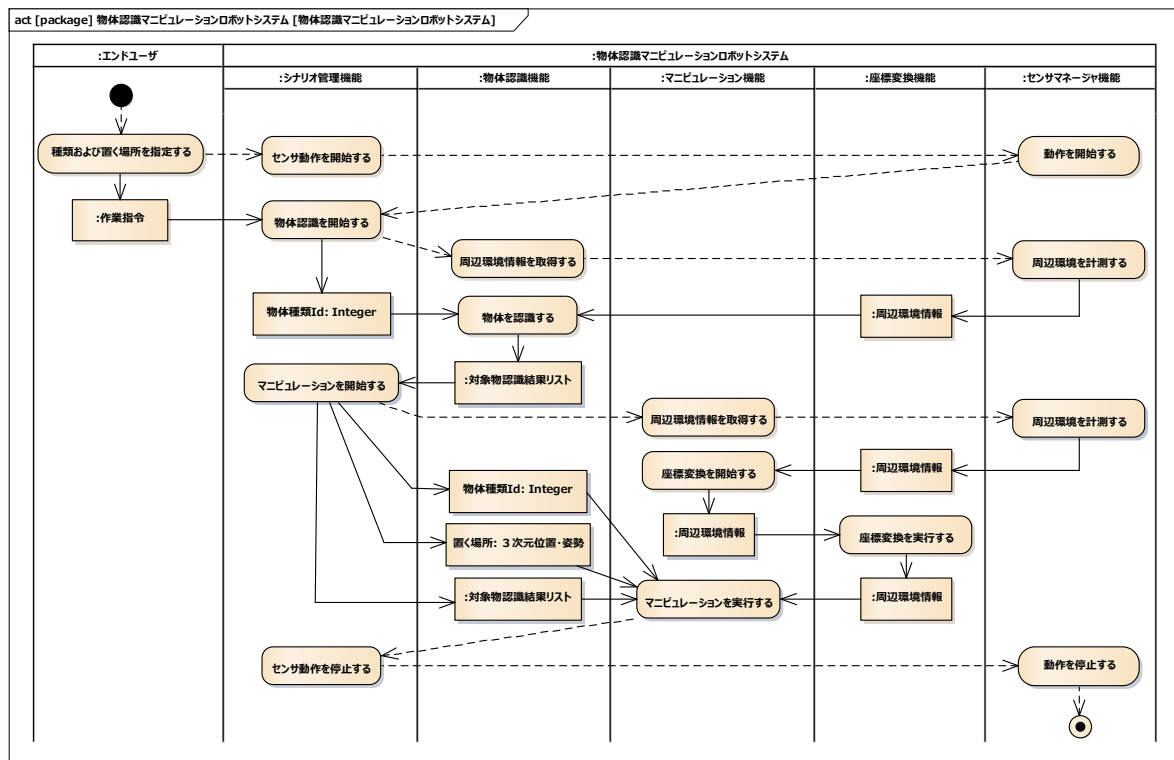


図 3.4.5 物体操作システム 詳細アクティビティ図

3.4.9. システム構成要素間のインタフェース

図 3.4.6 に、システムの内部ブロック図を示す。

参考として図 3.4.7 に、システムのデータ定義図を示す。

システム構成要素間のインタフェースはこの図にある通りである。

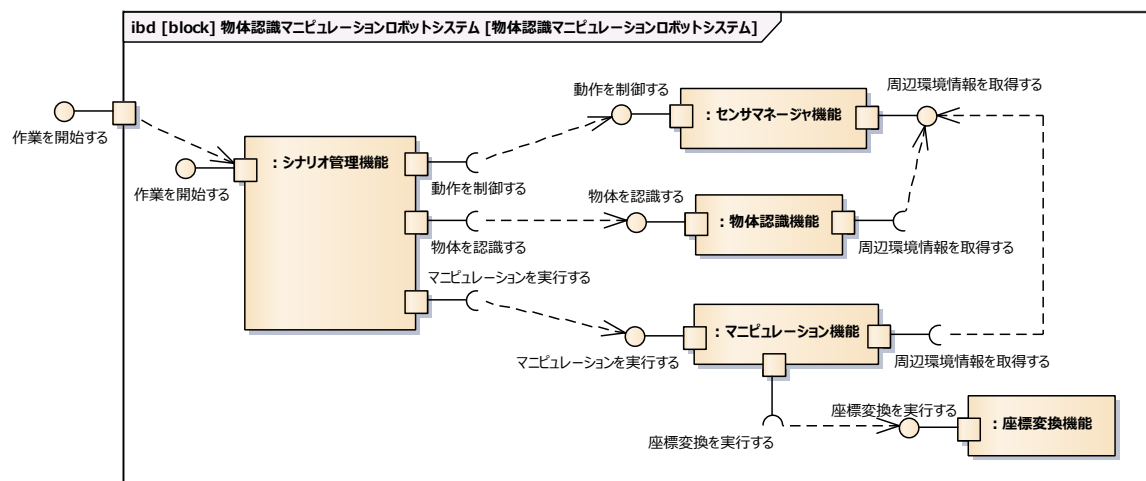


図 3.4.6 物体操作システム_内部ブロック図

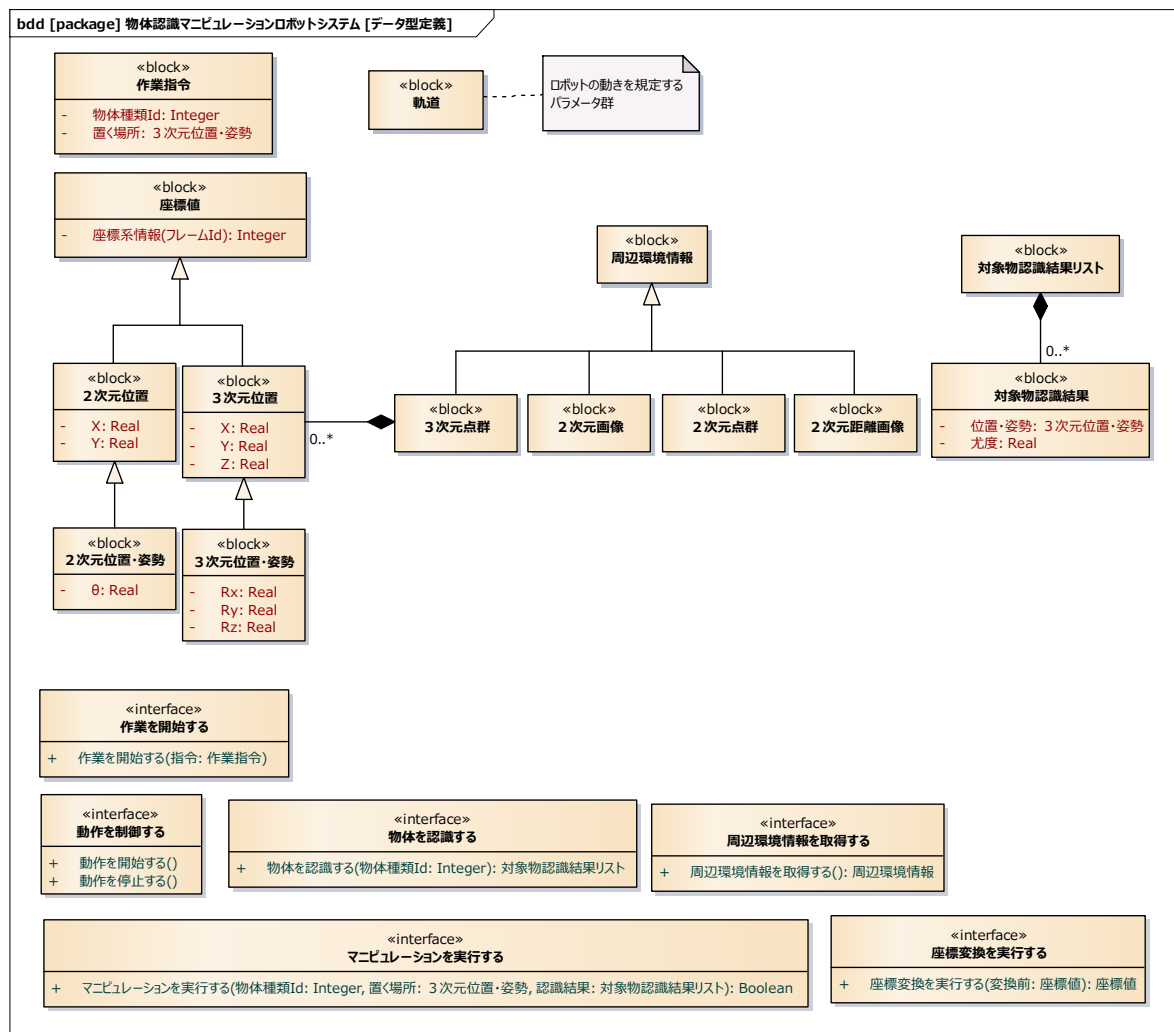


図 3.4.7 物体操作システム データ定義図

4. 実装との関連付け

実装を行うに際しては、主として、内部ブロック図に注目する。内部ブロック図は、機能同士のインタフェースまで含めて規定をされている図であるため、実装を行う上での基準となる図である。インタフェースの具体的なやり取りをする情報については、ブロック定義図で定義される各データ型を参照することで、把握が可能となっている。

一方で、今年度の検討では、特定のミドルウェアに依存しない形での検討となっており、モデルを用いた実装事例の創出に向け、次年度は、ROS と RT ミドルウェアなどに着目した具体的な実装例について示していく予定である。

5. おわりに

本報告では、ソフトウェアアーキテクチャ調査検討委員会の 2018 年度の活動内容として、アーキテクチャを検討するためのモデル作成結果を報告した。本報告書で示した内容だけでは、実際のシステムに運用していくためには、ハードルが存在するため、次年度、具体的な事例を創出しながら、概念設計から実装までの一連のプロセスをクリアにしていく予定である。また、実装時のモジュールの品質評価などについては、適宜他の調査検討委員会と協力しながら進めていく予定である。

6. 参考文献

[1] OMG SysML Home, <http://www.omgsysml.org/>