

在外研究体験記・一般研究助成実施状況



立命館大学 理工学部
准教授 福山 智子

はじめに

立命館大学の福山と申します。私は、北海道大学の助教時代に研究者交流援助をいただき、2016 年 9 月末から米国のワシントン大学（University of Washington）とコロンビア大学（Columbia University）に合計で 1 年ほど滞在しました。その後、立命館大学への異動という環境変化を経て、現在は一般研究助成をいただいております。

本稿では、前回寄稿（アメリカ滞在時）後の様子や私どものグループ（立命館大学・建築材料研究室）の活動についてお伝えしたいと思います。

研究室の雰囲気や研究の環境

2023 年度の学生数は卒論生 6 名、修士学生 2 名（中国、アフガニスタン）、博士学生 1 名（韓国）であり、少しこじんまりとした研究室です。現在の主な研究テーマは「鉄筋コンクリート（RC）構造物の非破壊検査」と「建設用 3D プリンタによる造形物の性能」になります。その中で、RC に関する非破壊検査は「交流インピーダンス法」「電気化学ノイズ法」による鉄筋腐食診断だけでなく「電気インピーダンスストモグラフィによる断層画像構築」や、「カーボンナノチューブを混和した高導電セメント系材料」「セメント系材料の破砕に伴う帯電」を利用したセンシングについても研究しています。



【2023 年度学生と実験室の前で】



【2022 年度学生とのゼミの様子】

立命館大学のコンクリート系研究室は、私どもの建築材料研究室だけでなく、環境都市工学科・川崎佑磨先生のインフラマテリアル研究室があります。私たちは、同じ実験室を共同で運営・利用しており、一緒に共同研究を行ったり軍艦島の調査に行ったりしています。

軍艦島では、実構造物における鉄筋の腐食に関して調査を行っています。近年は、中性化や塩害だけでなく、コンクリート中の水分の挙動が腐食に及ぼす影響について注目されています。私たちは、コンクリート中の水の存在を示唆するエフロレッセンスや藻類の染みの経時変化を写真に記録し、鉄筋腐食の進展との相関について検討しています。

例えば、藻類と思われる緑色の染みがある箇所では、数年の時間経過後に鉄筋の露出がみられます。これは、水の存在により鉄筋が腐食・膨張し、かぶりコンクリートが剥落したためと考えられます。軍艦島構造物の継続的な調査により、コンクリート含水状態の鉄筋腐食への影響や、藻類をコンクリート含水状態の指標として扱うことが可能かについて情報が得られると考えています。



【軍艦島調査 2011 年と 2022 年の比較】※長崎市の特別な許可を得て撮影

他機関との研究交流と課題研究の進捗状況

建設用 3D プリンタは、建設現場における人材・後継者不足に対する省人化とオペレーション自動化技術として注目されています。また、通常の型枠工では難しい曲面造形が可能な点も魅力です。

建設用 3D プリンタに関しては、株式会社 Polyuse（3D プリンタベンチャー）、山口大学の山田悠二先生（セメント系材料）、立命館大学の吉富信太先生（建築構造）と共同研究を行っています。プリンタで造形物を試験体として印刷し、実用化に向けて必要となる耐久性能や構造性能、新材料の適用について検討を行っています。その中で、印刷環境や打重ね時間の影響については、速報的に報告しています[1][2]。引き続き、印刷物の異方性などについても検討を行っていく予定です。



【株式会社 Polyuse にて】

電気インピーダンストモグラフィや破砕帯電については、東京理科大学の生野孝先生と共同研究を行っています。電気インピーダンストモグラフィとは、物質の導電率分布を 2 次元あるいは 3 次元に画像化する技術で、いわば電気によるレントゲン、あるいは MRI といったイメージになります。

私は学生時代からコンクリート中の鉄筋腐食の研究を行っていましたが、非破壊かつリアルタイムで腐食状態の把握ができず困っていました。交流インピーダンス法による腐食速度の推定を行ってきたことから、電氣的技術を使ってコンクリート内部を画像化できないかと考えたのが研究の端緒です。



【京都大学：西山・谷研究室，東京理科大学：生野研究室，
立命館大学：川崎研究室との 2022 年度研究交流会】

既往研究を調べると、同じような発想の研究は始められていて、オープンソースソフトウェアも公開されていました。このように参考になる技術はすでにあっただけですが、私では断層の画像化までもっていけず苦慮していました。そのようなときに Polyuse の鎌田太陽氏から生野先生をご紹介いただき、生野先生のご尽力によりセメントペースト中に埋設された導体や絶縁体の分布を画像化できるところまで実現しました[3][4]。

助成をいただいて

2016 年に研究者交流援助をいただき、シアトルで始めたコンクリートへの繰返し載荷実験が、現在の破砕帯電の研究につながっています。また、Columbia University で教わった、セメント分野では比較的新しいカーボンナノチューブという材料の研究から生野先生とご縁ができ、電気インピーダンストモグラフィの研究に発展しました。

以上のように、アメリカに留学したことでその後の展開につながる多くのことを得られたと思います。研究だけでなく、当時受講した英語のプレゼン講義は、今以上に苦手だったプレゼン技術の向上にも寄与し、現在の私のいろいろな活動を支えてくれています。現在助成いただいている一般研究についても、建設用 3D プリンタの開発者である Polyuse との研究活動を通じて、土木学会におけるプリンタ普及活動や多くの研究者との交流として広がっています。

これまでの人生で、思いもよらないつながりから様々なご縁を得て異なる分野の研究者・技術者同士のコラボレーションが始まりました。異なる分野間で交流することでこれまでとは違う発想をお互いに投げかけることができ、新しい分野を作っていけるように思います。また、研究で行き詰ったときにはいつもぴったりの助けの手が差し伸べられているようで、周囲に助けていただいて研究活動ができていると感じています。

以上に述べてきたように、私の研究活動にあたっては、鹿島学術振興財団さまより多大なるご支援があり、そのご支援を種としていろいろな方向に発展させることができました。このような得難いご支援をいただきましたことに対し、感謝の意を表し筆をおきたいと思います。ありがとうございました。

参考文献

- [1] 植松蓮ほか：建設用 3D プリンタ積層体の層間付着に打重ね時間と養生条件が及ぼす影響，日本建築学会年次大会学術講演梗概集，2023
- [2] Yuji Yamada et al.: Quality of Lamination Structure Made by 3D Printing under Different Lamination Conditions, Proceedings of BEI-2023, pp.35-38, 2023.
- [3] 皆川敬哉ほか：非一様建築部材のヘルスマニタリングに向けた機械学習援用高分解能電気インピーダンストモグラフィの開発，応用物理学会春季学術講演会，2023
- [4] K. Minakawa et al.: ADVANTAGES OF THE CONVOLUTIONAL NEURAL

NETWORK IN VISUALIZING PRECISE POSITION AND SIZE BY
ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY, ISEM 2023, submitted

助成年度	2015 年度（派遣期間 2016 年 9 月～2017 年 9 月）
助成種類	研究者交流援助 長期派遣
研究課題	鉄筋コンクリートの交流インピーダンス測定におけるコンクリート微細構造の影響 (Effect of Concrete Micro Structures on Electrochemical Impedance Spectroscopy Measurement of Reinforcing Bars)
派遣先	University of Washington, Columbia University（アメリカ合衆国）

助成年度	2022 年度（期間 2022 年 4 月～2024 年 3 月）
助成種類	一般研究助成
研究課題	建設用 3D プリンタ施工における積層間付着の改善に向けた材料・工法・システムの開発