

京都大学教育研究振興財団助成事業
成 果 報 告 書

平成25年 6月16日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会 長 辻 井 昭 雄 様

所属部局・研究科 工学研究科 建築学専攻

職 名・学 年 修士課程1年

氏 名 古 田 理 恵

助 成 の 種 類	平成25年度 ・ 若手研究者在外研究支援 ・ 国際研究集会発表助成		
研 究 集 会 名	10th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization (第10回構造および複合領域の最適化国際会議)		
発 表 題 目	A Design Method for Optimal Truss Structure with Certain Redundancy Based on Combinatorial Rigidity Theory (組合せ剛性理論に基づく冗長性を付与したトラス構造物の最適設計法)		
開 催 場 所	米国フロリダ州オーランド, the Renaissance Orlando at SeaWorld		
渡 航 期 間	平成25年 5月18日 ~ 平成25年 5月26日		
成 果 の 概 要	タイトルは「成果の概要／報告者名」として、A4版2000字程度・和文で作成し、添付して下さい。「成果の概要」以外に添付する資料 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有()		
会 計 報 告	交付を受けた助成金額	200,000円	
	使用した助成金額	200,000円	
	返納すべき助成金額	0円	
	助成金の使途内訳	交通費 140,000円	
		学会参加費 20,000円	
滞在費の一部 40,000円			
当財団の助成について	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。) この度は貴財団の助成に採択して頂き、ありがとうございました。米国での開催ということで、交通費・滞在費が高額だったため、貴財団の助成がなければ参加は困難でした。心より御礼申し上げます。手続きについても詳細にご説明をして頂いたため、非常にスムーズに行うことができました。		

平成 25 年度京都大学教育研究振興財団
国際研究集会発表助成（I 期）成果報告書

京都大学大学院工学研究科建築学専攻

修士 1 年 古田理恵

10th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization（第 10 回構造および複合領域の最適化国際学会）は、米国フロリダ州オーランドにて 2013 年 5 月 19 日から 24 日までの期間で開催された、構造最適設計を中心とする国際会議である。本会議は 2 年に 1 度開催され、過去には日本でも開催されている（2011 年）。今回は開催国の米国をはじめ、ドイツ、フランス、日本、中国等、32 カ国から参加者が集った。投稿論文数は 401 件で、それぞれについてパネルディスカッション、口頭発表、ポスター発表が行われた。会議名にも **Structural and Multidisciplinary Optimization**（構造および複合領域の最適化）とあるようにテーマは多岐に渡っていたが、中でも形状およびトポロジー最適化（**Shape and Topology Optimization**）に関する発表が最も多く、全体の約 40%をも占めていた。他には構造最適化、不確実性に対する設計、複合領域および複合物理学における最適化等のテーマでの発表が行われた。

報告者のテーマは前述のように発表数としては最多の「形状およびトポロジー最適化」であり、「**A Design Method for Optimal Truss Structure with Certain Redundancy Based on Combinatorial Rigidity Theory**（組合せ剛性理論に基づく冗長性を付与したトラス構造物の最適設計法）」という題目で口頭発表を行った。その概要は以下のようなものである。近年、「進行性崩壊」と呼ばれる現象の危険性が指摘されている。これは建築構造物の一部が衝撃等によって破壊したときに、それが引き金となって構造物全体へと破壊が進行していく現象であり、2001 年世界貿易センタービルでの旅客機衝突による崩壊の原因のひとつとしても指摘されている。こういった脆弱な破壊を防ぐためには、構造物に冗長性（**redundancy**）を付与するという方法が有効であると考えられている。冗長性を付与することで、一部が破壊した際にその部材が負担していた力を他の部材が分配して負担し、一部の破壊が全体の崩壊へと繋がることを防止することができる。本報告においては特にトラス構造物（線材とジョイントによって構成される構造形式のひとつ）を対象として、冗長性を付与したトラス構造物の最適設計法の提案を行った。

一般的なトポロジーの最適化の設計問題においては、得られる設計解は冗長性を持たない静定解になることが知られている。そこで本研究では冗長性を「どの 1 本の部材が破断したとしても全体が不安定にならない状態」と定義し、設計解がこの冗長性を満た

すための制約を **2-edge-rigid** 制約と定義した。このような定義に基づく最適化手法は既往の研究でもいくつか提案されているが、**2-edge-rigid** 制約は数式による定式化を行うことが困難であるという性質を持つため、厳密な最適解を求めるためには候補となる解の総列挙が必要となる。総列挙法はコンピュータでの計算にかかる負荷が大きい手法として知られており、問題の規模が大きくなると指数関数的に計算負荷が増加してしまうため、総列挙法を用いている既往の研究では規模の大きな実際の建築構造物の問題を解くことができない。そこで、本研究では 1) 冗長性を考慮した、2) 計算負荷が指数関数的に増大することのないような、最適設計法を提案することを目的としている。離散数学の分野では、**bar-joint structure** をより一般化した数学モデルである「グラフ」の剛性を扱う、組合せ剛性理論に関する研究が近年活発になされている。中でも報告者が注目しているのは、冗長性を持たないグラフに対して冗長性を効率的に付与することのできるアルゴリズムに関する研究である。グラフと呼ばれる数学モデルは、線材とジョイントからなる構造であるトラス構造物と同じ構造を有するため、それらは互いに置換可能である。よって組合せ剛性理論の分野のアルゴリズムを、建築構造の分野に適用することで冗長性を扱うことを可能にした点が本研究の特徴である。発表における質疑応答では、現段階の研究においては用いていないような、別のある手法を用いてみてはどうか、等の有意義な意見を得ることができた。

海外学会での発表は今回が報告者にとって初めての経験であり、今後研究を行っていく上で、やはり海外での高い水準を視野に入れて研究を行う必要があるということを痛感した。また、トポロジー最適化を赤外線レンズの設計や細胞の構造に適用した研究など、筆者の専門分野とは異なる分野でのトポロジー最適化に関する研究に触れる大変貴重な機会であった。この経験を今後の研究活動に活かしていきたい。

謝辞

最後になりましたが、今回の国際学会で得られた貴重な体験は、京都大学教育研究振興財団からの助成なしでは得られないものでした。このような機会を与えて頂いた貴財団に、心より御礼申し上げます。