



チーム紹介、目標、意気込み

チーム紹介

私達は、建設機械メーカー **コマツ**から若手同期社員4人で参加しています。**建機用電子コンポーネントのソフトウェア開発**を行っているメンバーです。チーム名はメンバーの名字を組み合わせて**“北別府ヒグマ”**と命名しました。

目標・意気込み

大会参加を通じて、開発するソフトウェアを正しくモデルで表現し、モデルにもとづいてチームで議論を繰り返すことで、**設計を洗練させていくプロセス**を身に着けることを目標に進めました。

意気込みは、先輩に続き3年目の参加となる今年度こそ、**悲願のチャンピオンシップ大会出場**を目指したいと思います。

モデルの概要

「ルックアップゲートを通過する」を対象に、ダブルで攻略するシステムについてモデリングを行いました。

私たちのモデルは、モデル間のトレーサビリティを意識して作成しています。

攻略は動作と判定の繰り返しから構成できるため、ソフト構造の骨格を動作・判定と、その組み合わせ(本資料ではステップと定義)によって実現しました。これにより、様々な動作・判定が追加しやすい拡張性の高いソフト構造になっています。

また、機能追加や仕様変更により、当初の設計が崩れないようにすることを目的として、骨格となる構造の導出過程を示しています。

モデルの構成

提出モデルはUML2.0の記法に則って記述しました。

1. 機能モデル

ユースケース図と**ユースケース記述**を作成し、必要となる機能やリスクの発生箇所を分析しました。

ユースケース記述に表現されたリスクをもとに**ネガティブアクタ**と**ミスユースケース**を導出し、対策となる**緩和ユースケース**をユースケース図に織込みました。

ユースケースの最終的な仕様を**アクティビティ図**で定義しました。

2. 構造モデル

機能モデルのアクティビティ図から共通な部分を抽出し、構造モデルの骨格となる**クラス構成**を検討しました(クラス図導出の検討)。

さらに、機能の実現に必要なクラスを追加し、**最終的なクラス図**を作成しました(構造モデル全体像)。また、クラスを責務ごとにパッケージで分類しています。

3. 振る舞いモデル

アクティビティ図の各アクションを実現するために必要となる**具象クラスの対応関係表**で整理しました。また、**シーケンス図**は振る舞いの重複が発生しないように分割して示しました。表とシーケンス図を対応させることで、ユースケースが実現可能であることを示しています。

4. 工夫点

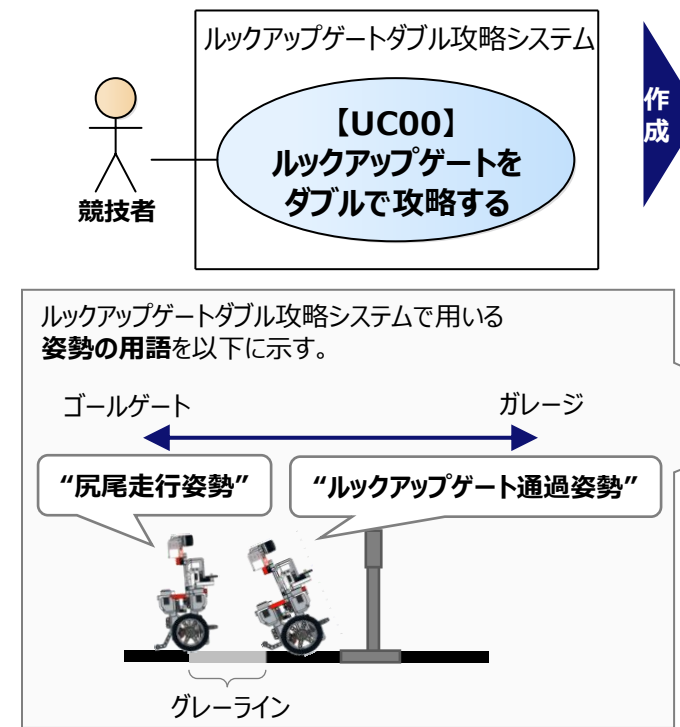
機能モデルで洗い出したリスクに対応するため、ライントレース機能の技術について検討しました。その結果、目標輝度値の変更をリスクへの対策としました。

1-1.選択課題：ルックアップゲートをダブルで攻略する

ルックアップゲートダブル攻略を目的とした走行体制御システム（ルックアップゲートダブル攻略システム）をモデリングの選択課題とした。
本システムはゴールゲート通過後、グレーラインに入ったことで開始され、ルックアップゲートを規定方向に2回通過することで終了する。

1-2.ユースケース図（基本）

課題攻略のために、システムに要求される機能をユースケース図で表した。



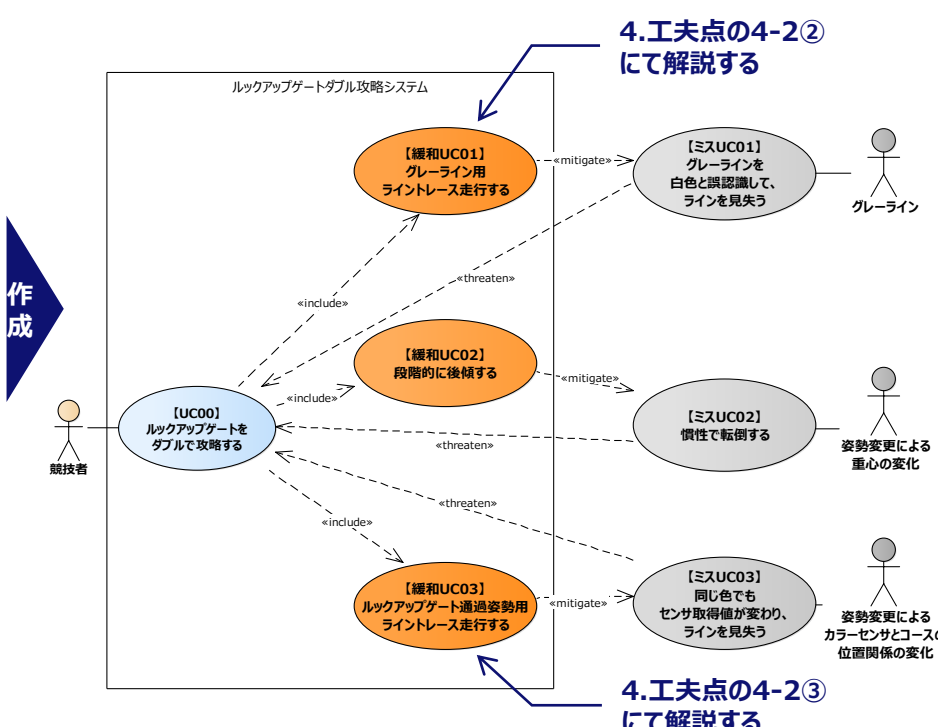
1-3.ユースケース記述

ユースケース記述を作成し、ユースケースを具体化した。
また、リスクがある箇所(赤字部分)を明確にした。

【UC00】ルックアップゲートをダブルで攻略する	
概要	システムは、ルックアップゲートのダブル攻略のための走行体制御を行う
アクタ	競技者
事前条件	走行体が、"尻尾走行姿勢"である
事後条件	走行体が、ルックアップゲートを規定方向に2回通過している
トリガー	本ユースケースは、走行体がグレーラインに入ったことで開始する。（※1）
基本系列	<div>1. システムは、走行体をライントレース(※2)で前進させる ← ミスUC01</div> <div>2. システムは、走行体がルックアップゲートに接近したことを検知(※3)する</div> <div>3. システムは、走行体の走行を停止させる ← ミスUC02</div> <div>4. システムは、走行体を後傾 (※4) させる ← ミスUC02</div> <div>5. システムは、走行体が"ルックアップゲート通過姿勢"であることを検知(※5)する</div> <div>6. システムは、走行体の後傾を停止させる</div> <div>7. システムは、走行体をライントレース(※2)で前進させる ← ミスUC03</div> <div>8. システムは、走行体がルックアップゲートを通過したことを検知(※6)する</div> <div>9. システムは、走行体をライントレース(※2)で後退させる ← ミスUC03</div> <div>10. システムは、走行体がルックアップゲートを通過したことを検知(※7)する</div> <div>11. システムは、基本系列7,8を順に実施する ← ミスUC03</div>
備考	<div>※1 グレーラインに入ったことの検知は、カラーセンサによる輝度値取得で実現する(4.工夫点の4-2①にて解説する)</div> <div>※2 ライントレースによる走行は、カラーセンサによる輝度値取得とPID制御で実現する</div> <div>※3 接近したことの検知は、超音波センサによるゲートとの距離計測で実現する</div> <div>※4 後傾は、尻尾を上げつつ、前進することで実現する</div> <div>※5 "ルックアップゲート通過姿勢"の検知は、尻尾から取得したエンコーダ角度で実現する</div> <div>※6 前進時のルックアップゲート通過検知は、超音波センサによるゲートとの距離計測と左右車輪エンコーダによる走行距離計測を用いて実現する</div> <div>※7 後退時のルックアップゲート通過検知には、超音波センサによるゲートとの距離計測で実現する</div>

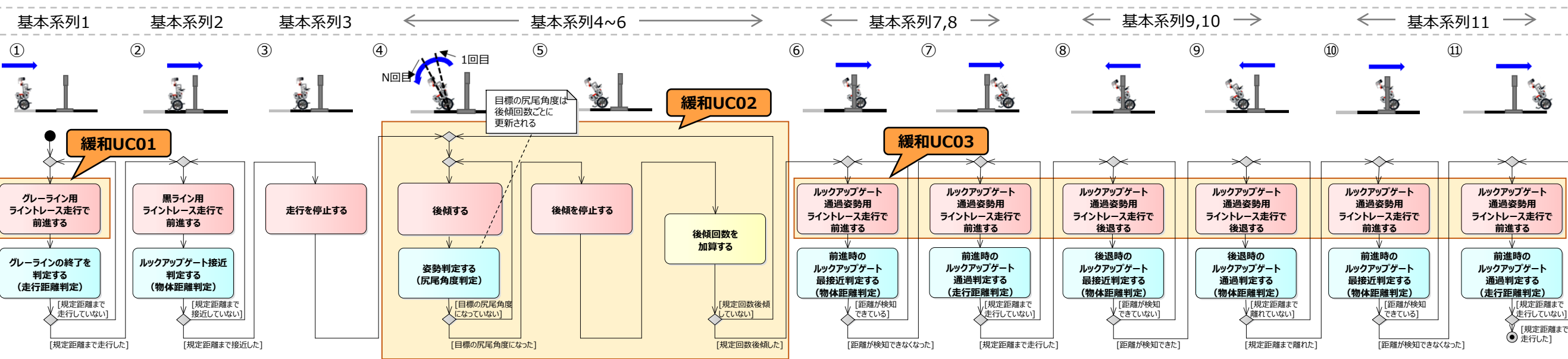
1-4. ユースケース図（リスク対応）

ミスユースケースとネガティブアクタでリスクの要因を分析し、対策として緩和ユースケースを織り込んだ。



1-5.アクティビティ図

リスクへの対応を織り込んだユースケース【UC00】の最終的な仕様をアクティビティ図で定義した。



2-1.クラス図の導出検討

機能モデルをもとにルックアップゲートダブル攻略システムのクラス図の導出検討を行った。

検討1

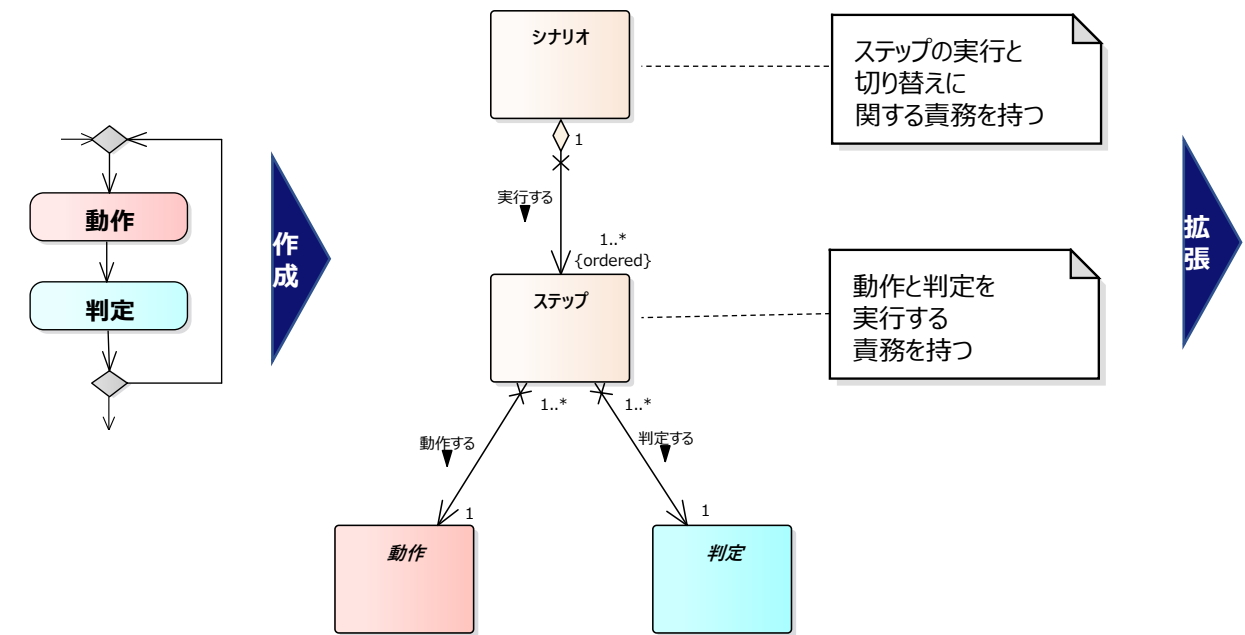
アクティビティ図の各アクションはそれぞれ異なるものであるが、抽象化すれば**動作**と**判定**に分類できる。
また、アクティビティ図は下記の2パターンの構造から成立することがわかる。

構造	アクティビティ図内の番号
動作のみ	③、⑤
動作 → 判定	①、②、④、⑥、⑦、⑧、⑨、⑩、⑪

動作のみに分類される③と⑤に関しても、仮想的な**判定**（**走行停止を判定する**、**後傾停止を判定する**）を追加することで同様の構造として解釈可能となる。

これをふまえ **動作** → **判定** の単位を**ステップ**と定義する。
アクティビティ図で示されたルックアップゲート攻略の一連の流れは**ステップの連続**で表現でき、ステップの連続を**シナリオ**と定義する。

この考えにもとづいて**クラス構造のベース**を作成した。

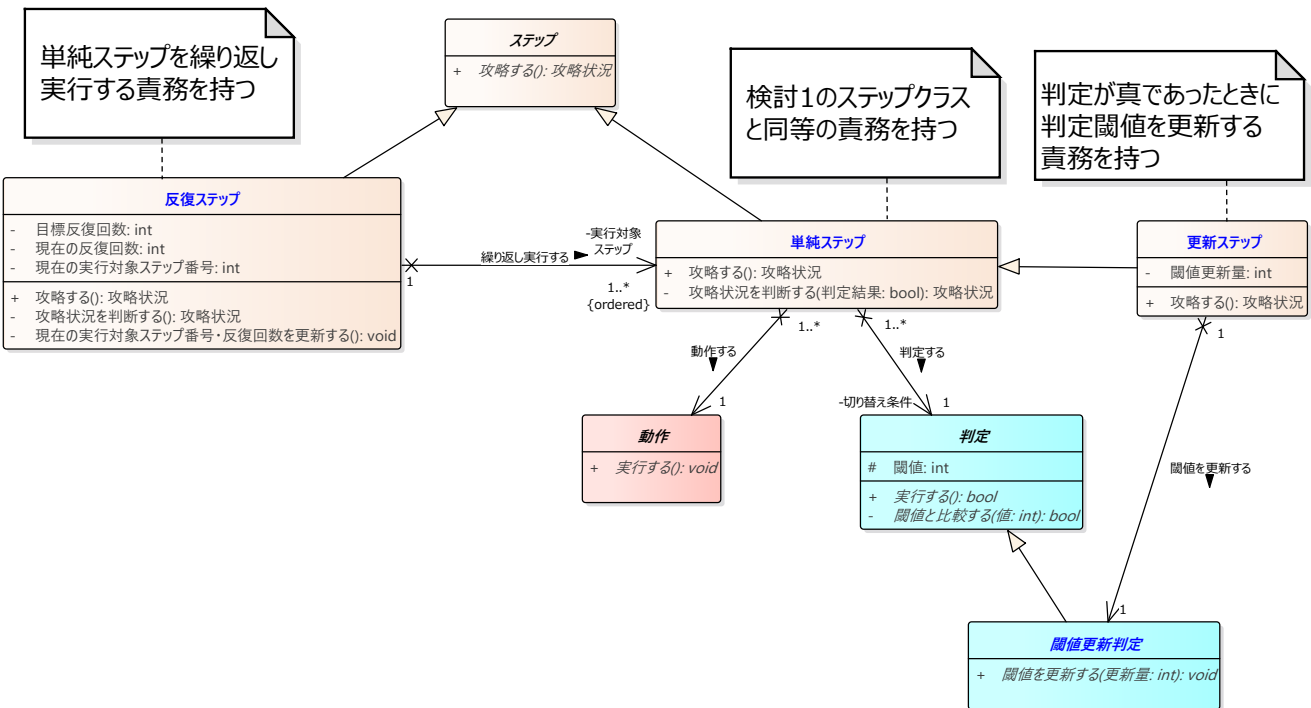


検討2

【緩和UC02】段階的に後傾する をアクティビティ図内で実現している箇所（④、⑤）ではステップを繰り返していることが確認できる。
ステップの繰り返しでは以下の2点が求められ、それを実現できるクラス構造を検討した。

- ✓ **ステップを繰り返すこと**
この実現のため、ステップを繰り返す**反復ステップ**を定義した。
- ✓ **ステップごとに判定閾値を更新すること**
この実現のため、ステップを特化して**単純ステップ**を定義し、判定の閾値を更新可能にするために**閾値更新判定**を定義した。

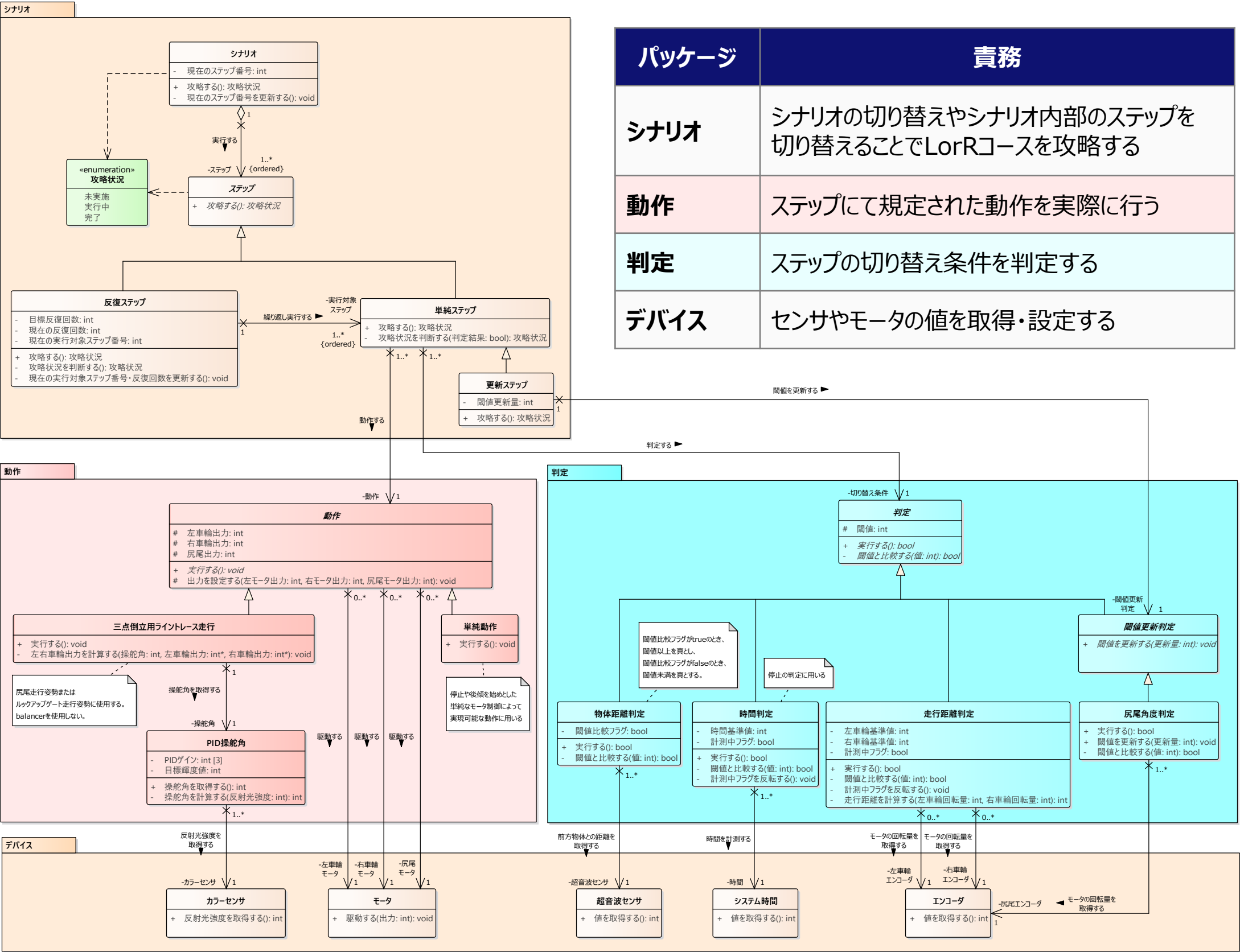
これらを、**検討 1**における**クラス構造を拡張して実現するために**
検討 1 のステップを**単純ステップ**として再定義し、クラスの関係性を整理した。



これらの検討結果を反映したクラス図を次のページに示す。

2-3. 構造モデル全体像

機能モデルで定義したルックアップゲートダブル攻略に必要な機能を実現するためのソフト構造をクラス図で定義した。
※ルックアップゲート攻略において使用されないクラスの記載は省略した。



3-1. ステップ・動作・判定の具象クラスの対応関係表

アクティビティ図の各番号におけるステップ・動作・判定の具象クラスの対応関係を整理し、ユースケースが実現できることを示した。

アクティビティ図番号	ステップ			動作			判定		
	クラス名	オブジェクト名	参照シーケンス図	クラス名	オブジェクト名	参照シーケンス図	クラス名	オブジェクト名	参照シーケンス図
①	単純ステップ	グレーラインレース	A-2	三点倒立用ライトレース走行	グレーライン用ライトレース前進走行	B-1	走行距離判定	グレーライン終了判定	C-4
②	単純ステップ	黒ライトレース	A-2	三点倒立用ライトレース走行	黒ライン用ライトレース前進走行	B-1	物体距離判定	ルックアップゲート接近判定	C-2
③	単純ステップ	ライトレース停止	A-2	単純動作	走行停止	B-2	時間判定	走行停止判定	C-3
④, ⑤	反復ステップ	段階的後傾	A-4	-	-	-	-	-	-
	④ 更新ステップ	姿勢変更	A-3	単純動作	後傾	B-2	尻尾角度判定	後傾判定	C-1
	⑤ 単純ステップ	姿勢変更停止	A-2	単純動作	後傾停止	B-2	時間判定	後傾停止判定	C-3
⑥	単純ステップ	ルックアップゲート前進通過1	A-2	三点倒立用ライトレース走行	ルックアップゲート通過姿勢用ライトレース前進走行	B-1	物体距離判定	前進時ルックアップゲート最接近判定	C-2
⑦	単純ステップ	ルックアップゲート前進通過2	A-2	三点倒立用ライトレース走行	ルックアップゲート通過姿勢用ライトレース前進走行	B-1	走行距離判定	前進時ルックアップゲート通過判定	C-4
⑧	単純ステップ	ルックアップゲート後退通過1	A-2	三点倒立用ライトレース走行	ルックアップゲート通過姿勢用ライトレース後退走行	B-1	物体距離判定	後退時ルックアップゲート最接近判定	C-2
⑨	単純ステップ	ルックアップゲート後退通過2	A-2	三点倒立用ライトレース走行	ルックアップゲート通過姿勢用ライトレース後退走行	B-1	物体距離判定	後退時ルックアップゲート通過判定	C-2
⑩	単純ステップ	ルックアップゲート前進通過1	A-2	三点倒立用ライトレース走行	ルックアップゲート通過姿勢用ライトレース前進走行	B-1	物体距離判定	前進時ルックアップゲート最接近判定	C-2
⑪	単純ステップ	ルックアップゲート前進通過2	A-2	三点倒立用ライトレース走行	ルックアップゲート通過姿勢用ライトレース前進走行	B-1	走行距離判定	前進時ルックアップゲート通過判定	C-4

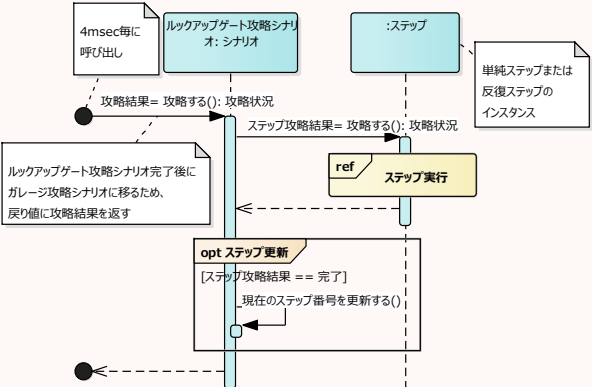
オブジェクト名が同じものは振る舞いが同じであるため再利用が可能である。

※動作オブジェクトにおける各ライトレース走行の違いは、4.工夫点に記載した。

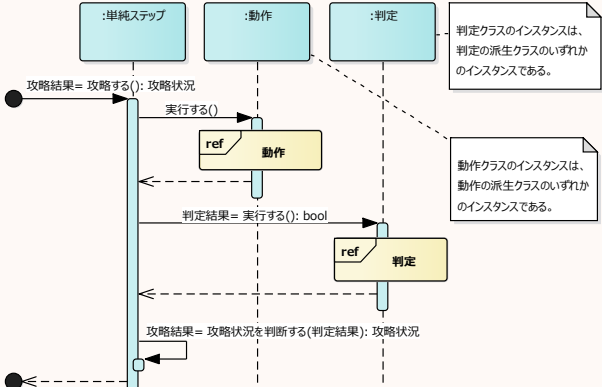
3-2. シーケンス図

各具象クラスの振る舞いを以下のシーケンス図に示す。

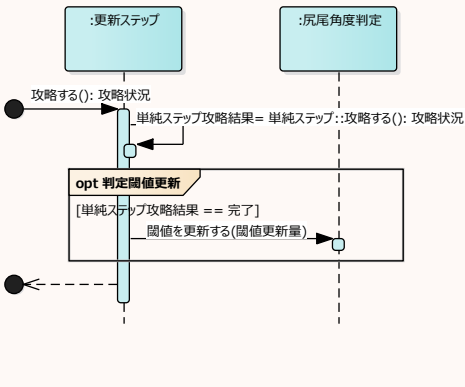
A-1. シナリオ



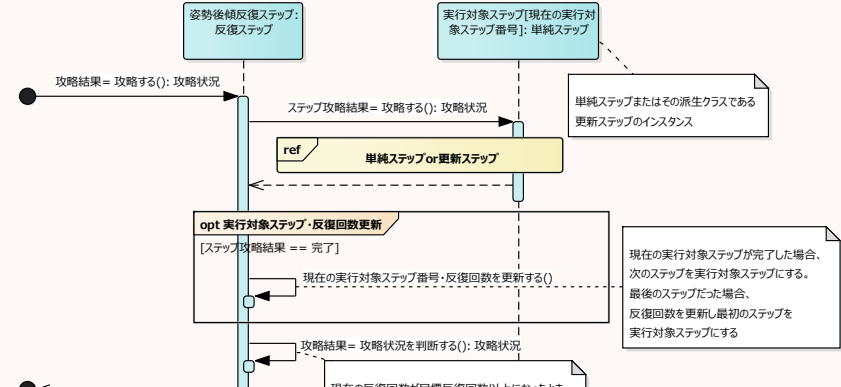
A-2. 単純ステップ



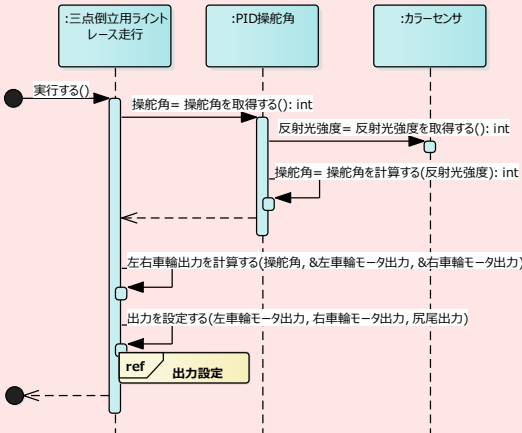
A-3. 更新ステップ



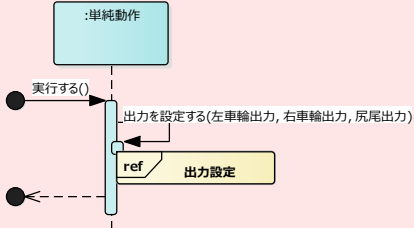
A-4. 反復ステップ



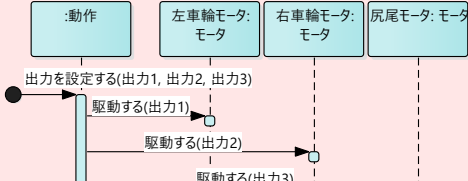
B-1. 三点倒立用
ライトレース走行



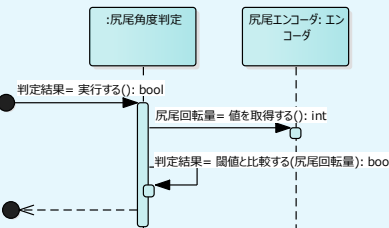
B-2. 停止/姿勢変更



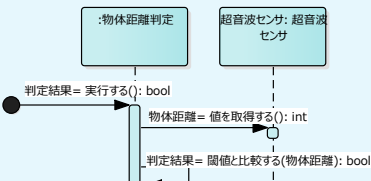
B-3. 出力設定



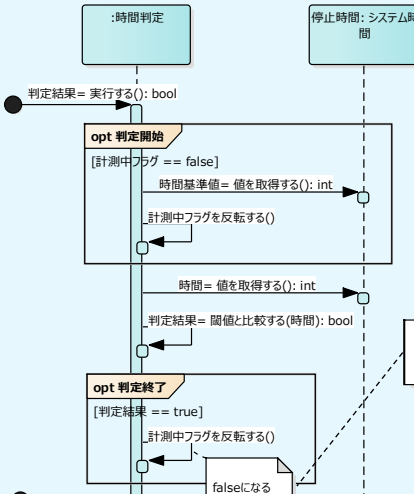
C-1. 尻尾角度判定



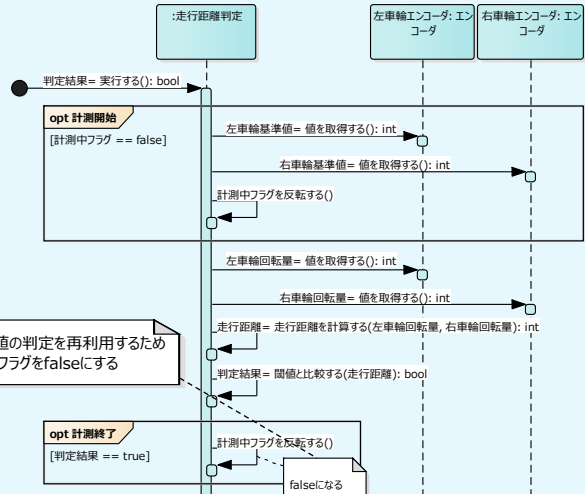
C-2. 物体距離判定



C-3. 時間判定

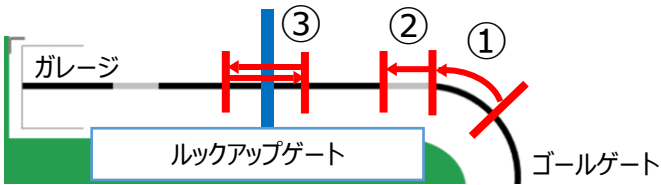


C-4. 走行距離判定



4-1. 背景

ルックアップゲートをダブルで攻略するためには、右図の①、②、③における3つの課題を解決する必要がある。それらに対して、**ラインレース機能の目標輝度値の変更※**で対応するために行った工夫について以下に示す。



※ラインレース機能は、PID制御を用いて**目標輝度値**に対する操舵角を決定する。
$$\text{操舵角} = K_p e + K_i \int e dt + K_d \frac{de}{dt}$$

K_p, K_i, K_d : 比例、積分、微分ゲイン
 e = 現在の反射光強度 - 目標輝度値

4-2. ラインレース機能工夫点

	①グレーライン検知用ラインレース （UC00トリガーの実現方法）	②グレーライン用ラインレース （緩和UC01の実現方法）	③ルックアップゲート通過姿勢用ラインレース （緩和UC03の実現方法）																																
目的	グレーラインに入ったことを検知する。	グレーライン上をラインレースする。	ルックアップゲート通過姿勢でラインレースする。																																
課題	黒ライン用ラインレースの走路（ライン中心から10mm離れた位置）では、黒ラインとグレーラインの反射光強度の差が小さいため、 グレーラインの検知が難しい。	黒ライン用ラインレースの目標輝度値では、 グレーラインを白色と誤認識して、ラインを見失う。（ミスUC01）	走行体の傾きで、カラーセンサと黒ラインの位置関係が変わるため、 同じ色でもセンサ取得値が変わり、ラインを見失う。（ミスUC03）																																
検討／実測	<p>検討：ラインレースにおいて、ライン中心からの距離を変更する。</p> <p>ライン中心から5mm ライン中心から10mm ●：カラーセンサの照射光</p> <table border="1"><caption>反射光強度 vs ライン中心からの距離</caption><thead><tr><th>ライン中心からの距離 [mm]</th><th>黒ライン</th><th>グレーライン</th><th>白色</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>2</td><td>23</td><td>60</td></tr><tr><td>5</td><td>3</td><td>27</td><td>60</td></tr><tr><td>10</td><td>30</td><td>42</td><td>60</td></tr><tr><td>15</td><td>53</td><td>58</td><td>60</td></tr></tbody></table> <p>差が大きく判別しやすい</p> <p>差が小さく判別しにくい</p> <p>● 黒ライン ● グレーライン --- 白色</p>	ライン中心からの距離 [mm]	黒ライン	グレーライン	白色	0	2	23	60	5	3	27	60	10	30	42	60	15	53	58	60	<table border="1"><caption>反射光強度 (10mm)</caption><thead><tr><th>ライン</th><th>反射光強度</th></tr></thead><tbody><tr><td>黒ライン</td><td>30</td></tr><tr><td>グレーライン</td><td>42</td></tr></tbody></table> <p>グレーラインの方が反射光強度が大きい</p> <p>※各ライン中心からの距離10[mm]における反射光強度を計測</p>	ライン	反射光強度	黒ライン	30	グレーライン	42	<p>走行体の傾きによる反射光の変化</p> <p>尻尾走行姿勢：反射光が拡散しない。</p> <p>ルックアップゲート通過姿勢：反射光が拡散する。</p> <table border="1"><caption>反射光強度 (10mm)</caption><thead><tr><th>姿勢</th><th>反射光強度</th></tr></thead><tbody><tr><td>尻尾走行姿勢</td><td>30</td></tr><tr><td>ルックアップゲート通過姿勢</td><td>4</td></tr></tbody></table> <p>ルックアップゲート通過姿勢の方が反射光強度が小さい</p> <p>※黒ライン中心からの距離10[mm]における反射光強度を計測</p>	姿勢	反射光強度	尻尾走行姿勢	30	ルックアップゲート通過姿勢	4
ライン中心からの距離 [mm]	黒ライン	グレーライン	白色																																
0	2	23	60																																
5	3	27	60																																
10	30	42	60																																
15	53	58	60																																
ライン	反射光強度																																		
黒ライン	30																																		
グレーライン	42																																		
姿勢	反射光強度																																		
尻尾走行姿勢	30																																		
ルックアップゲート通過姿勢	4																																		
結果	各ライン中心からの反射光強度を計測した結果、ライン中心から5mm以内の位置であれば、黒ラインとグレーラインの反射光強度の差が大きくなることが確認できた。	各ラインの反射光強度を計測した結果、グレーラインは黒ラインよりも反射光強度が大きいことが確認できた。	各姿勢における黒ラインの反射光強度を計測した結果、ルックアップゲート通過姿勢は尻尾走行姿勢よりも反射光強度が小さいことが確認できた。																																
対策	グレーライン手前のカーブ※で、 目標輝度値を小さくしてライン中心寄りを走行することで、グレーラインの検知を容易にする。 ※グレーラインの検知は上述の方法で検知を容易にして実施するが、ルックアップゲートダブル攻略システムのスコープではないため、提出モデルから省略した。	グレーライン上では、 目標輝度値を大きくすることで、グレーラインを見失うリスクを低減する。	ルックアップゲート通過姿勢では、 目標輝度値を小さくすることで、黒ラインを見失うリスクを低減する。																																

本資料のデータは南関東地区第1回試走会（神奈川工科大学）において計測したものである。

以上の工夫により、**目標輝度値を変更することで、ルックアップゲートをダブルで攻略するための3つの課題を解決する。**