

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム
研究者派遣元支援プログラム

成果報告書

提出日：平成 28 年 10 月 12 日

○申請者情報

採 択 年 度：平成 26 年度
部 局 名：工学研究科
職 名：教授
氏 名：西脇 眞二

○派遣研究者情報

部 局 名：工学研究科
職 名：助教
氏 名：山田 崇恭
研究課題名：（日本語）ナノスケール効果を利用したスマート構造の最適形状創成設計法
（英語）Optimum design for smart structures utilizing nano-scale
渡 航 期 間：平成 26 年 8 月 31 日～平成 28 年 8 月 31 日（732 日）

○渡航先情報

国 名：フランス共和国
研究機関名：エコール・ポリテクニーク
研究室名等：応用数学センター
受入研究者名：グレゴワール・アレール

○渡航期間中の出張

出 張 先：一時帰国
目 的：共同研究に関する打合せ
期 間：平成 26 年 12 月 20 日-平成 26 年 12 月 26 日

出 張 先：シドニー大学（オーストラリア）
目 的：国際会議 WCSMO へ参加
期 間：平成 27 年 6 月 5 日-平成 27 年 6 月 14 日

出 張 先：一時帰国
目 的：共同研究に関する打合せ
期 間：平成 27 年 7 月 28 日-平成 27 年 8 月 4 日

出 張 先：一時帰国
目 的：共同研究に関する打合せ、文部科学大臣表彰表彰式出席、日本機械学会賞授賞式出席
期 間：平成 28 年 4 月 15 日-平成 28 年 4 月 25 日

出 張 先：クレタ会議場（ギリシャ）
目 的：国際会議 ECCOMAS への参加
期 間：平成 28 年 6 月 5 日-平成 28 年 6 月 9 日

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム
研究者派遣元支援プログラム

出張先：ソウル会議場（韓国）
目的：国際会議 WCCM への参加
期間：平成 28 年 7 月 24 日-平成 28 年 7 月 30 日

出張先：モントリオール会議場（カナダ）
目的：国際会議 ICTAM への参加
期間：平成 28 年 8 月 21 日-平成 28 年 8 月 28 日

[成果]

[申請者]

○支援により研究室等の負担軽減につながった点など

本支援により研究員を 1 名雇用した。その結果、派遣研究者の担当分の一部を負担することで、研究室全体の負担軽減に繋がった。

[派遣研究者] ※研究者派遣プログラムに採択されている場合は、同じ報告内容を転記すること。

○プロジェクトの成果及び今後の展開

・研究概要

本研究では、マルチスケール解析法と最適設計法を連携させたマルチスケール最適設計法の開発を目的として、主にマルチスケール解析に主眼をおいた。その中でも、近年注目を集めつつある高次均質化法の数学基礎理論の構築を行ってきた。均質化法は、非均質材料を均質材料とみなした場合の材料特性の評価方法であり、現在までに多くの研究成果が報告されている。一般的に、多孔体の孔径等の微視的な材料形状は十分に小さいと仮定して均質化された材料特性を得るが、実際に工学応用される材料の微視的な材料形状は有限の大きさを持つ。材料の微視形状が十分に小さい静弾性問題等においては十分な近似精度を持つものの、音波、弾性波、電磁波等の波動伝搬問題においては、長い時間もしくは長い伝播距離を伴う問題の場合、均質化された材料定数に基づいた波動方程式の解と大きく異なる応答を持つことが報告されていることを確認した。具体的には、材料の非均質性を含めた厳密な波動方程式の解と均質化された材料定数を用いた波動方程式の解が大きく異なるため、通常の均質化法では現象を正しく表現できない問題を持つことが示されている。これを回避するために、均質化波動方程式に高次オーダーの項を加えた高次均質化波動方程式が提案されている。高次の項は、媒質の非均質性に起因する波形の乱れを表現しており、波動分散特性(wave dispersion)と呼ばれている。しかしながら、高次均質化法の研究の歴史は比較的浅く、その特徴や導出方法が確立されつつある段階である。具体的には、Santosa と Symes は、最初に波動分散特性に関する議論をした論文を 1991 年に発表した。その後、Lamacz によって、波動分散特性について数学的に厳密に証明されたのが 2011 年である。この他にも、数学者、応用数学者を中心として研究されつつあるが、いずれも基礎的な研究であり、その特徴や工学的観点からの研究については未踏の領域であった。そこで、本研究では、均質化された材料定数、ミクロ構造の材料の混合比等が一定の条件下で波動分散特性の上限値の推定法の構築を行った。すなわち、均質化波動方程式の観点からは同等の条件下で波動分散に関する材料定数がとりうる範囲の推定法を最適化法に基づいて開発した。

・国際共同研究の立上げ・ネットワークの構築

今回の派遣先であるエコール・ポリテクニクのアレール教授と引き続き共同研究をすることとなった。共同研究を通して国際共同研究ネットワークを拡大していく予定である。また、期間中にいくつかの国際会議に参加し、多くの研究者と議論を行った。今後、国際共同研究へと発展させたい。

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム
研究者派遣元支援プログラム

・国際共著論文の投稿・発表等の状況、国際学会等での発表状況【予定を含む】

Allaire G, Yamada T, "Optimization of dispersive coefficients in the homogenization of the wave equation in periodic structures", HAL, No.hal-01341082. (under review, *Numerische Mathematik*)

Yamada, T., Allaire, G., Izui, K., Nishiwaki, S., Optimum design of periodic microstructures for minimal dispersive effects in wave propagation, 11th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimisation (WCSMO-11), 7-12 June, 2015, Sydney, Australia, No.1058.

Yamada, T., Allaire, G., Design of periodic microstructures considering dispersive effect in wave propagation, 15th GMM-Seminar on Microstructures, 22-23, January 2016, Paris, France, p.41.

Yamada, T., Allaire, G., Estimation of upper bound of the dispersive effect in the homogenized wave equation utilizing shape optimization method, 12th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XII), July 24-29, 2016, Seoul, Korea, No.151152. (Keynote)

Yamada, T., Allaire, G., Estimates of upper and lower bounds of dispersive effect in the homogenized wave equation, 24th International Congress of Theoretical and Applied Mechanics (ICTAM2016), August 21-26, 2016, Montreal, Canada, No. PO.MS06-1.13.51.

・在外研究経験によって習得した能力等

※ 渡航先機関で得た研究の展開方法、研究室の運営方法、教育方針・人材育成方法等

研究滞在を通して、応用数学などの基礎学問に重点をおいた研究展開方法について学んだ。これまでの研究方法とは大きく異なり、新しいアプローチを学ぶことができた。今後は、これまでの経験を通して、新しく学んだアプローチのメリットを生かした独自のアプローチを構築し、展開していきたい所存である。中でも重要だと感じた点は、可能な限り毎日ディスカッションの時間を設ける点である。現在何を考え、どのような問題に直面しているのかを忌憚なく、対等な立場で議論する点が非常に重要であるように感じた。また、お互いを尊重し合っているからこそ、お互いの仕事の内容についてきっちり確認をする点が刺激的に感じた。例えば、ある作業を分担する場合に、相手の作業内容が適切かつ妥当に行われているかどうかを、議論を通してきっちり確認し合うことである。これにより、お互いの理解が深まるだけでなく、最終的な共同研究成果に対して、真の意味で責任を持って発表ができるようになると思う。

・在外研究経験を活かした今後の展開

在外研究を通して、応用数学を中心とした基礎理論を学んだ。今後、これらの経験を踏まえて、正しい論理の構築と物事の本質を見極めることに重点を置き、革新的な研究成果につなげていきたいと考える。