

2021 年 11 月 26 日

# 障害物のポテンシャル化 コンポーネントの開発

ユーザーマニュアル v1.0

谷川 朋生, 後藤 優太, 加藤 宏一朗, 中村 真吾, 菅谷 みどり, 松日楽 信人

芝浦工業大学工学部機械機能工学科知能機械システム研究室

## 目次

### 1 開発したシステム

#### 1.1 はじめに

#### 1.2 開発・動作環境

##### 1.2.1 ソフトウェア

##### 1.2.2 使用機器

#### 1.3 システムの概要

### 2 使用方法

#### 2.1 ハードウェア準備

#### 2.2 システムの起動

#### 2.3 ゴールの設定

#### 2.4 移動制御

### 3 開発した RTC

#### 3.1 PotentialMapRTC

## 参考

## 連絡先

## 1 開発したシステム

### 1.1 はじめに

近年，日本では少子高齢化が進行し労働を担う人口が減少している[1]．そのため減少する労働力の代わりとして従来のロボット技術に加えて多用途に使えるロボット技術が必要となっている．特にサービス業界については AI 自動接客ロボットによる商品案内や，ロボットによる入居者案内などの例のようにサービスロボットが活躍している[2]．サービスを行うにあたって様々なサービスの形態が存在するが，本研究では道案内や人への対応を行うための移動ロボットを対象とした．そのロボットの移動方法について人の進路妨害を行わない方法を考え，経路生成を行い，サービスを行うことを目的としている．本研究ではロボットの移動のためのナビゲーションを行い，その移動経路の生成や周囲環境の出力を行う RTC を開発した．

## 1.2開発・動作環境

### 1.2.1 ソフトウェア

- OpenRTM-aist1.1.2
- Windows 10(64bit)
- Python2.7

ライセンス: BSD 3-Clause "New" or "Revised" License

使用者の責任の元、使用してください。

### 1.2.2 使用機器

- 移動台車 …独立2輪駆動方式ロボットを推奨。本研究室では以下を使用。



Fig.1 Used equipment of robot

- Laser range finder

取得したレンジデータを座標データ(x,y)に返還後、座標データを送信する。

OutPort 障害物…障害物の両端点座標(x,y) 2ヶ所を送信

人 …人の位置座標(x,y)1ヶ所を送信



Fig.2 Laser range finder

### 1.3 システムの概要

図 1 にシステム概念図を示す。開発した RTC は人を含む障害物と目標のワールド座標系における位置と、ロボットの絶対座標系における位置および向きを受け取りポテンシャル法の計算を行う。計算されたポテンシャルデータはロボットの移動方向と速度、周辺地図情報の出力に利用される。

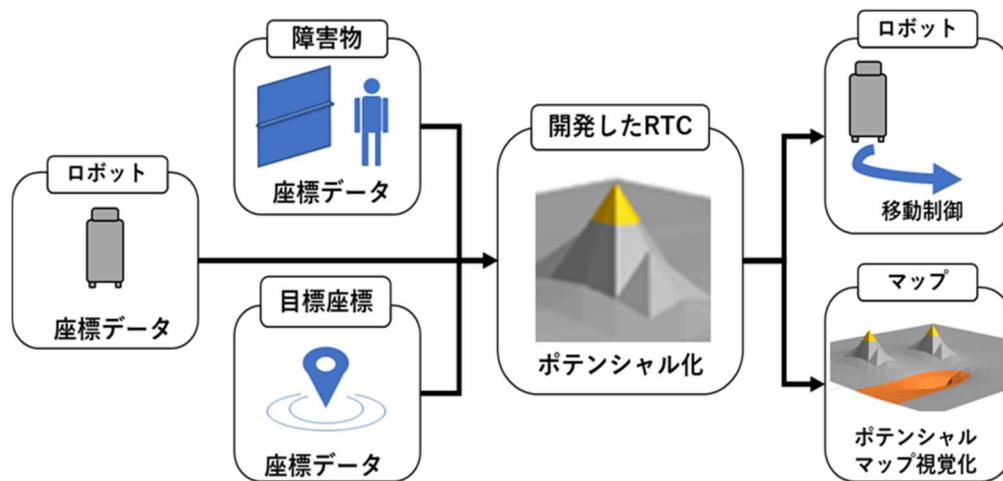


Fig.3 Overview of RTC system

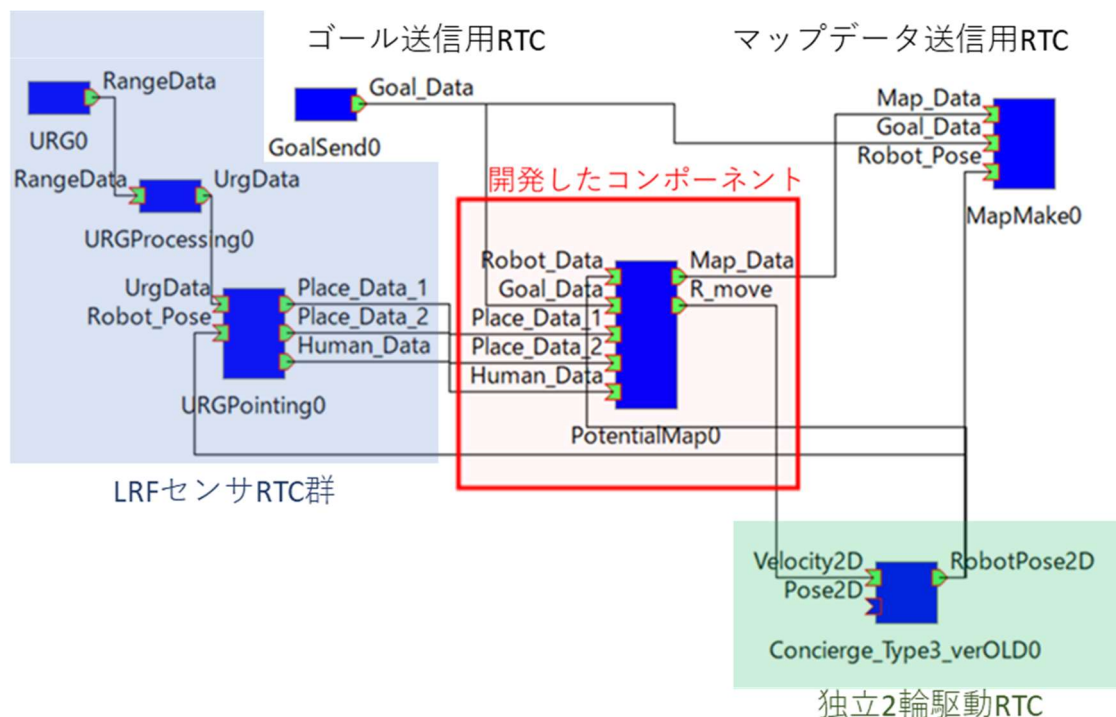


Fig.4 PotentialMap RTC connection diagram

## 2. 使用方法

### 2.1 ハードウェア準備

- ① PC に移動台車および各センサを接続.

### 2.2 システムの起動

- ① “Start Naming Service” と“eclipse” を起動する. ワークスペースの選択では RTC のフォルダがあるワークスペースを選択.

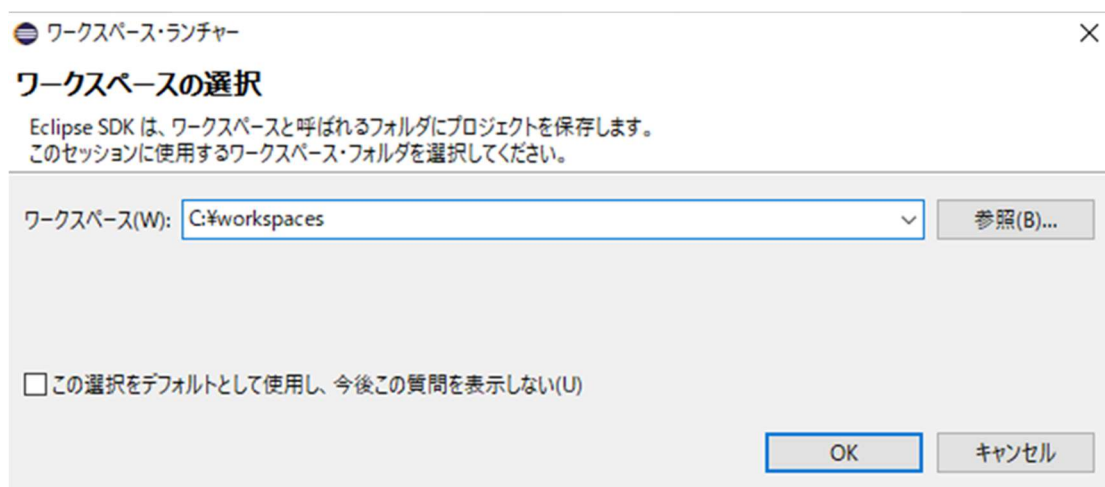


Fig.5 select workspace

- ② 移動台車およびセンサの各 RTC 起動ファイル, PotentialMap.py を起動.

※この時, 起動する RTC は障害物座標(両端点)取得用 RTC, 人座標取得用 RTC, 独立 2 輪駆動方式ロボット RTC であれば代用可能. また障害物座標と人座標取得用 RTC についてはどちらかあれば制御可能.

- ③ 図 4 のように全 RTC を Editor 上に展開.

PotentialMapRTC のデータポート接続について

#### 1. インポートについて

Robot\_Data には独立 2 輪駆動方式ロボットの位置を送信するデータポートを接続.

Goal\_Data は必要であればゴール位置を送信するデータポートを接続.

Place\_Data1,2 には障害物の両端点の座標を送信するデータポートを接続.

Human\_Data には人の座標を送信するデータポートを接続.

## 2. アウトポートについて

R\_move にロボットの移動速度を送信するデータポートを接続.

※速度, 角速度によって移動を制御するため取得時の機体設定に注意.

Map\_Data にマップ情報を送信するデータポートを接続.

※MapMake0 について, これはサンプルであり, マップの出力を受け取って excel に出力する RTC となる.

## 2.3 ゴールの設定

※Goal\_Data にデータポートの接続による目標座標の送信を行わない場合

Configuration 内の Goal\_Place\_x, Goal\_Place\_y に座標を入力し, “適用”をクリックする.

## 2.4 移動制御

- ① システムの All Activate を行う.
- ② 起動中, Goal\_Data にデータポートの接続を行っている場合, Goal\_Data に目標座標を送信することで継続的に移動指示が可能である.

### 3. 開発した RTC

#### 3.1 PotentialMapRTC

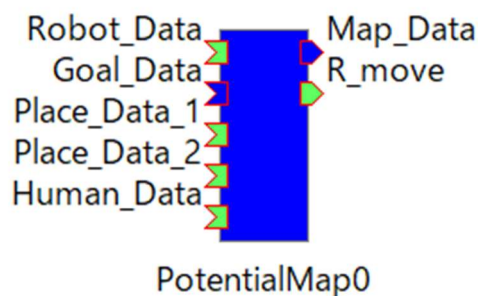
今回開発した RTC を表 1 に示す．この RTC はワールド座標系における自己位置と障害物の座標データを順次受け取ることで移動経路を決定していく．ここでは，到達目標座標が時々刻々と変化した場合や目標座標が変化した場合に備えて InPort, Configuration の双方で制御が可能となっている．

ワールド座標系の設定は Robot\_Data を基準としている．

また，この RTC は Map\_data から 10m の範囲内の座標におけるポテンシャルデータを出力している．データ型 RTC::TimedDoubleSeq を使用しているため 2 次元平面を行,列を用いて示し，計算したポテンシャルを配列内の要素とおくと 3 次元マップとして出力することが可能である．

#### PotentialMapRTC

Table 1 PotentialMapRTC



	名称	データポート	機能説明
InPort	Robot_Data	RTC::TimedPose2D	ロボット座標, 方向の取得
	Goal_Data	RTC::TimedPoint2D	目標点座標の取得
	Place_Data_1,2	RTC::TimedPoint2D	障害物座標の取得
	Human_Data	RTC::TimedPoint2D	人間座標の取得
OutPort	Map_Data	RTC::TimedDoubleSeq	各座標とポテンシャルデータの送信
	R_move	RTC::TimedVelocity2D	ロボットの移動速度データの送信, vx, vaの値で移動方向と速度を制御
Configuration	Goal_Place_x	float	x軸ゴール座標設定
	Goal_Place_y	float	y軸ゴール座標設定
	Map_making	string	マップ生成用, Falseであれば生成しない



### 3.2 PotentialMapRTC で使用された楕円ポテンシャル法の概要

今回開発した RTC における楕円ポテンシャル法について以下に示す。

本研究ではこの楕円ポテンシャルを人の進行方向に用いている。

人の進行方向，障害物両端点をベクトルとおき，楕円の焦点として用いることで人の移動方向を判断し，回避軌道を取る。図 6 はその時のポテンシャルの図である。

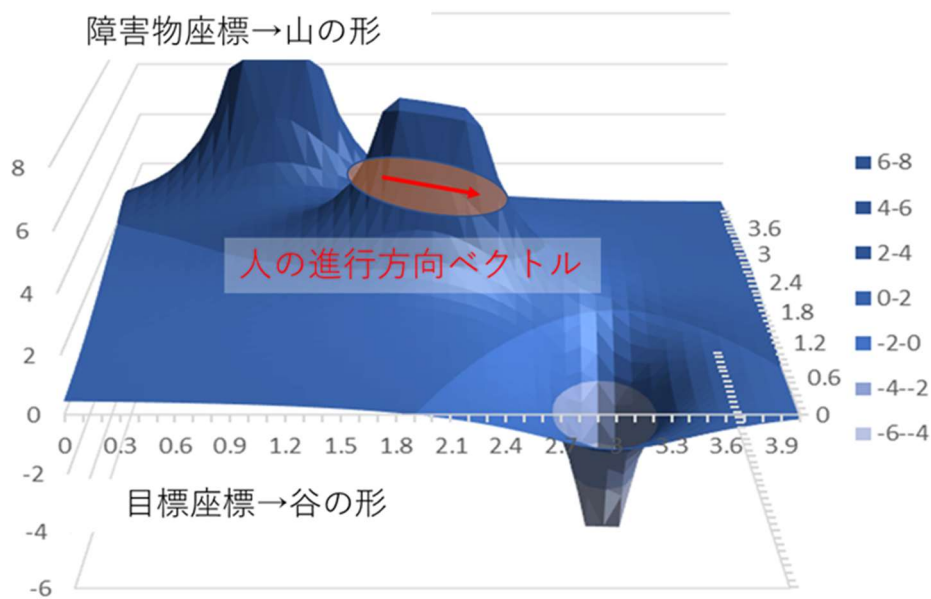


Fig.6 Elliptical Potential method

このポテンシャルを生成するにあたって以下の式を用いる。

人の進行方向のベクトル化，障害物両端点のベクトル化

$$\overrightarrow{(AA')} = (a'_x, a'_y) - (a_x, a_y) \quad (1)$$

$a'_x, a'_y$ : 人の現在座標, 障害物端点 1     $a_x, a_y$ : 過去座標, 障害物端点 2

(1)式を用いて楕円ポテンシャル関数における各係数を計算する。

楕円ポテンシャル関数における各係数

$$A = \left( \frac{(\cos \theta)^2}{a^2} + \frac{(\sin \theta)^2}{b^2} \right) \quad (2)$$

$$B = \cos \theta \sin \theta \left( \frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2} \right) \quad (3)$$

$$C = \left( \frac{(\sin \theta)^2}{a^2} + \frac{(\cos \theta)^2}{b^2} \right) \quad (4)$$

$a$ :長軸,  $b$ :短軸,  $\theta$ :対象物の進行方向の角度

式(1), (2), (3), (4)より求められる楕円ポテンシャル関数は式(5)のようになる.

楕円ポテンシャル関数

$$P_0(x, y) = \frac{1}{\sqrt{A(x - x_0)^2 - 2B(x - x_0)(y - y_0) + C(y - y_0)^2}} \quad (5)$$

$P_0$ :ポテンシャル,  $x, y$ :現在の人の座標,  $x_0, y_0$ :過去の人座標

以上の数式を用いて回避軌道を生成している.

#### 4. 変更点

1. 使用機器とそのコンポーネントについて,代用可能なタイプの機体の種類についての内容を追加.(1.2.2,2.2-②)
2. PotentialMap RTC におけるデータポート接続についての説明を追加.(2.2-③)
3. 使用する楕円ポテンシャル法による移動の仕組みについての説明と使用した計算式の説明を追加. (3.2)
4. PotentialMapRTC のデータポートの Map\_Data について, データ型を変更(3.1)

## 参考

- [1] 総務省, “期待される労働市場の底上げ 第 1 部 特集 データ主導経済と社会変革”, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc135230.html>, 最終閲覧日 2021 年 10 月 21 日
- [2] 経済産業省 : “コロナ禍で導入されたサービスロボットの事例を紹介します”, <https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225004/20201225004.html>, 最終閲覧日 2021 年 10 月 22 日
- [3] 彌城祐亮, 江口和樹, 岩崎聡, “ポテンシャル法によるロボット製品の障害物回避技術の開発”, 三菱重工技報, Vol51, No1(2014), pp.40-45.
- [4] 奥富正敏, 森政弘, “ポテンシャル場を道いたロボットの動作決定”, 日本ロボット学会誌, Vol1, No3(1983), pp.226-232
- [5] 小島広久, 江口幸弘, “楕円ポテンシャル場の局所最小点検出による 2 次元移動ロボットの動作計画法”, 日本機械学会論文誌 C 編, Vol.68, No670(2002), pp1798-1804.
- [6] 加藤 宏一朗, 後藤 優太, 福井 誠人, 菅谷 みどり, 松日楽 信人, “人の感情を考慮した移動ロボットの制御”ROBOMECH2021, 2P3-D05

## 連絡先

芝浦工業大学工学部機械機能工学科知能機械システム研究室

〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5

E-mail : ab18097<at>shibaura-it.ac.jp

matsuhir<at>shibaura-it.ac.jp