（様式７：電子媒体）
（若手研究者海外挑戦プログラム）

令和元年８月１日

若手研究者海外挑戦プログラム報告書

独立行政法人日本学術振興会 理事長　殿

受付番号　201980092
氏　　名　芳田泰基
（氏名は必ず自署すること）

若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。
なお、下記記載の内容については相違ありません。

記

1. 派遣先：都市名　チューリッヒ　（国名　スイス　）

2. 研究課題名（和文）　：超音波流速計測を応用したインテリジェントレオメトリ開発研究

3. 派遣期間：　2019年　4月　3日　～　2019年　7月31日　（120日間）

4. 受入機関名・部局名：スイス連邦工科大学チューリッヒ校（ETHZ）

5. 派遣先で従事した研究内容と研究状況（1/2ページ程度を目安に記入すること）

運動方程式に基づいた新たなレオメトリの開発研究に4か月従事した．レオメトリとは，ソフトマター等のレオロジー的物性を評価するための手法論で，専用の計測機器をレオメータという．その計測システムは，半世紀以前にすでに確立しているといっていい．現在，基礎研究において主に用いられているのはトルク式レオメータである．それは円盤間や円筒間に試験流体を満たし，高度に制御された定常歪み速度や振動回転を加えることにより，レオロジー物性を回転部に働く軸トルクの変化として計測する．この手法で物性を正しく評価するためには，“強い”仮定が満たされる必要がある．しかし多種多様な流体にあってはその条件が満たされない場合も多く，壁面でのすべりや分散混相体の影響，内部構造が与える物性の局所非均一性，歪み速度が流体層内部で不連続に変化するシェアバンディングなどはトルク式レオメータの計測結果に大きなバイアス誤差を与える．これらの問題が黙認されるのには理由がある．レオメータはユーザー（基礎研究者）が“使う”デバイスで，多くの場合，上記制約等がユーザーに理解されていないからである．我々の研究グループで提案する新たなレオメトリ（USR；回転式超音波レオメトリ）は，運動方程式が記述する局所的な動力学的バランスに，計測した速度分布情報を加えることで局所レオロジー物性を推定するので，トルク式レオメータにおいて議論される問題による影響を受けない．市販レオメータが完成した半世紀以前には，本理論の中核をなす流速計測は当然存在していない．本研究派遣では，先行研究［Yoshida et al., J. Rheol., 2019］において指摘されている「トルク式レオメータとUSRのレオロジー評価比較の際に生じる“差”」を引き起こす要因を明らかにした．

6. 研究成果発表等の見通し及び今後の研究計画の方向性（1/2 ページ程度を目安に記入すること）

本派遣における研究活動で，運動方程式に基づいたレオメトリ（USR）に対し重要な妥当性が得られた．結論としては，運動方程式を理論のベースとしていない従来のレオメータでは，チキソトロピー性流体の計測に対し，物理的に意味のある計測結果が得られない．この問題が生じる要因として考えられるのは以下の通りである．（1）従来のレオメータの基礎理論は“慣性項”を考慮していない．（2）試験流体が時間とともに構造回復し，壁面スリップや，シェアバンド，弾性不安定性等を引き起こす．白眉としては，たとえ長時間計測を継続的に行い，平衡状態を評価しても，これらの影響を完全に取り除くことができないということである．この平衡状態のレオロジー評価は，チキソトロピー性流体のレオロジー評価における“標準”にされている方法である．また，近年盛んに取り組まれているシェアバンド等の直接計測によるせん断速度の補正計算を施したとしても，弾性不安定性の影響が無視できず，従来のレオメータにおける計測確度が保証されることはない．

上記の従来のレオメータにおける弱点に対し，USR を相補的に応用することで，非ニュートン流体力学における未解決問題の解明に取り組むことを考えている．受入研究者である，Windhab 教授，Fischer 教授にいくつか課題を提案し，その解明方法を模索中である．課題解明は，実質的に“使える手法”として，USR を昇華させるために必要不可欠な段階である．今回の研究派遣で得られた知見は，受入研究先サブグループの Fischer 教授と共著論文として発表する．現在，国際誌へ 3 報の論文を発表する計画であり，日本学術振興会特別研究員として遂行中の研究課題（二次元超音波流速計測を用いたインテリジェントレオメトリの開発）へのフィードバックを計画している．ここでは，USR を理論基盤とした産業向けレオメトリの開発，転化，並びに応用を目指し，すでに特許出願を完了している．

7. 本プログラムに採用されたことで得られたこと（1/2 ページ程度を目安に記入すること）

海外の研究者との議論における自身の経験は，研究内容の説明と相手からの質問に対して適切な回答を行うのみに留まっていたように思う．これら国際会議等でも得られるような経験は，実質的な研究活動ではなく，むしろ自己紹介に近い．今回の海外研究派遣を通し，下記 (i)–(v) の貴重な経験を得た．(i) 研究プロジェクトの提案，(ii) 実験データに対する議論，(iii) 改善策の立案，(iv) 海外研究者との共著論文執筆，(v) 論文の推敲に対する議論．これら一連の経験は，国際会議等への参加では得ることは決してできない．“物理的な考察など，論理的思考は世界共通である”とはいえども，それを英語で伝えることができなければ，何も考えていないのと同じなのではないかと，強く思うようになった．

本プログラムの援助で私が赴いた ETHZ は，世界の工学を牽引する研究機関である．受入研究者の Windhab 教授の研究室は，20 名強の博士課程学生を抱える．個々が 2 人程度の修士・学部学生の研究指導にあたり，自身のプロジェクトを“運営”している．友人によると，そのほとんどが企業との共同開発プロジェクトのようであった．研究に対する責任感の違いを思い知らされた．同世代の博士学生が，一人前の研究者として研究に従事している姿は，焦燥とともに，憧れを抱かせてくれた．そのような憧れを抱かせる責任感は，彼らの“社会的立場”から湧出していると私は思う．彼らは，博士課程の学生でありながら，給与を得て研究活動を行っている．昨今よく取り沙汰されている通り，日本と海外の博士課程学生の社会的立場には明確な認識の違いがあった．この違いを生じさせている要因はわかりかねるが，十数年後における日本の研究が霞んで見えるようであった．一人の日本の研究者としてこれから如何に振る舞うべきか，それを熟考する貴重な時間と場所，機会を，本プログラムによって私は得た．