

氏名	Sirawit Pruksawan			
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博甲第 9394 号			
学位授与年月日	令和2年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	数理物質科学研究科			
学位論文題目	Materials Design of Toughened Epoxy Adhesives with Materials Informatics (マテリアルインフォマティクスを用いたタフ化エポキシ 接着剤の材料設計)			
主査	筑波大学	教授(連係大学院)	博士(工学)	内藤昌信
副査	筑波大学	教授(連係大学院)	博士(工学)	竹内正之
副査	筑波大学	教授	博士(理学)	山本洋平
副査	筑波大学	准教授(連係大学院)	博士(理学)	吉川元起

## 論文の要旨

本学位論文は、6章から構成されている。1章では、全体構成を述べつつ、本学位論文研究の目的及び意義について説明がなされている。2章では、接着接合に関する材料力学的な特徴や評価方法について説明がなされた後、接着剤の材料力学及び熱物性、破壊特性の評価方法について述べられている。さらには、関連文献の調査を踏まえながら、本研究で取り上げるエポキシ接着剤のタフ化の重要性と現状の課題について明確にしている。3章では、エポキシ接着剤に環動ポリマーとして知られるポリロタキサンを分散することで、接着剤をタフ化できるという発見にはじまり、ポリロタキサンの添加によるエポキシ接着剤がタフ化したメカニズムを、化学分析、力学特性評価、破壊特性を駆使することで解明している。さらに4章では、ナノセルロースで強化されたエポキシ接着剤がタフ化する現象を見出し、複合化に由来する機械特性の向上について詳細かつ網羅的に考察した結果について述べている。5章では、高強度なエポキシ接着剤の設計を加速するための手法として、機械学習を導入することで、高分子材料の力学物性の最適化にかかる探索時間を大幅に削減することに成功し、高分子複合材料の材料探索において機械学習が有効であることを実証している。最後に6章では、本研究の成果を総括するとともに、本研究の将来展望について述べている。

## 審 査 の 要 旨

### 〔批評〕

接着接合は様々な構造物を構成する上で、必要不可欠な手法である。特に、信頼性が求められる構造用接着剤においては、接着剤のタフ化が大きな技術課題であった。本学位論文研究では、汎用性の構造用接着剤であるエポキシ接着剤をタフ化するための添加材料の探索と複合化技術を確立し、さらには、複合化に伴うタフ化のメカニズムを解明することに取り組んだ。特に、3章では、特殊形状高分子として注目を集めているポリロタキサン、また、4章においてナノセルロールとの複合化により、エポキシ接着剤をタフ化することに成功している。さらに、得られたエポキシ接着剤の化学分析、力学特性評価、破壊特性評価などを網羅的に実施することで、添加剤として加えたポリロタキサン及びセルロースナノファイバーとの複合化構造に由来するエポキシ接着剤のタフ化メカニズムを明らかにした。さらに5章においては、高強度エポキシ接着剤の材料最適化を加速化するための手法として、機械学習を取り入れることで、探索時間を大幅に削減することに成功した。本学位研究で得られた知見は、単にエポキシ接着剤に限定されるものでなく、高分子系複合材料のタフ化に関する一般的な設計指針を与えるものである。また、複合材料である接着剤の最適化に機械学習を導入した先行例はなく、データ科学と高分子科学の融合領域を切り開いたという点でも評価である。以上の評価結果から、本学位論文の成果は、博士(工学)を授与するに十分なものと判断する。

### 〔最終試験結果〕

令和2年2月12日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

### 〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。