

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	自動運転のためのスマートモビリティデジタルツインに関する研究
Title(English)	Smart Mobility Digital Twin for Autonomous Driving
著者(和文)	WANGKUI
Author(English)	Kui Wang
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第378号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:阪口 啓,廣川 二郎,小竹 元基,TRAN GIA KHANH,佐藤 育郎,新 熊 亮一
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第378号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Wang Kui	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	阪口 啓	教授	佐藤 育郎	特任准教授
	審査員	廣川 二郎	教授	新熊 亮一	芝浦工大 教授(学外)
		小竹 元基	教授		
	TRAN GIA KHANH	准教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Smart Mobility Digital Twin for Autonomous Driving (自動運転のためのスマートモビリティデジタルツインに関する研究)」と題し、全6章から構成されている。

第1章「Introduction」では、自動運転に関する研究開発の歴史を概観し、現在主流となっている自律型自動運転では安全性と交通効率に課題があることを示し、インフラ協調型自動運転の重要性を指摘している。一方、近年急速に研究開発が進むデジタルツイン技術やその上で動作する人工知能(AI)による予測技術についても概観し、これらがインフラ協調型自動運転の更なる発展に繋がることを指摘している。本論文は、自動運転とデジタルツインを統合することで、自動運転の安全性と効率性を向上する新たなシステム(スマートモビリティデジタルツイン)を創出し、その有効性を実証することが目的であると述べている。

第2章「State-of-the-art Autonomous Driving and Mobility Digital Twins」では、まず自律型自動運転の構成要素である環境認知、位置推定、経路計画、車両制御の原理と課題についてまとめている。次に自律型自動運転の安全性を向上する方法としてV2X(Vehicle-to-Everything)通信を用いるインフラ協調型自動運転を紹介している。インフラ協調型自動運転では、路側機や他の車両のセンサ情報をV2X通信を介して自車に集約することで死角のない環境認知が可能になり安全性が向上することが述べられている。更にインフラ協調型自動運転を発展させたデジタルツイン型自動運転の構想を示している。デジタルツインを導入することで環境認知だけでなく経路計画や車両制御の性能が改善し自動運転の安全性と効率性が同時に向上するという仮説を立てている。

第3章「Smart Mobility Digital Twin: System Design and Implementation」では、デジタルツイン型自動運転に求められる要求条件を安全性の向上や交通効率の改善など複数のユースケースに分けて導出し、その要求条件を満たすスマートモビリティデジタルツインのアーキテクチャを設計している。スマートモビリティデジタルツインは、交差点レベルの狭域デジタルツインと街レベルの広域デジタルツインから構成され、安全性と交通効率を改善するアプリケーションがそれぞれに導入されるアーキテクチャとなっている。更に提案システムの有効性を示すための実験環境として、自動運転車と3台の路側機およびエッジ/クラウドコンピューティングサーバからなる環境を大学キャンパス内に構築している。

第4章「Global Digital Twin-Enabled Autonomous Vehicle Navigation System」では、広域デジタルツインを用いたハイブリッド自動運転システムを提案し、その有効性をデジタルツインシミュレータおよび実証実験において示している。提案システムでは、路側機や他車両の環境認知の情報を広域デジタルツインに集約し、デジタルツイン上のAIがそれらの情報に基づいて経路計画を行うことで、交通事故や交通渋滞を回避し自動運転の安全性と効率性を向上している。数キロ四方の街を想定したシミュレーションでは、既存の自動運転に比べて安全性が20%、交通効率が60%程度改善することを示すと同時に、提案システムの有効性を大学キャンパス内の実験で実証している。

第5章「Local Digital Twin-Assisted Hybrid Autonomous Driving Systems」では、狭域デジタルツインを用いたハイブリッド自動運転システムを提案し、その有効性を大学キャンパス内の実験で実証している。提案システムでは、交差点に依存した運転モデル(規範)に着目し、狭域のデジタルツインを用いて交差点毎に最適化された車両制御AIモデルを生成し、V2X通信を介して交差点に侵入する自動運転車に対して事前に伝送することで、狭域の安全性と交通効率を改善するシステムを構築している。実証実験では、既存の自動運転システムに比べて安全性を10%、効率性を15%程度改善することを示し、提案システムの有効性を実証している。

第6章「Final Remarks and Future Work」では、本研究で得られた成果を総括し、本論文の結論を述べるとともに、今後の検討課題について言及している。

以上を要するに、本論文は、自動運転の安全性と効率性を向上するスマートモビリティデジタルツインの新たなアーキテクチャと自動運転モデルを創出し、その有効性を実証実験により明らかにしたという観点で学術上・産業上貢献するところが大きい。よって我々は本論文が博士(学術)の学位論文として十分価値があるものと認める。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東京科学大学リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。