

Title	アリの交通モデルの模倣による渋滞を抑制する速度を提示する管制システムのデザイン
Sub Title	Design of a traffic control system giving speeds to suppress congestion by mimicking an ant traffic model
Author	沖野, 友則(Okino, Tomonori) 西村, 秀和(Nishimura, Hidekazu)
Publisher	慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
Publication year	2022
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2022年度システムデザイン・マネジメント学 第502号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40002001-00002022-0016

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文

2023 年度

アリの交通モデルの模倣による
渋滞を抑制する速度を提示する管制システムのデザイン

沖野 友則

(学籍番号 : 82133113)

指導教員 教授 西村 秀和

2023 年 3 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
システムデザイン・マネジメント専攻

Design of a Traffic Control System Giving
Speeds to Suppress Congestion
by Mimicking an Ant Traffic Model

Tomonori Okino

(Student ID Number : 82133113)

Supervisor Hidekazu Nishimura

March 2023

Graduate School of System Design and Management,
Keio University
Major in System Design and Management

論 文 要 旨

学籍番号	82133113	氏 名	沖野 友則
論文題目：アリの交通モデルの模倣による渋滞を抑制する速度を提示する 管制システムのデザイン			
<p>交通システムの安全性を向上させ、環境負荷を減らすには交通渋滞をできるだけ減らす必要がある。既存の研究で、社会的な生活をするアリがフェロモンの濃度を基に交通情報を把握して速度を調節しながら、列をなして渋滞なく移動することが分かっている。この特性を交通システムに活用する研究がなされている。</p> <p>高速道路での渋滞を抑制するため、本研究ではアリの交通モデルを模倣した管制システムのデザインを行うことを目的とする。このため、管制システムで前方の交通情報を把握して後続の車両に対して、渋滞を抑制する速度を提示する方策をとる。つまり本研究は、アリの交通モデルがフェロモンの濃度でやり取りする交通情報を交通流量、交通密度、前方の車の数と定義し、管制システムを通して間接的に交通情報をやり取りできる交通モデルを提案する。</p> <p>具体的には、渋滞を抑制するシステムモデルを検討するため次のようなシナリオを考えた。一定の速度で走行し、その後ろを一定の間隔で追従する $N-1$ 台の車群があり、時刻 t_1 で先頭車が δ 秒間ブレーキを踏むものとする。それを受けて後ろに連なる車が次々にブレーキを踏むものとする。この時、渋滞のモトとなる交通流のボトルネックが生じ、このボトルネックは進行方向とは逆向きに移動する。このシナリオで、後続車がいつ交通流のボトルネックに巻き込まれ(時刻 t_2)、いつ脱出できるか(時刻 t_3)を求める。</p> <p>このシナリオに基づき Python を用いた数値解析を行い、パラメータ(初期速度、初期間隔、車の数 N、ブレーキ時間 δ)を変化させて様々な条件で各車の速度と位置の時間変化を求めた。このデータセットから時刻 t_2 と時刻 t_3 を求めた。</p> <p>更に機械学習を用いて用意したパラメータの範囲を超える条件に対しても時刻 t_2 と時刻 t_3 を求められるようにした。各車の時刻 t_3 と時刻 t_2 の差分から交通流のボトルネックが拡大するか縮小するかを判断し、縮小するような速度を求めた。</p> <p>数値解析と機械学習で交通流のボトルネックが縮小する速度を提案することができるシステムを検討し、システムモデリング言語 SysML を用いて構造と振る舞いを検討した。更に HAZOP リスク分析を用いて抽出された予期される危険性を回避する安全要求を求め、振る舞いを再検討した。</p> <p>今回検討したシナリオは先頭車がブレーキ後に加速するものである。元々あった渋滞に突っ込むことを想定し、先頭車が減速した速度で走るというシナリオを新たに検討することで、交通流のボトルネックが成長して渋滞になる様子と先頭車が群体として動く様子が検討でき、更に実用的なシステムのデザインに繋がる。</p>			
キーワード (5 語) 交通工学, 数値解析, システムズエンジニアリング, 機械学習, HAZOP リスク分析			

SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	82133113	Name	Tomonori Okino
Title Design of a Traffic Control System Giving Speeds to Suppress Congestion by Mimicking an Ant Traffic Model			
Abstract <p>To improve the safety of the transportation system and reduce environmental impact, traffic congestion must be reduced as much as possible. Existing studies have shown that ants, which are social creatures, can move without congestion in lines, adjusting their speed based on pheromone concentrations and traffic information. Research is being conducted to apply this characteristic to traffic systems.</p> <p>To reduce traffic congestion on highways, the objective of this master's research is to design a control system that mimics the ant traffic model. The control system will monitor the traffic information in front of the vehicle and suggest a speed to the following vehicle to reduce the traffic congestion. In other words, this master's research defines the traffic information exchanged by the ant traffic model as traffic flow, traffic density, and the number of cars ahead, and proposes a traffic model that can indirectly exchange traffic information through the control system.</p> <p>Specifically, the following scenario was considered to study a system model that reduces traffic congestion. A group of $N-1$ cars are traveling at a constant speed and following each other at a constant interval, and at t_1, the lead car brakes for δ seconds. In response, the cars in the following group step on the brakes one after the other. At this time, a bottleneck in the traffic flow, which is the root of the traffic jam, is created, and this bottleneck moves in the opposite direction to the direction of travel. In this scenario, the following vehicles are asked when they can get caught in the bottleneck (t_2) and when they can escape (t_3).</p> <p>Based on this scenario, a numerical analysis using Python was performed to obtain the time variation of the speed and position of each car under various conditions by varying the parameters (initial speed, initial interval, number of cars N, and braking time δ). t_2 and t_3 were obtained from this data set.</p> <p>Furthermore, machine learning was used to obtain t_2 and t_3 for conditions beyond the range of the prepared parameters. The difference between time t_3 and time t_2 for each vehicle was used to determine whether the bottleneck in the traffic flow was expanding or contracting, and the speed at which the bottleneck was contracting was determined.</p> <p>A system that can propose the speed at which the traffic flow bottleneck shrinks was studied using numerical analysis and machine learning, and its structure and behavior were examined using the system modeling language SysML. And safety requirements to avoid anticipated hazards extracted using HAZOP risk analysis were obtained, and the behavior of the system was reexamined.</p> <p>The scenario considered in this study is one in which the lead vehicle accelerates after braking. By considering a new scenario in which the lead vehicle runs at a reduced speed, assuming that it will run into the original traffic jam, it is possible to study how a bottleneck in the traffic flow grows and becomes a traffic jam, and how the lead vehicle moves as a group, leading to the design of a more practical system.</p>			
Keywords (5 words) Traffic Engineering, Numerical Analysis, System Engineering, Machine Learning, HAZOP risk assessment			