

二国間交流事業 共同研究報告書

令和4年4月6日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[代表者所属機関・部局]
北海道大学・大学院工学研究院
[職・氏名]
教授・岡崎 太一郎
[課題番号]
JPJSBP1 20187402

1. 事業名 相手国: 中国 (振興会対応機関: NSFC) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 画像処理技術を応用した地震被災建物の応急危険度判定技術の開発

(英文) Rapid post-quake estimation of structural damage and performance based on modern image processing technology

3. 共同研究全実施期間 2018年4月1日 ～ 2022年3月31日 (4 年 0 ヶ月)

4. 相手国代表者(所属機関・職・氏名【全て英文】)

Tsinghua University・Associate Professor・JI, Xiaodong

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		4,297,500 円
内訳	1年度目執行経費	1,470,000 円
	2年度目執行経費	1,402,500 円
	3年度目執行経費	1,425,000 円

6. 共同研究全実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	11 名
相手国側参加者等	9 名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	4	0	5(5)
2年度目	9	0	5(4)
3年度目	0	0	0(0)
4年度目	0	0	0(0)

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣: 本委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入: 相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は本委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流実績の概要・成果等

(1)研究交流実績概要(全期間を通じた研究交流の目的・研究交流計画の実施状況等)

本研究の目的は、最新の情報技術を活用した、高精度で、迅速に手軽に実施できる応急危険度判定技術を開発することであった。応急危険度判定とは、地震発生直後に、資格をもつ判定士が一棟一棟の建築物を肉眼で観察し、その建築物が余震などによって倒壊する危険度、建築物の付属物の落下や転倒などの危険度を判定して、「調査済(緑)」「要注意(黄)」「危険(赤)」の貼紙を目につきやすい位置に貼る手続きであり、余震などによる二次災害を防止し、被災者に安心をもたらすうえで極めて重要な役割を果たす。交流相手国の中国でも、また世界中の多くの国で、同様の応急危険度判定が実施されており、近年の被害地震を通じて、その重要性がますます強く認識されている。そこで本研究は、デジタルカメラで撮影した被害画像を、ディープ・ラーニングによって訓練したパターン認識アルゴリズムにかけて、瞬時に「調査済(緑)」「要注意(黄)」「危険(赤)」の判別のみならず、建築構造躯体の残存耐震能力の判定を含めた注記内容にも言及する技術を開発することを目標に掲げた。

この課題に取り組み、中国との国際交流を進めるために、下記の 4 つの目標を立てた。(1) 双方で現在進行中の構造実験について情報交換する。(2) 地震を受けて鉄筋コンクリート構造および鋼構造が損傷し劣化する現象に関して、双方でこれまでに収集した有用な実験データを共有する。(3) 本研究の主目的を遂行する。すなわち、構造と材料に関する最新の研究情報に立脚して、画像情報から構造躯体の被害程度を推定するパターン認識アルゴリズムを作成し、そのアルゴリズムをディープ・ラーニングによって訓練し、瞬時画像認識によって応急危険度判定を支援するコンピュータ・プログラムを開発する。(4) 研究交流を通じて、耐震工学研究における両国の最新潮流や中心課題について情報交換し、中・長期的な共同研究課題を抽出する。

初年度は、5 月 20 日から 26 日にかけて、清華大学と中国地震局工程力学研究所でキックオフ打合せを実施し、11 月 21 日から 24 日にかけて、北海道大学で 2 回目の打合せを実施した。双方の研究活動と興味に関する理解を深め、共通の関心を特定した。双方の研究情報を継続的に共有する(目標 1 と 4)とともに、中心課題たる「画像処理技術を応用した応急危険度判定技術」の開発(目標 3)、2010 年に実施された実大 4 層鉄筋コンクリート構造実験の詳細分析(目標 2)、2008 年に実施された超高層鋼構造実験の詳細分析(目標 2)の 3 班に分かれて、共同研究を展開することで合意した。

二年度は、5 月 22 日から 26 日にかけて清華大学で、11 月 24 日から 26 日にかけて名古屋大学と小堀鐸二研究所(東京)で研究打合せを実施した。中・長期的な共同研究の展開を見据えて、双方の建築設計・施工・管理の実務に関する理解を深めるために、両国で構造設計・建築施工の最前線で活躍する技術者に参加いただき、情報交換を進めた。中国では北京第二経済中心の超高層ビル群や、冬季五輪競技スタジアムの建設現場を、日本では新名古屋加力発電所、名古屋駅前高層ビルを見学した。「画像処理技術を応用した応急危険度判定技術」については、コンクリート構造の表面ひび割れの同定と、構造実験での計測に基づく被害程度と残存性能との関連付けを整理している。Ji と高橋を中心に、これまでの研究成果をまとめており、間もなく第一篇目の論文を、国際学術誌に投稿できる見込みである。

三年度(延長を含む)は、コロナウィルスの世界的蔓延に伴う渡航制限のために、予定した 5 月の派遣・11 月の受入を実施できなかった。その状況の中でも、「画像処理技術を応用した応急危険度判定技術」に関するこれまでの共同研究成果を共著国際論文にまとめ(2021 年 2 月掲載)、双方で継続された構造実験(中国側では、非構造を含めた鉄筋コンクリート骨組の振動台実験、日本側では、鋼構造骨組の倒壊を再現する振動台実験)について、情報交換と意見交換を実施し、将来的な共同研究について意見交換を実施した。

これまでの交流実績は、専用ウェブページ(<https://www.archi.tohoku.ac.jp/labs-pages/PBEE/china-japan/log.html>)に掲載・公表している。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

医療画像診断や自動運転の分野で脚光を浴びるようになったディープ・ラーニングを、建築物の災害

発生後の迅速な復旧・復興に資する損傷量自動計測システムに適用する研究は、端緒についたばかりである。本研究は特に、画像処理技術を応用して損傷を検出し、それを実験データと関連付けることで、見かけ上の損傷と構造物の耐震性能を関連付けることを目指した。荷重条件や寸法、材料種別が異なるさまざまな実験的研究を展開する日・中の研究者の合意で、質の高い実験データを収集していることは、本研究の大きな強みであった。画像処理技術の改良は確実に進み、構造損傷の自動検出能力は飛躍的に伸びた。前述の通り、この成果を共著国際論文に公表することができた。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

初年度(2018年)は5月に、日本から中国に岡崎、長江、高橋、篠野の4名が渡航し、清華大学および中国地震局工程力学研究所で、キックオフ打合せを実施した。相手国の Ji, Pan, Zhao, Wang, Lin, Miao の6名を中心に、多くの中国側研究者や大学院生も参加して、「画像処理技術を応用した応急危険度判定技術」の開発について、さらに耐震工学研究全般について情報交換し、現状確認と共同研究の進め方を協議した。既往の実験データや地震被害調査結果など、研究チームで蓄積した情報を確認し、これを交換できる Cloud サイトを設立した。国際ワークショップを開催し、研究者や大学院生、実務者など大勢の参加を得た。同年11月に、相手国の Ji, Pan, Zhao, Miao, Sun の5名が来日し、日本から岡崎、長江、高橋、松井、篠野の5名、その他北海道大学の研究者や大学院生10名ほどが参加して、耐震工学研究全般や、共通の研究課題について議論を深めた。防災科学技術研究所大型耐震実験施設で実施する振動台実験(日中の共同実験の位置づけ)を利用した実験計画を協議し、「画像処理技術を応用した応急危険度判定技術」の進展に関する情報交換を行った。

二年度(2019年)は5月に、日本から中国に岡崎、長江、丸山、高橋、松井、加登、山田、千田、耳塚の9名が渡航し、清華大学で、研究打合せを実施した。相手国の Ji, Pan, Zhao, Wang, Lin, Miao, Sun の7名を中心に、「画像処理技術を応用した応急危険度判定技術」の進捗について意見交換し、将来の共同研究を協議し、北京市内の大規模建設現場を見学した。日中の構造設計と施工を主題とした国際ワークショップを開催し、初年度以上の大勢の参加を得た。同年11月に、相手国の Ji, Pan, Zhao, Lin, Li の5名が来日し、日本から岡崎、長江、丸山、高橋、松井の5名、その他にも日・中の研究者10名ほどが参加して、「画像処理技術を応用した応急危険度判定技術」の進展について情報交換し、将来の共同研究を協議し、名古屋市内の大規模建築物や施設を見学した。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

本研究の中心課題は、画像処理技術に基づいた損傷評価方法を通して、現行の応急危険度判定を支援し、迅速で、判定士の主観や経験に左右されない判定基準を提供することであった。わが国は、2003年十勝沖地震、2004年新潟中越地震、2007年新潟県中越沖地震、2011年東北地方太平洋沖地震、2016年熊本地震などで甚大な地震被害を被った。こうした地震のたびに、応急危険度判定が震災復興・復旧に大きな役割を果たしてきた。住宅や病院、官公庁舎、避難先に指定された建築物の安全性を点検し、生活回復の足がかりをつくるうえで、速やかな危険度判定の意義は極めて大きい。中国では、近代建築構造物がわが国より遅れて普及し、応急危険度判定の実施経験も少ないが、この20年間で人口集中と建設ラッシュが進んだいま、わが国以上に、応急危険度判定の迅速化と高度化を必要としている。一定の成果を得たが、掲げた課題の社会的意義と重要性に関する認識が深まり、今後の研究の方向性に関する議論を深められた。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取り組み、成果)

日本側には、若手教員(40歳以下)の松井、大学院生の篠野と千田、耳塚、相手側には、若手教員(40

歳以下)の Ji と Lin, 大学院生の Miao と Sun と合計 8 名の若手研究者が参加した。初年度 11 月に北海道大学で開催した研究打合せには、他に北海道大学の若手教員 1 名, 大学院生 9 名が参加し、それぞれが研究発表を実施し、質疑を受け、また研究全般の打合せにも参加した。初年度と 2 年度の 5 月に中国で実施したワークショップや研究打合せでは、通算で、中国側で近隣大学の若手教員 10 名ほど, 大学院生 40 名ほどが参加した。両国の学生同士による、主体的な研究交流も実施された。国内の複数大学(北海道大学, 東北大学, 名古屋大学, 近畿大学)と、国外の一流研究者との研究活動と、英語による質の高い議論に参加してもらうことで、研究への刺激と、グローバルに活躍する実感と意欲を培ってもらえたと手応えを感じている。共著論文や、密度の高い意見交換を通して、大学院生を共同指導してきた。本研究が契機となって、この研究の枠外であるが、Ji と Miao が東北大学に短期滞在し、中国側の学生 1 名が北海道大学の博士後期課程に進学するなど、具体的な波及効果もあった。

(6)将来発展可能性(本研究交流事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

本共同研究の強みは、耐震診断という共通の問題意識のもとに、鉄筋コンクリート構造、鋼構造、コンクリート材料、組積造など、建築構造物の耐震安全性に関わる、幅広い分野の研究者が参加することである。画像処理技術の活用や限界を議論する中で、各種構造物の技術的課題から、社会の耐震安全性に対する心構えに至るまで、日中に共通する様々な課題を見出してきた。2019 年度は、建築現場や、大規模建築物の見学会を実施し、第一線で働く技術者にも議論に参加いただいたことで、双方の設計と施工に対する理解を深めた。鉄筋コンクリートのせん断壁とコンクリート充填鋼管を組み合わせた超構造建築の技術は、いまや中国が世界をリードする状況であり、関連する解析・設計・研究手法には、日本が学ぶべき内容が多いことを認識した。これまでの共同活動は、2020 年度の科学研究費助成事業・基盤研究(A)の採択につながった。この研究チームの強みを活かすために、合成構造に関するテーマ発掘を進め、予算獲得の方法を探るなど、共同研究を一層発展させる方法を議論している。

(7)その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記述してください)

例:大学間協定の締結、他事業への展開、受賞、産業財産権の出願・取得など

参考までに、北海道大学と清華大学は、2008 年 6 月以来、協定大学の関係にある。