

自然界や実社会に現れる自由境界に対する 多角的アプローチによる数学解析



白川 健 Shirakawa Ken

教育学部准教授

専門分野：数学・非線形解析学

1998年 千葉大学大学院教育学研究科修士課程修了

2001年 千葉大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了

2001年 パヴィア大学客員研究員（イタリア）

2002年 東京電機大学情報環境学部助手

2005年 神戸大学工学部講師（2008年より准教授）

2010年 千葉大学教育学部准教授（現在に至る）

資格等：博士（理学）、修士（教育学）、小学校教諭専修免許、中学校・高等学校教諭専修免許（数学）

— どのような研究内容か？

石鹸膜（シャボン玉）のように、ある力学的法則に支配されながら形態が変化する領域の境界（輪郭）を総じて自由境界といいます。石鹸膜以外でも、自然界や実社会には「合金内部の結晶粒界」、「経済の好況・不況の境目」、「ぼやけた画像データの輪郭線」など多種多様な自由境界の事例があり、これらの「形態変化を予測する問題」や「望ましい形状になるように挙動を制御する問題」は、科学・工学・経済など幅広い分野における大きな関心事となっています。こうした背景を踏まえ、本研究では自由境界の形態変化を偏微分方程式で表した数学モデルに焦点を当て、数学モデルの解が表す自由境界の予測・制御に対する理論的考察を中心とした研究活動に取り組んでいます。

— 何の役に立つ研究なのか？

本研究における代表的な取り組みの例としては、「時間無限大における自由境界の形態予測」および「自由境界の最適制御」に関する研究が挙げられます。特に鉄鋼等の合金内部の結晶粒界には、良質な製品特有の「理想的な構造」が存在するといわれます。しかし理想的な構造を造り出す具体的方法については未解明な部分が多いため、「理想に近い構造」と「低コストでの製造」とを両立させる「最適制御」を求める問題は、本研究において数学理論が活躍できる絶好の機会として大いに魅力的です。現在取り組み中の課題は結晶粒界運動に対する温度制御問題ですが、将来的には圧力や結晶固有の異方性をも加味することで、より実際の製品製造工程に近い設定での数学モデルに基づく有用性の高い最適制御の算出も可能になるのではないかと考えています。

— 今後の計画は？

今後の大きな目標は、最小限の数式で最大限の効力を得られるような数学理論を提案することです。この目標の下で、現在の私は「仮似変分不等式」という抽象数学の概念に注目しており、いずれは一つの仮似変分不等式で書かれた数学モデルだけで、先述の「結晶粒界運動」を含めた多数の問題への取り組みを可能とする独自の数学理論を創り出すことを夢見ています。

— 関連ウェブサイトへのリンク URL

Researchmap:

▶ <https://researchmap.jp/read0094192>

— 成果を客観的に示す論文や新聞等での掲載の紹介

直近の主な研究成果は以下の論文に掲載されています。

- [1] Journal of Differential Equations, 269 (2020), 10587-10629. (doi: 10.1016/j.jde.2020.07.015)
- [2] Mathematical Methods in the Applied Sciences (online first) (2020) (doi: 10.1002/mma.6684)
- [3] Mathematical Control and Related Fields (online first) (2020) (doi: 10.3934/mcrf.2020036)
- [4] Numerical Functional Analysis and Optimization, 41 (2020), no. 12, 1421-1471. (doi: 10.1080/01630563.2020.1774892)
- [5] Advances in Mathematical Sciences and Applications, 29 (2020), no.2, 583-637.

— この研究の「強み」は？

本研究に限らず、数学という研究分野の強みは、抽象理論を駆使して多種多様な問題の扱いを可能とする汎用性の高い解析法が提案できる点です。加えて、私自身は以前より自由境界の図形的特性に興味があり、例えばFig. 1に示されているような、定常状態の具体的な構造解析をテーマとする研究を手掛けた経験もあります。これらを勘案すると、仮似変分不等式を用いる「抽象的観点からアプローチする解析手法」と、自由境界に対して「具体的観点からアプローチする解析手法」の双方を併せ持つ点は、私個人が独自に有する研究上の強みといえます。

— 研究への意気込みは？

今後は抽象性と具体性を兼備する本研究の強みを最大限に活かせるよう、研究活動の規模を拡大したいと考えています。また学生指導にも研究と同等の熱意を持って取り組み、自分が思い描く多角的な研究活動を実現可能とする、組織力のある研究室を構えてみたいと思っています。

— 学生や若手研究者へのメッセージ

私の恩師が残してくれた言葉に「εずつ進め」という独特の格言があります。数学解析の分野ではε（イブシロン）は微小な正の数を表す際に用いられるギリシャ文字で、先の格言は「微小な進歩を恥じる必要はなく、εずつでも確実に前進を続けることこそが大事である」という程の意味です。言葉の受け止め方は人それぞれ自由であるべきですが、もしもこの格言から学生や若手研究者の方々が研究活動の本質について何かを感じ取ってくださることがあれば、学究に身を奉げる者として大変うれしく思います。

— その他

この研究成果をもとに、文部科学省支援プロジェクトや千葉市未来の科学者育成プログラムなどで中・高校生に向け、数学の面白さを実感できる講座を開講しています。

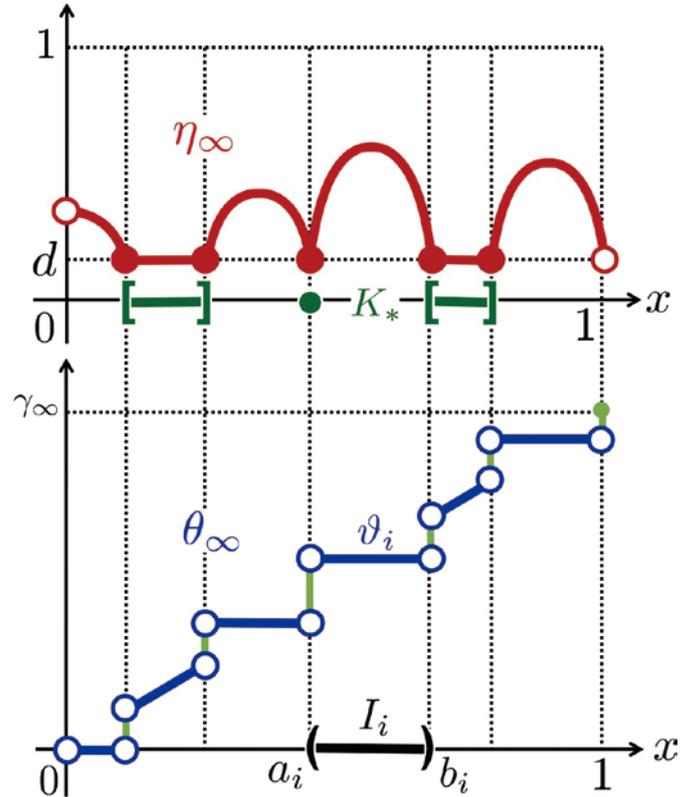


Fig. 1: Profile of 1D steady-state

Fig. 1：結晶粒界運動の数学モデルの1次元定常解の構造