

加速度推定機能を組み込んだ ポテンシャル法による動的障害物回避手法の構築

Dynamic Obstacle Avoidance Based on a Potential Field Method
with Acceleration Estimation Functions

東京都市大学 情報工学部 情報科学科
自動制御研究室
矢口雄大

1. 研究背景

- ・物流業界の人手不足解消に向けて、自動配送ロボットの研究や法改正が進められている[1]
- ・社会実装に向けて**未知環境や未知障害物**で動作する場合に安全で安定した経路生成をしなければならない



図1:自動配送ロボット[2]

- [1] 経済産業省, "自動配送ロボットの将来像を取りまとめました,"
<https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250226002.html>
- [2] 日経クロステック(xTECH), "セブン-イレブンの商品をロボットが自動配送、八王子で実証実験開始 | 日経クロステック (xTECH) ,"
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/news/24/02516/>

2. 研究目的

課題

従来手法[3]では、障害物の運動を等速と仮定しており
速度変化が生じた場合に冗長な経路が生成される



研究目的

ポテンシャル法に障害物の速度・加速度推定を組み込み、
将来位置を予測した動的障害物回避手法を提案する

[3]榎田 日和，“速度推定機能を組み込んだポテンシャル法による動的障害物の回避”
東京都市大学卒業論文2024.

ポテンシャル法

- 障害物座標の斥力ポテンシャル関数 $P_{ob}(x_r, y_r)$

$$P_{ob}(x_r, y_r) \triangleq \frac{1}{\sqrt{(x_r - x_{ob})^2 + (y_r - y_{ob})^2}} \quad (1)$$

- 目的地座標の引力ポテンシャル関数 $P_{ds}(x_r, y_r)$

$$P_{ds}(x_r, y_r) \triangleq -\frac{1}{\sqrt{(x_r - x_{ds})^2 + (y_r - y_{ds})^2}} \quad (2)$$

- 全体のポテンシャル場 $P(x_r, y_r)$

$$P(x_r, y_r) \triangleq \sum \omega_{ob} P_{ob} + \omega_{ds} P_{ds} \quad (3)$$

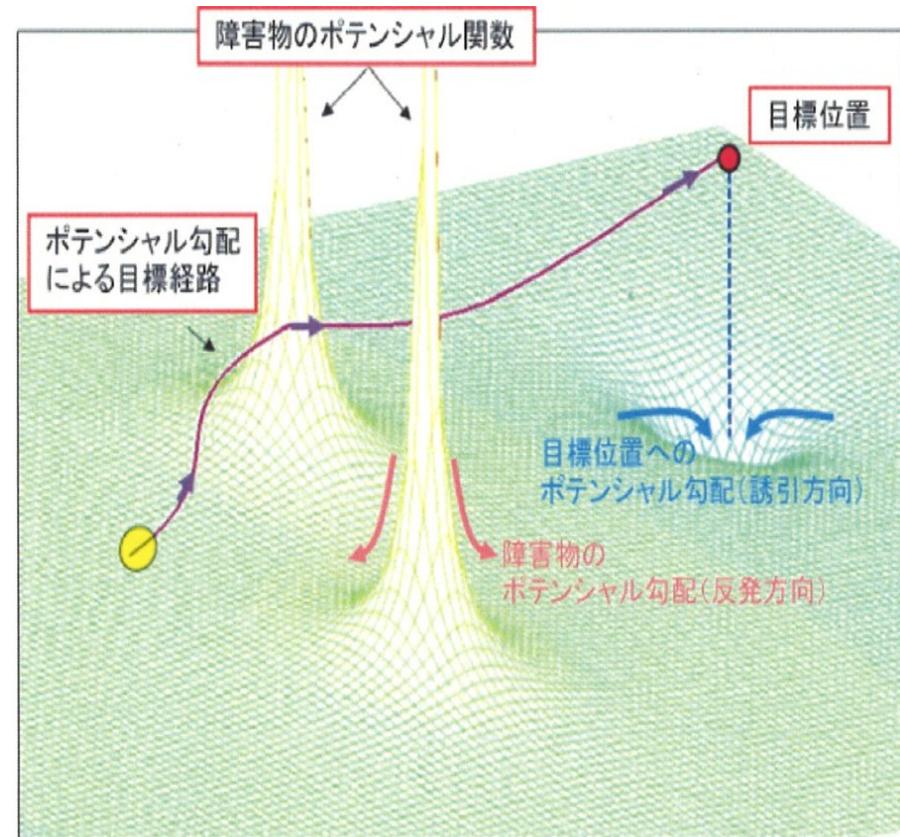


図2: ポテンシャル場の例[4]

[4]彌城祐亮,江口和樹,岩崎聰,山内由章,中田昌宏,“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,”新製品・新技術特集三菱重工技法, Vol.51, No.1, pp.40-45 (2014)

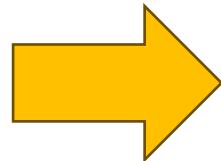
従来手法[3]

速度推定に基づく経路生成

速度を推定



仮ゴール設置



仮ゴールに進行



本来の目的地に向かう

仮ゴールの設定

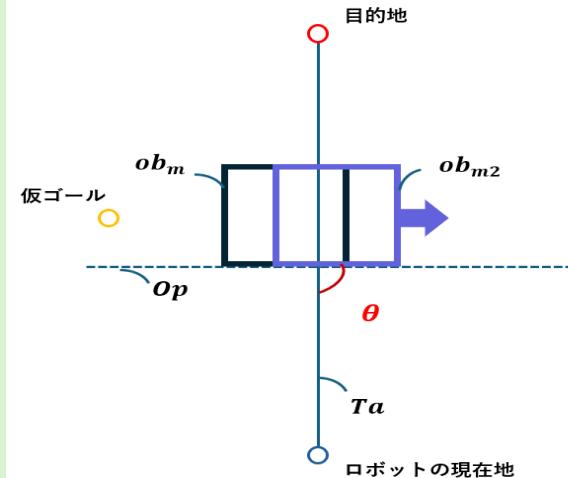


図3:通常の仮ゴール設定箇所

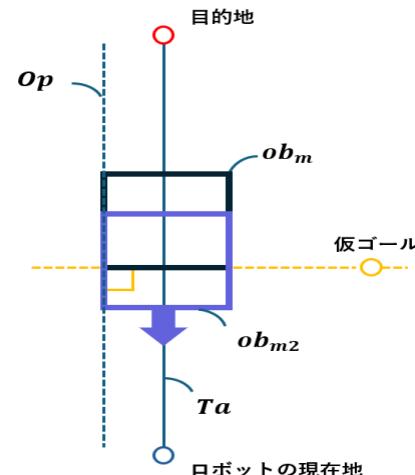


図4:正面の仮ゴールの設定箇所

3. 提案手法

速度・加速度を推定



将来位置を予測



斥力ポテンシャル場を構築



障害物回避

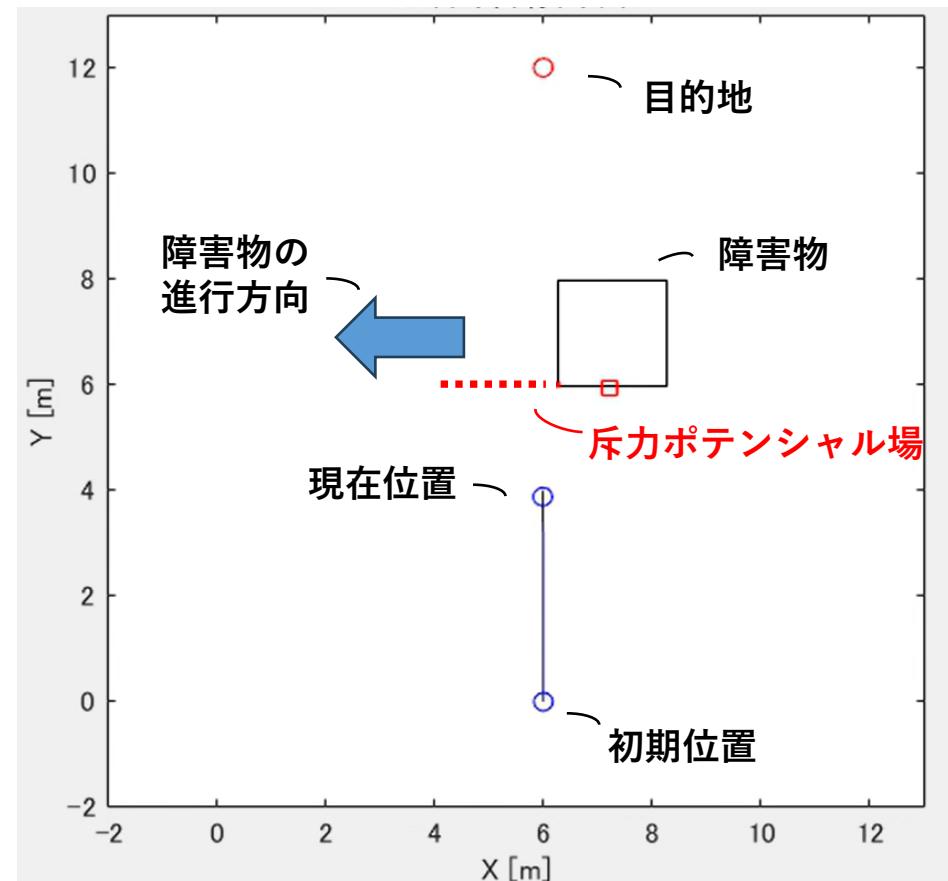


図5:提案手法のシミュレーション

3. 提案手法

速度・加速度を推定



将来位置を予測



斥力ポテンシャル場を構築



障害物回避

① 二時刻の座標

$$\mathbf{p}_t = (x_1, y_1), \quad \mathbf{p}_{t+\Delta t} = (x_2, y_2) \quad (3)$$

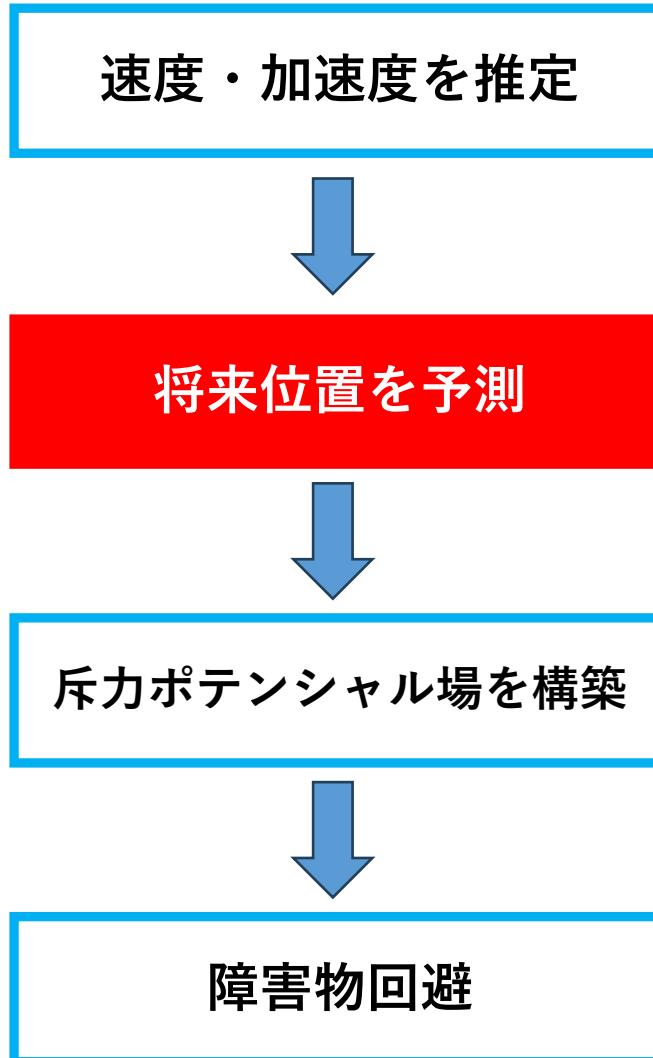
② 速度

$$\mathbf{v} = (x_v, y_v) = \frac{\mathbf{p}_{t+\Delta t} - \mathbf{p}_t}{\Delta t} \quad (4)$$

③ 加速度

$$\mathbf{a} = (x_a, y_a) = \frac{\mathbf{v}_{t+\Delta t} - \mathbf{v}_t}{\Delta t} \quad (5)$$

3. 提案手法



等加速度運動の運動方程式

$$p(T) = p_t + vT + \frac{1}{2}aT^2 \quad (6)$$

1 ≤ T ≤ 20 における将来位置を予測

複数点の将来位置を
斥力ポテンシャル場に組み込む

障害物の進行方向

将来位置の斥力ポテンシャル場



図6:将来位置の斥力ポテンシャル場

4. シミュレーション

場面

- ・横方向の往復移動をする障害物の回避

評価方法

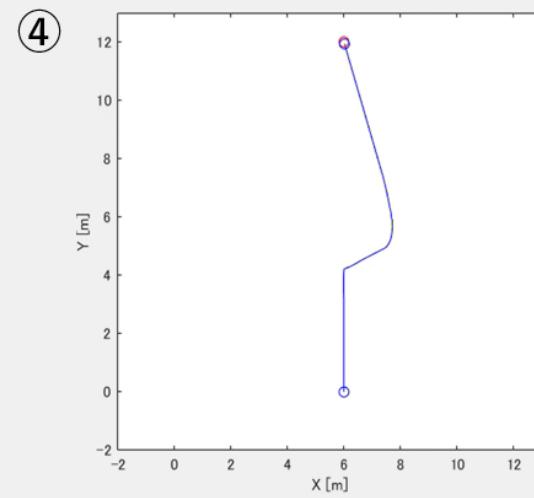
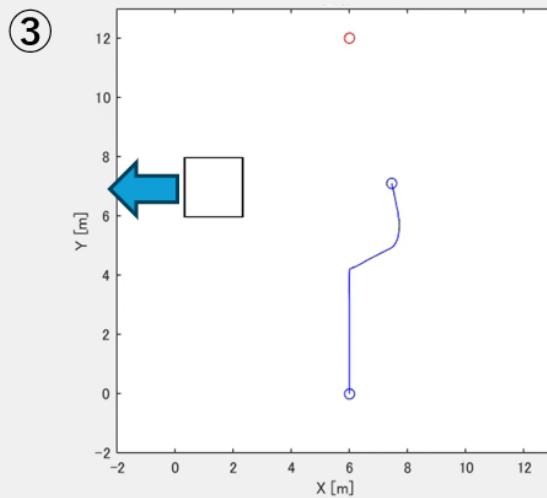
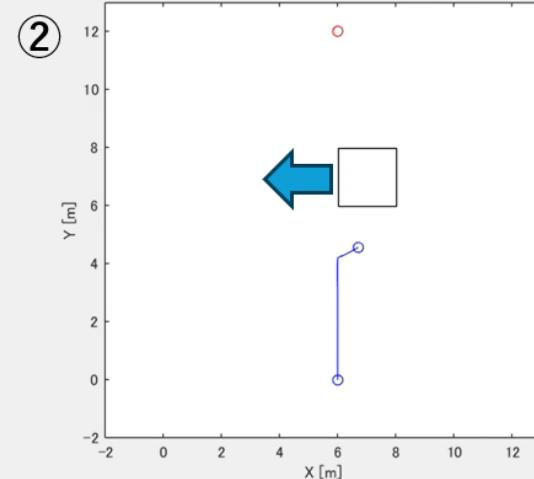
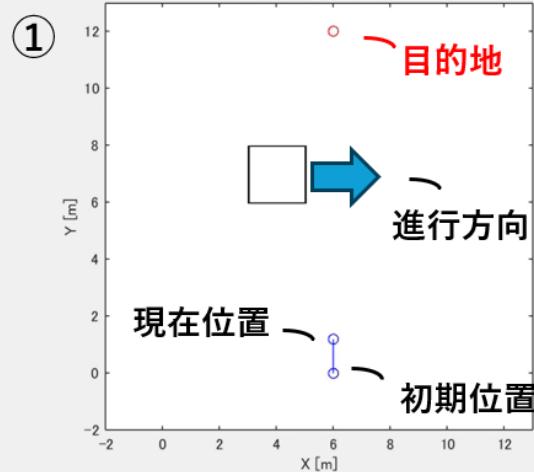
- ・**経路長**：ロボットが移動した総距離
- ・**到達時間**：目的地到達までに要した秒数

比較対象

- ・提案手法
- ・従来手法[3](速度推定機能)
- ・通常のポテンシャル法

4. シミュレーション

提案手法：横方向の往復移動をする障害物の回避



障害物の初期速度：
 $(x, y) = (0.35, 0.00) [\text{m/s}]$

障害物の加速度：
 $(x, y) = (-0.01, 0.00) [\text{m/s}]$

図7:提案手法の障害物回避

4. シミュレーション

従来手法[3](速度推定機能)：横方向の往復移動をする障害物の回避

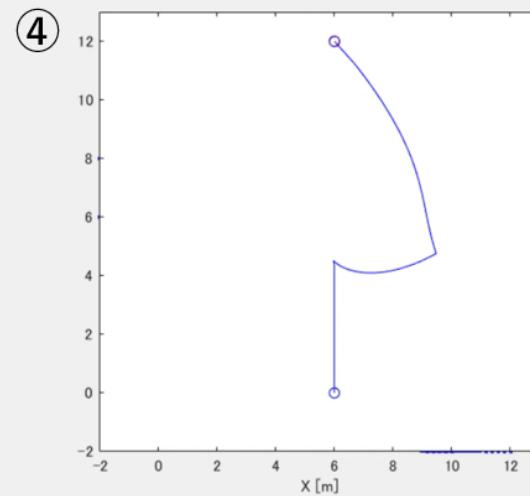
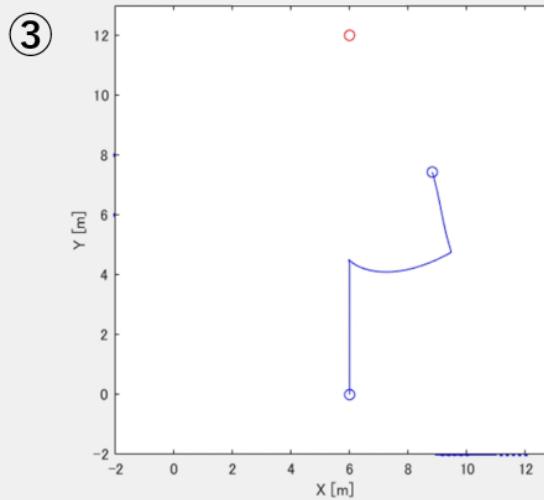
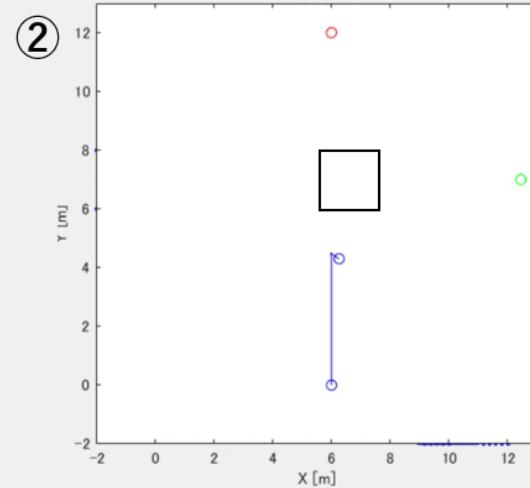
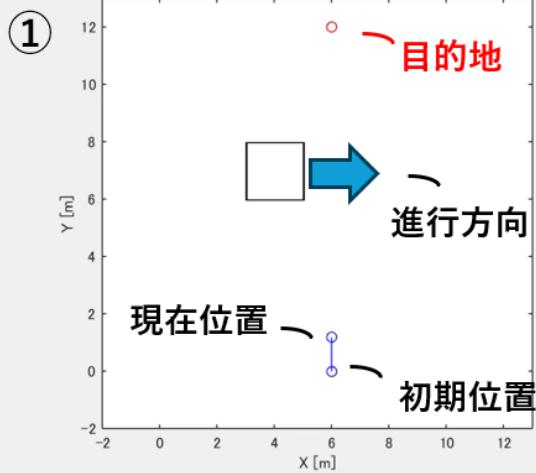
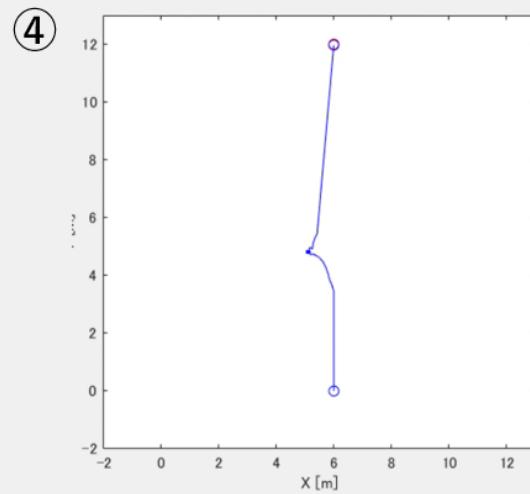
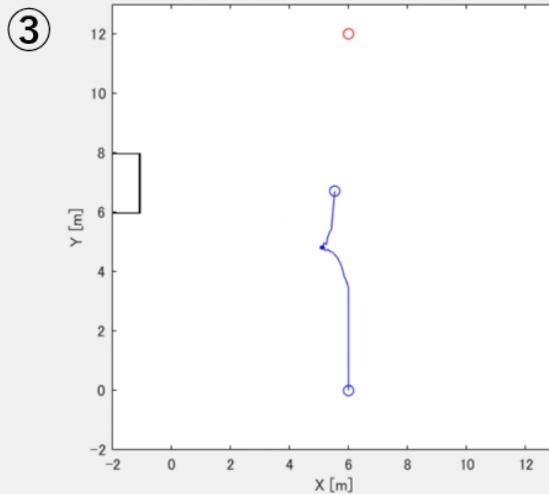
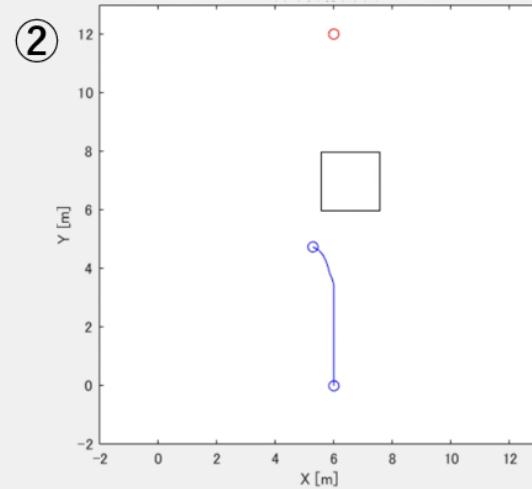
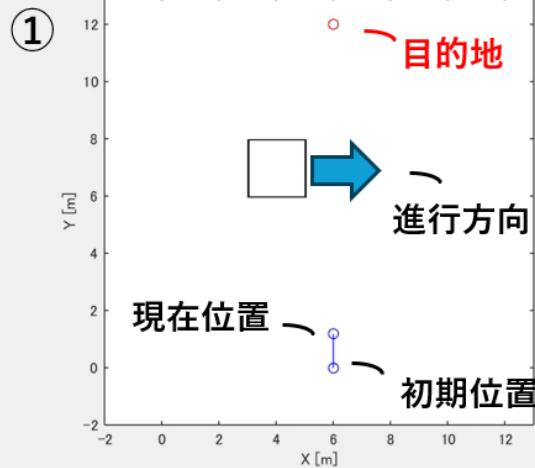


図8:従来手法[3](速度推定機能)の障害物回避

4. シミュレーション

通常のポテンシャル法：横方向の往復移動をする障害物の回避



障害物の初期速度：
 $(x, y) = (0.35, 0.00) [\text{m/s}]$

障害物の加速度：
 $(x, y) = (-0.01, 0.00) [\text{m/s}]$

図9:通常のポテンシャル法の障害物回避

5. 結果

表 1： 横方向に往復移動をする障害物の回避

手法	到達時間 [s]	経路長 [m]
提案手法	110	13.20
従来手法 [3]（速度推定機能）	136	16.32
通常のポテンシャル法	121	14.52

6. 結論と今後の課題

結論

速度のみならず**加速度**を有する障害物の回避に成功し、効率的な回避を実現できた

今後の課題

- ・複雑な運動パターンを持つ障害物への対応
- ・複数の動的障害物が同時に存在する環境

ご清聴ありがとうございました