

## 災害避難のための協調型自動運転車制御に関するパラメータスタディ

東北大学工学部 学生会員 ○若生 和樹  
 東北大学災害科学国際研究所 正会員 マス エリック  
 東北大学災害科学国際研究所 正会員 越村 俊一

## 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の津波災害では、生存者の半数以上が自動車での避難を行なった。一方で、自動車を用いた避難によって渋滞が発生し、避難途中で津波に巻き込まれるなど多くの犠牲者を出した。このことから、津波避難において、自動車を活用した迅速かつ確実な避難計画の検討が重要である。本研究では、将来、自動運転車の協調制御により、安全かつ確実な避難と交通容量の増加による渋滞解消を達成できるのではないかと考える。本研究では、自動運転車協調制御モデルがより早く衝突回数0となるパラメータ最適化を達成できるように、パラメータが衝突回数に与える影響、パラメータの値のばらつきを調べ、影響の少ないパラメータの値を固定させたときの評価関数について比較した。

## 2. 制御モデル

制御モデルでは、Flockingアルゴリズム(Reynolds *et al.*, 1987)を導入しており、C-TAEA (Li *et al.*, 2018)を用いて11個のパラメータの最適化を行なっている。

## (1) Flockingアルゴリズムの希望速度

エージェントの希望速度は以下の式で表される。

$$\tilde{\mathbf{v}}_i^{\text{des}} = \mathbf{v}_i^{\text{sep}} + \mathbf{v}_i^{\text{ali}} + \mathbf{v}_i^{\text{coh}} + \mathbf{v}_i^{\text{lan}} + \mathbf{v}_i^{\text{obs}} + \mathbf{v}_i^{\text{nav}} \quad (1)$$

上式で用いられている $\mathbf{v}_i^{\text{sep}}$ ,  $\mathbf{v}_i^{\text{ali}}$ ,  $\mathbf{v}_i^{\text{coh}}$ ,  $\mathbf{v}_i^{\text{lan}}$ ,  $\mathbf{v}_i^{\text{obs}}$ ,  $\mathbf{v}_i^{\text{nav}}$ は分離、整列、結合、車線保持、障害物回避、誘導のルールに基づく設定速度をそれぞれ表しており、 $\tilde{\mathbf{v}}_i^{\text{des}}$ は車両の設定速度を表している。

## (2) 制御モデルの6つのルール

制御モデルで用いられている6つのルールを説明する。

- 分離: 衝突を避けるために近距離のエージェントと反発する力。パラメータは分離力が働く最大半径と分離力の重みの2つである。

- 整列: 近距離のエージェントと速度ベクトルを合わせる力。パラメータは、速度整列力が変数になる最小半径と速度減衰定数の勾配、速度整列力の最小値の3つである。
- 結合: 一定距離内のエージェントの平均的な位置に向かう力。パラメータは結合力の重みである。
- 車線保持: 道路端とぶつからずに、車線中央を走行する力。パラメータは道路端から離れる力の重みと車線中央に寄る力の重みの2つである。
- 障害物回避: 車線前方にある障害物を回避する力。パラメータは障害物回避力の重みである。
- 誘導: 仮想リーダーに追従する力。パラメータはリーダーとの位置差を縮める力の重みとリーダーとの速度差を埋める重みの2つである。

## (3) 評価関数

パラメータの最適化は、以下の5つの評価関数を最小化するように最適化を行なっている。

- 速度整列指標(corr): 車両間で速度の相関が近いほど0に近づく。
- 衝突回数(coll): 車両同士の衝突回数。
- 障害物衝突回数(obs): 障害物との衝突回数。
- 車間距離指標(dis): 近傍の車両間距離が希望車間距離に近いほど0に近づく。
- 速度指標(vel): 車両の空間平均速度が最大速度に近いほど0に近づく。

$$\min_{x \in X} (f_{\text{corr}}(x), f_{\text{coll}}(x), f_{\text{obs}}(x), f_{\text{dis}}(x), f_{\text{vel}}(x)) \quad (2)$$

キーワード: 協調型自動運転、群制御、多目的最適化、遺伝的アルゴリズム

連絡先: 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 E302, TEL: 022-752-2082, FAX: 022-752-2083

### 3. 結果と考察

今回は、車両台数を6台とし、図-1のような道路環境でパラメータ最適化を行った。

#### (1) 最適化パラメータと衝突回数

最適化したパラメータのうち分離のパラメータの値だけを変化させた時の衝突回数を調べ、Heatmapに示した。図-2と図-3より、分離のパラメータはどちらも衝突回数に影響を与えていることがわかる。同様に他のパラメータについても、衝突回数への影響評価を行った。

#### (2) 分離パラメータのばらつき

障害物の個数と位置を変えた4つの環境でパラメータの最適化を行い、分離パラメータの値を正規化し分散を求め、表-1にまとめた。表-1より、特に、分離力の重みのばらつきは非常に小さいことがわかった。同様に他のパラメータについても、値のばらつきを調べた。

#### (3) パラメータ固定と収束性の関係

パラメータを固定させた時の収束性の変化を調べるために、障害物の数と位置を変えた3つの環境を用いて元の制御モデルと、表-2のようにパラメータを固定した制御モデルでパラメータ最適化を行なった。両者において、世代数が20の時の評価関数の値を表-3にまとめた。表-3より、パラメータを固定することで、より少ない世代数での衝突回数0を達成した。

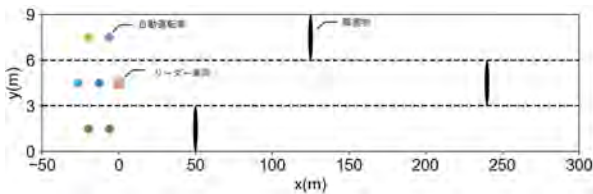


図-1 道路環境

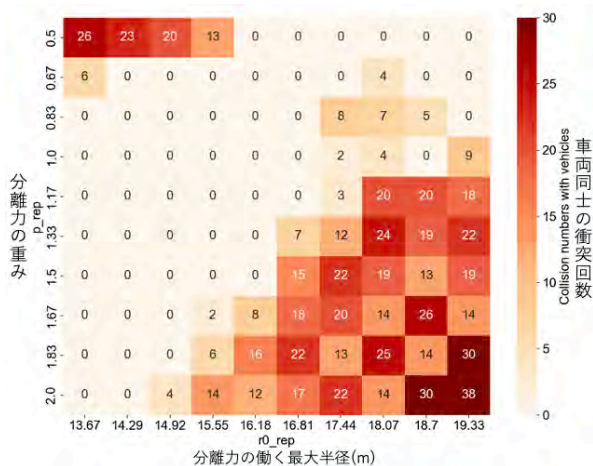


図-2 分離パラメータと車両同士の衝突回数の関係

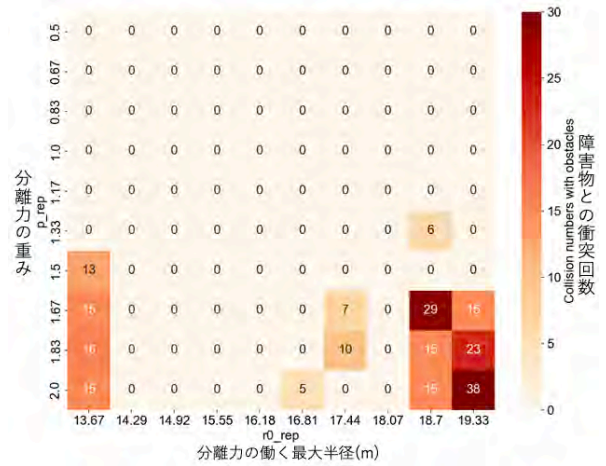


図-3 分離パラメータと障害物との衝突回数

表-1 分離パラメータの分散

	分離力の働く最大半径	分離力の重み
分散値	0.00204	0.000556

表-2 パラメータの固定

パラメータ名	元の最適化範囲	固定した値
分離力の重み	0.50~2.00	1.93
結合力重み	0.010~0.500	0.070
道路端から離れる力	0.50~1.0	0.90

表-3 パラメータ固定数と評価関数

	固定なし	6つ固定
速度整列	0.435	0.391
衝突回数	0	0
障害物衝突	1.27	0
車間距離	2.51	3.27
速度	1.74	0.731

### 4. おわりに

本研究ではパラメータが衝突回数に与える影響、パラメータのばらつきを調べた。さらに、最適化したパラメータの値を固定することで制御モデルはより少ない世代数での衝突回数0を達成した。車両台数や道路環境など様々な環境においてもパラメータスタディを行い、より汎用性の高い制御モデルに向上させることが今後の課題である。

### 参考文献

Reynolds, Craig W. "Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model." *Proceedings of the 14th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*. 1987.

Li, K., Chen, R., Fu, G., Yao, X, Two-archive evolutionary algorithm for constrained multiobjective optimization, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 23(2), 303-315. 2018.