知識選択型転移強化学習を用いた移動ロボットによる動的障害物回避

高矢　空＊　　河野　仁　　須賀　哉斗　　鳥谷部　悠希（東京電機大学）池勇勳（北陸先端科学技術大学院大学）　　藤井　浩光（千葉工業大学）  
鈴木　剛（東京電機大学）

Dynamic Obstacle Avoidance by Mobile Robot Using Transfer Reinforcement Learning with Knowledge Selection

Takaya Sora＊, Kono Hitoshi, Toriyabe Yuki, Suga Kanato, (Tokyo Denki University)   
Ji Yonghoon, (Japan Advanced Institute of Science and Technology)   
Fujii Hiromitsu, (Chiba Institute of Technology). Suzuki Tsuyoshi, (Tokyo Denki University)

In recent years, machine learning technologies have been actively implemented in society. Especially technologies such as reinforcement learning and transfer learning are being implemented in intelligent robot systems. The authors have proposed knowledge-selective transfer reinforcement learning based on the spreading activation model, which is a knowledge in the field of cognitive science. In past research, although static obstacle avoidance has been achieved in mobile robots with knowledge-selective transfer reinforcement learning, dynamic obstacle avoidance has not been investigated. In this paper, it is realized that dynamic obstacle avoidance by tuning the hyper-parameters of transfer reinforcement learning with knowledge selection.

キーワード：転移学習，強化学習，知識選択，活性化拡散モデル

(Transfer learning, reinforcement learning, knowledge selection, spreading activation model)

1.　緒言

近年,自動運転技術の進展により,私たちは運転の負担から解放され,交通の安全性と効率性が向上する可能性が高まりつつある.自動運転車は機械学習技術を駆使して,リアルタイムの状況判断や障害物検知,交通ルールの遵守などを行い,自律的な運転を実現する.しかし,自動運転車が直面する課題の一つとして,動的な障害物の回避がある.現行の自動運転技術では静的な障害物への対応は可能だが,動的な障害物の予測と回避は依然として課題とされている.このような課題に対処するために,知識選択型転移強化学習を用いた移動ロボットにおける動的障害物回避の実現を目指すべく本研究が行われた.

本研究では,知識選択型転移強化学習を用いた移動ロボットによる動的障害物回避について検討している.近年,機械学習技術の社会実装が進んでおり,特に強化学習や転移学習などが知能ロボットに適用されている.河野らは以前,認知科学領域の知見である活性化拡散モデルを活用した知識選択型転移強化学習を提案した.この手法を実装した移動ロボットでは,静的障害物の回避が実現されているが,動的障害物の回避についてはまだ検討されていなかった.

本論文では,知識選択型転移強化学習のハイパーパラメータを調整することで,動的障害物の回避が実現できることを確認した.知識選択型転移強化学習は,過去の学習経験を転移させることで学習速度の向上や新しい環境への適応度の向上を図る手法だ.

2.　実験と結果

〈2･1〉 小見出＿文字小見出＿段落□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□引用文献(1)□□引用文献(2)(3)□□引用文献(4)～(5)□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

(１) □□□□□　　□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

(２) □□□□□□□□□　　□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

〈2･2〉 小見出＿文字小見出＿段落□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

 (１)

□□本文（字下無）□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。



｛数式行（続）｝ (２)

式説明□□□□□□10□□□□15□□□□20□□□□□□□□□□□10□□□□15□□□□20□□□□□□□□。

 (３)

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□（表1参照）。

表1　図表タイトル

Table 1.　Title.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 表内文字 |  |  |  |  |
| Text |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

図表説明（左）□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□表の左右は，75mm以内□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□（表2参照）。

表2　図表タイトル

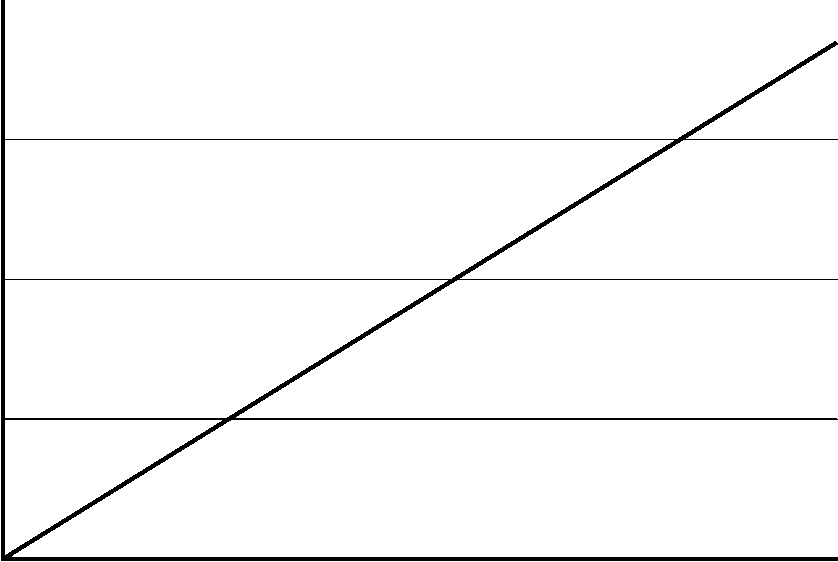
Table 2.　Title.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表内文字 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Text |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

図表説明（中央）□□□□□□表の左右は，165mm以内□□□□□□

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□（図1参照）。



(a)　グラフ1

図1　図表タイトル

Fig. 1.　Title.

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

本文□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□５□□□□10□□□□15□□□□20□□□□25□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

3.　結言

〈2･2〉 小見出＿文字小見出＿段落□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□。

謝　　　辞

文　　　献

(１) Name : “Title English”, 雑誌名, Vol.巻数, No.号数 p.000 (発行年)  
著書名：「タイトル」，雑誌名，Vol.巻数，No.号数 p.ページ数 (発行年)

(２) Name and Name : “Title Eng”, 雑誌名, Vol.巻数, No.号数 pp.000-000 (発行年)  
著書名・著書名：「タイトル」，雑誌名，Vol.巻数，No.号数 pp.ページ数 (発行年)

(３) Name, Name, and Name : “Title Eng”, 雑誌名, Vol.巻数, No.号数 pp.000-000 (発行年)  
著書名・著書名・著書名：「タイトル」，雑誌名，Vol.巻数，No.号数 pp.ページ数 (発行年)

(４) 著書名：「タイトル」，雑誌名，Vol.巻数，No.号数 pp.ページ数 (発行年)

(５) 著書名：「タイトル」，雑誌名，Vol.巻数，No.号数 pp.ページ数 (発行年)

(６) 著書名：「タイトル」，雑誌名，Vol.巻数，No.号数 pp.ページ数 (発行年)

(７) 著書名：「タイトル」，雑誌名，Vol.巻数，No.号数 pp.ページ数 (発行年)

(８) 著書名：「タイトル」，雑誌名，Vol.巻数，No.号数 pp.ページ数 (発行年)

(９) 著書名：「タイトル」，雑誌名，Vol.巻数，No.号数 pp.ページ数 (発行年)

(10) 著書名：「タイトル」，雑誌名，Vol.巻数，No.号数 pp.ページ数 (発行年)

(11) 著書名：「タイトル」，雑誌名，Vol.巻数，No.号数 pp.ページ数 (発行年)