

IV 学生レポート 等

2. 共創力強化インターンシップ報告

程 宇中

Estimation of the number of hidden states in switching SDE model

程 宇中

博士後期課程3年

受入機関名：University Paris Saclay, UMI SOURCE

研修期間：令和5年9月12日～令和5年11月22日

1. 受入機関について

During my internship, I had the opportunity to be part of the vibrant academic environment of the University Paris-Saclay, specifically on the Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines campus (UVSQ). Founded in the early 2000s near Paris, the University Paris-Saclay amalgamates several esteemed schools and research institutions, gaining global recognition for its excellence in science and technology. Situated primarily around the Saclay plateau in the southern suburbs of Paris, the university's diverse components, including leading grandes écoles and research hubs, collaborate to foster interdisciplinary studies and innovation.



Figure 1 Logo of UVSQ Campus, University Paris-Saclay

Within this expansive academic landscape, the UMI SOURCE laboratory became my workplace. Affiliated with the University Paris-Saclay, this specialized lab focuses on economic, environmental research, and policy domains, aiming to shape sustainable policies and practices. Here, researchers passionately explore economic sustainability, environmental conservation strategies, and policy development.

My experience at UMI SOURCE was enriching. Under the mentorship of Professor Stéphane Goutte, I was warmly embraced by the team, despite the language barrier, as I couldn't speak French fluently. Their patience and openness ensured I felt welcomed and integrated. I was fortunate to have a designated space in the PhD students' room, surrounded by a diverse cohort of scholars from around the globe. Collaborating with these individuals, each bringing unique cultural and educational perspectives, enriched my learning journey, offering a dynamic and efficient environment for my studies.

During my internship, I worked closely with Professor Stéphane Goutte on a project about estimating hidden states in a switching SDE model. Professor Goutte is well-known for his expertise in financial econometrics, which made his guidance helpful. At the start, we talked about our goals, the methods we'd use, and the challenges of our project. I looked forward to learning more about the techniques involved and improving my skills in this area. With Professor Goutte's help, our teamwork went well, and we made good progress on our research project together.

2. 業務内容と成果



IV 学生レポート 等

During the internship, I focused on the topic “Estimation of the number of hidden states in switching SDE model”. This work aims to consider the estimation problem of the number of states of hidden Markov chain in a stochastic differential equation model with Markovian switching (SDE-MS).

Stochastic differential equations with Markov switching represent a class of hybrid systems that integrate continuous dynamics with discrete events. These models find extensive application in diverse domains, including finance, engineering, and ecology, as they effectively capture the complexity of real-world systems. Within such

models, the system's dynamics are governed by a stochastic differential equation, while the transitions between different modes are controlled by a Markov chain. Figure 2 and Figure 3 present two distinct examples of the path taken by a switching SDE model. In Figure 2, we observe a sample path characterized by three distinct states. Notably, in this scenario, the behavior of the SDE is influenced solely by the drift parameter associated with each state. Conversely, Figure 3 depicts a contrasting situation where the path's characteristics are determined by the diffusion parameter linked to the hidden states, showcasing a different dynamic within the model.

The estimation problem of determining the number of hidden states has been a subject of considerable interest among researchers. The problem begins from study of parameter estimation in Hidden Markov model (HMM) research where the number of states was often assumed to be known. However, this assumption is often unrealistic in practice, and researchers began to develop methods for estimating the number of states from the data.

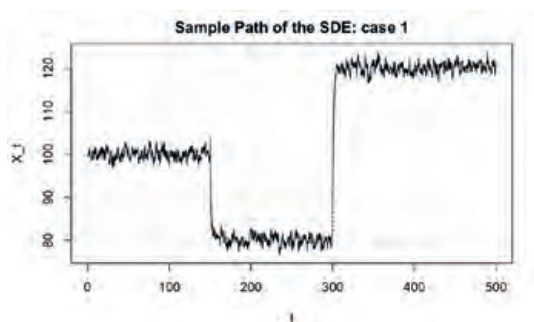


Figure 2: Sample path of switching SDE when drift depends on states

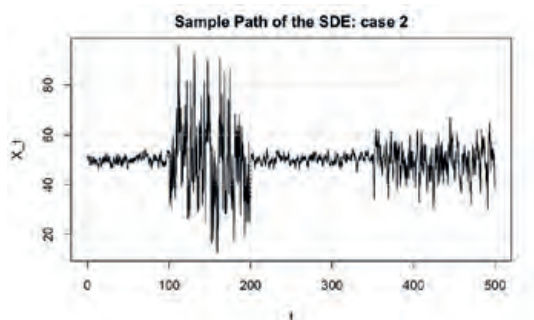


Figure 3: Sample path of switching SDE when diffusion depends on states

The problem of estimating the number of states is commonly referred to as the problem of model selection. At its core, this problem involves determining the smallest model that is capable of capturing the underlying distribution responsible for generating the observed data. By selecting the appropriate model, researchers aim to strike a balance between model complexity and the ability to accurately represent the data distribution.

Based on previous research findings, the main challenge lies in establishing the consistency of the constructed estimators. This study addresses a central problem by providing both theoretical results and conducting numerical experiments to estimate the number of hidden states in the SDE-MS model. Following the methodologies outlined by Chambaz (2005) and Rios (2008), our focus is on demonstrating the overestimate property of the SDE-MS model. This property implies that the constructed estimator will, asymptotically, be greater than the true number of hidden states. To address the underestimated property, we plan to explore a method involving mixture inequalities. Our approach includes an in-depth investigation of the model's numerical behavior through simulations and accuracy testing using real data. At this point in the internship, I have conducted numerical experiments on switching the SDE model, highlighting the forgetting property of the hidden Markov chain—an essential tool for probing the overestimate property. Our current focus is on proving the overestimate property.

3. 感想や反省点

When I first began my internship, I was filled with a mix of nervousness and excitement. The initial days were crucial as they set the tone for my entire experience. Thankfully, the faculty and fellow interns were incredibly welcoming, which helped ease any initial apprehensions I had. I went into this opportunity hoping to gain practical experience, improve specific skills, and understand what it's like to work in a professional setting. The environment at the faculty was friendly and focused on teamwork. People were always ready to help, answer questions, and share knowledge. This created a positive culture where everyone felt valued and encouraged to contribute. As I spent more time there, I found myself becoming more involved in various tasks and projects. The supportive environment played a significant role in shaping my internship, making it a rewarding experience that exceeded my initial expectations.

4. その他（任意記述）

（以上）

吉瀬 流星

有限空間の位相的複雑さの研究

吉瀬 流星

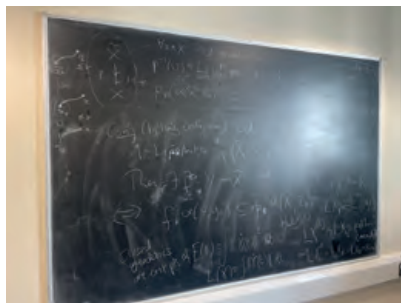
博士後期課程3年・3MI21003M

受入機関名：アバディーン大学(イギリス)

研修期間：令和5年7月28日～令和5年9月28日

1. 受入機関について

イギリスのアバディーン大学にて、Mark Grant 先生の下、研究インターンシップを行なった。事前に用意していた問いを解決することを目指し、Grant 先生から様々な視点をもらいながら、研究を行なった。午前は大学構内の部屋でひとり勉強・研究し、午後は先生の研究室で、2～3時間ミーティングを行なった。結果として、目標としていた問いの解決には至らなかったが、いくつかの事実を得ることができた。



2. 研究内容と成果

位相的複雑さとは、ロボットの経路設計アルゴリズムの観点から導入されたホモトピー不変量である。実際にアルゴリズムを計算して与えるという観点では、離散的なモデルを考えるのが自然であり、単体複体、有限空間、デジタルトポロジーなどについて位相的複雑さが考えられている。一方、その成り立つ性質や実際に計算されている例というのは、まだまだ多くはない。そこで、ふつうの空間の位相的複雑さの研究に用いられている手法をアイデアとして、有限空間の位相的複雑さに関する考察を行なった。

【成果】

1. Hopf 空間の有限モデル

位相群でない Hopf 空間の位相的複雑さは、LS カテゴリーと等しくなることが知られている。これを有限空間の場合にも考えようとするが、「ホモトピー単位元を持つ連結な有限空間は自明(可縮)である」ということが知られている。そこで、積写像のドメイ

ンに細分を与えることで、有限空間に対して (k, l) -Hopf 空間というものを定義し、以下の事実を得ることができた。

- (1) $|X|$ が Hopf 空間のとき、有限空間 X はある $0 \leq k \leq l$ に対して、 (k, l) -Hopf 空間となる。
- (2) $(0, k)$ -Hopf 空間は可縮であり、 (k, k) -Hopf 空間は弱可縮である。
- (3) X が (k, l) -Hopf 空間のとき、 $CC^l(X) \leq \text{cat}(X^{(k)}) \leq \text{cat}(X)$ 。

3 つ目の不等式は、位相的複雑さを評価するものではないが、その類似物と LS カテゴリーを関係づけたものになっている。

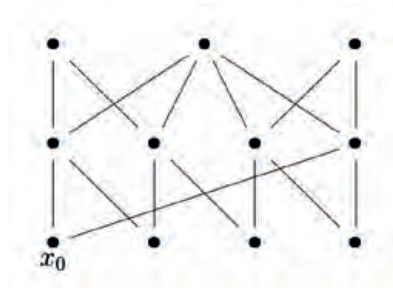
また具体例として、 $\mathbb{C}$ 上の単位円 S^1 の有限モデルとなる $(S^1$ と弱ホモトピー同値である) 有限空間に、 $(1, 2)$ -Hopf 空間の構造が入ることを Python を使って確認した。さらに、Python を使わずに証明を考えた。この例は、K.A.Hardie らによって考えられていた有限モデルに、さらに結合則を満たすような構造を併せ持ったものとなっている。

2. 有限空間上の 1 次元カテゴリー数と基本群

LS カテゴリー数の変種として、1 次元カテゴリー数がある。これは空間上のループを考えることで定義されるが、有限空間の場合には、 S^1 ではなく Khalimsky の円からの写像を考える方が自然である。この 1 次元カテゴリー数の計算に向けて、基点付き有限空間 X に対し、モノイド $M(X, x_0)$ を定義した。まず初めに $M(X, x_0)$ について、次の重要な事実が分かった。

$M(X, x_0)$ を群化して得られる普遍群は、 $\pi_1(|X|) \times \mathbb{Z}$ と同型である。

次に $M(X, x_0)$ の具体的な計算について、極大元と極小元からなるループ全体に入るある関係から計算できることが分かり、いくつかの例について計算を行なった。系として、有限空間 X に対し、Height が 2 以下となる有限空間 X_2 が存在して、 $\pi_1(X) \cong \pi_1(X_2)$ となることが分かった。



$$M(X, x_0) \cong \langle c, a, \bar{a} \mid a\bar{a} = \bar{a}a = c^4, ac = \bar{a}c = ca = c\bar{a} = c^3 \rangle$$

IV 学生レポート 等

3

3. その他

屏風の上の linkage の配置空間, 計量を持ったループのホモトピー, ポセット上の前層係数コホモロジー, などについても, 考察を行なった.

隈部 哲

超幾何関数の整数論

隈部 哲

博士後期課程2年

受入機関名: University of Virginia

研修期間: 令和5年10月9日～令和5年12月15日

1. 受入機関について

University of Virginia を訪問し、同大学の Ken Ono 氏にホストしていただいた。Ono 氏は保型形式を中心に整数論の幅広い分野に通じている専門家であり、筆者が取り組んでいる超幾何関数の整数論的な問題についても数多くの先駆的な仕事があることから受け入れをお願いした。また、Ono 氏の指導学生である Hasan Saad 氏は調和マース形式といった非正則保型形式を中心に研究を行っており、筆者の研究と共通点も見られたためお互いの研究について議論や共同研究を試みるに至った。

2. 業務内容と成果

主に Hasan Saad 氏との共同研究に取り組んだ。超幾何関数の(一般化された)オイラー変換公式の有限体における類似から自然に現れる行列に対し、その特性多項式がヤコビ和で表示できること、ベキ乗が超幾何関数の有限体における類似で表示できることを明らかにした。これは Ono 氏によって超幾何関数のパラメータが2次指標をもつ場合の公式に対して数値計算による予想がなされ、および Griffin-Rolen らによってやはり2次指標の場合に証明がなされていた。我々の結果は彼らの設定をより自然な設定に修正し、さらに任意の指標をもつ超幾何関数の場合に一般化したことになる。証明については実質的に有限体の指標

IV 学生レポート 等

の性質と線形代数の議論のみに依っており基本的である。これらの結果は論文にまとめず
でに雑誌に投稿した。今後は別の超幾何関数の公式から出発して類似の問題を考えること
や、この問題の1進層や1進コホモロジーを用いた解釈(つまり超幾何関数のオイラーの変
換公式に現れる超幾何関数に対応する1進コホモロジーやそこから得られるガロア表現の
分解の記述、それと我々が考察した行列との関係)を与えることが今後の展開として一つ考
えられる。

3. 感想や反省点

今回の出張は一人で海外線の飛行機に乗るなど初めての経験が多く最初は精神的にも肉
体的にもタフな時間を過ごしました。共同研究も私の英語の拙さから最初は意思疎通の面
で苦労しましたが、時間が経過するにつれてスムーズにやり取りできるようになっていきま
した。英語については2か月と半分くらいの滞在で多少よく聞こえるようになった気がし
ました。スピーキングについては滞在当初に比べると言葉が出てくるようになった実感は
ありますが、現地で不自由なく生活するレベルに達するには引き続き訓練が必要だと思
いました。数学についてはOno氏を中心とにかく議論を行うというスタイルで研究を各々
が進めており、とても刺激の多い時間を過ごしました。

(以上)

吉田 航

時系列データの異常検知技術の研究

吉田 航

博士後期課程2年

受入機関名：京セラ株式会社

研修期間：令和5年8月3日～令和5年9月29日

1. 受入機関について

今回のインターンシップでは、京セラ株式会社の、研究開発本部 先進技術研究所 第2基盤技術ラボ AI研究課に受け入れて頂いた。この部署では、様々なソフトウェア、システムなどに関連する、AI技術の研究が行われていた。

本インターンは、C-ENGINE 経由で参加に至った。インターン採用までは、エントリーシートの提出→企業との30分程度の面談(自己紹介、研究紹介のプレゼンが15分)という流れだった。実施場所は、横浜にある、みなとみらいリサーチセンターであり、旅費や宿泊費(ホテル泊)は京セラから全額負担していただいた。また、勤務日には食費の補助があった。インターン中の勤務時間は、9:30~17:30であり、土日祝は休日だった。8月と9月の末には、それぞれ時間を作っていただき、業務内容についての中間報告、終了報告のプレゼンを行った(発表30分、質問30分程度)。

2. 業務内容と成果

多変量時系列データの異常検知についての研究を行なった。具体的には、複数のセンサーからデータを得られている状況を想定しており、いずれかのセンサーに異常が発生した場合に、それを検知、特定することを目的としている。センサー間には、相互作用が考えられる

IV 学生レポート 等

ため、多変量時系列のグラフ構造をモデリングする異常検知手法である、Graph Deviation Network(GDN)という手法を取り扱った。

成果として、GDN のグラフ構造の推定部分において、Graphical lasso および、Sparse Graph Attention Networks を組み込んだ拡張手法を作成した。これらの拡張手法は、実際に python 上で実装し、異常検知精度、予測精度、要因推定精度の評価を行った。異常検知精度は、異常が起きているか否かを、どの程度判別できるかを表している。一方、要因推定精度とは、異常が発生した際に、具体的にどのセンサーが異常であるか、どの程度特定できるかを表すものである。これまで要因推定については、人力で行われていたが、アルゴリズム化することによって、精度の定量化を行った。その際の、推定アルゴリズムは、各センサーの異常スコア以外にも、グラフ構造を用いるなど、複数のパターンを実装した。

3. 感想や反省点

今回のインターンでは、実際に京セラが行なっている異常検知技術についての研究に取り組むことができ、GDN などの機械学習手法について、学ぶことができた。加えて、普段使わない、機械学習に関連したプログラミング技術も、実践を通じて勉強することができた。また、自分の専門である統計分野の手法についても、社員さんとの話し合いを通じて、新たな学びがあり、今後の研究に活かせるようなインターンだったと感じている。

反省点としては、インターンの事前準備が不足していた点である。主な事前準備として、競技プログラミングを通じて、python について勉強していた。そのため、基本的なコードの作成に関しては問題なかったが、機械学習に特化したモジュールや VScode の使い方など、競技プログラミングでは全く扱わない部分があり、実際の業務でも、基本的なところで躓くことがあった。これらについて、別途、簡単な機械学習の実行などを事前に行ない、流れを掴んでおくべきだったと感じた。

4. その他（任意記述）

(以上)

楊 曼

確率均質化理論の研究

楊 曼

博士後期課程2年

受入機関名：ドレスデン工科大学

研修期間：令和5年9月20日～令和5年12月17日

1. 受入機関について

受入機関はドレスデン工科大学です。ドレスデン工科大学は、ドイツザクセン自由州の州都ドレスデンにある同州最大の大学であり、ドイツおよびヨーロッパで最も古い工科大学のひとつです。ザクセン自由州で最大の大学であり、ドイツおよびヨーロッパで最も古い工科大学のひとつです。

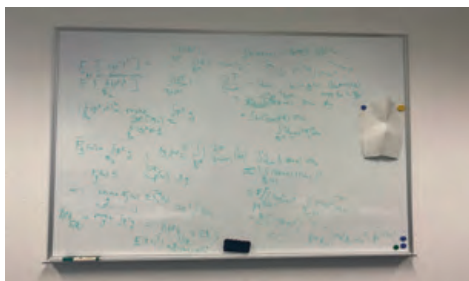


IV 学生レポート 等

2. 業務内容と成果

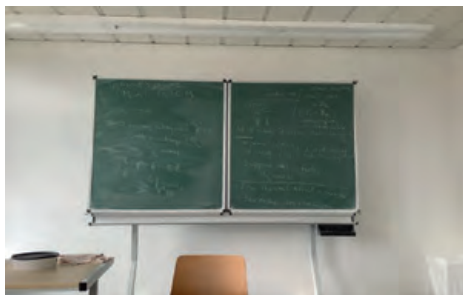
① 研究活動：

このインターンシップでは、Neukamm 先生の下で、一緒に研究する機会を得ました。確率均質理論を特定の偏微分方程式に应用するという課題において、Neukamm 先生のご指導のもと、積極的に取り組みました。



② Neukamm 先生の講義「周期的均質化理論入門」への参加：

また、インターンシップ期間で、週に二回の Neukamm 先生の講義「周期的均質化理論入門」にも積極的に参加しました。この講義は周期的均質化理論の理論的な基盤と応用について包括的な概要を提供しました。この講義を通じて、研究活動において理解を深めることができました。



③ 学生セミナーの参加

研究室の先輩と同期たちとの学生セミナーにも積極的に参加し、研究成果やアイデアのシェアとフィードバックの交換を行いました。これにより、異なる視点からの洞察を得ると同時に、自身の研究を他者に明示し、議論するスキルを向上させました。



④ 研究集会の参加

ドレスデ工科大学で開催した INTERNATIONAL WORKSHOP "VECTOR- AND TENSOR-VALUED SURFACE PDES"に参加し、世界中の研究者たちの講演を聞く貴重な機会を得ました。このワークショップでは、ベクトルおよびテンソル値の表面偏微分方程式に関する最新の研究が紹介されました。研究者たちとの交流を通じて、異なる研究トピックや手法に触れ、自身の研究を国際的な視点で評価する経験を得ました。新しいアイデアやアプローチに触れることで、今後の研究においてさらなる展開が可能であると感じました。

(リンクは、<https://tu-dresden.de/mn/math/wir/forschung/konferenzen/research-unit-workshop-2023> です)。



SPDE seminar は、ベルリン工科大学で開催され、Deuschel 先生のご招待により、私は発表の機会をいただきました。このセミナーでは、確率偏微分方程式 (SPDE) に焦点を当てた最先端の研究が議論されました。特に、私は今研究している確率均質化理論を紹介しました。Deuschel 先生との交流を通じて、先進的な研究トピックについての深い洞察を得るとともに、自身の研究を広く発信する機会を提供されました。国内外の研究者との交流は、異なる研究文化や視点を理解し、研究活動をより豊かなものにしました。

IV 学生レポート 等

(リンクは、<https://sites.google.com/site/researchunitfor2402/> です)。



3. 感想や反省点

このインターンシップを通じて、新しい知識や研究の手法を学び、成果を上げる過程での喜びを実感しました。特に、確率均質理論に関する理解が深まり、これが将来の研究において重要な基盤となることを実感しました。

一方で、研究や授業において未だ理解しきれていない部分もあり、それが今後の課題となりました。特に、数学的な概念や計算手法において深化が必要であると感じています。これらの課題に対処するためには、引き続き積極的な学習と実践が不可欠です。

また、研究室のメンバーとのコミュニケーションにおいて、もっと積極的に意見交換や質問を行うことができれば、より効果的な共同作業ができたかもしれません。

4. その他（任意記述）

研究室メンバー：



(以上)

成重 椋太

DC-DC降圧コンバータの次世代の構造の 調査と設計演習

成重 椋太

博士後期課程2年・3MI22102R

受入機関名：CMSC, Inc.

研修期間：令和5年10月31日～令和5年12月22日

1. 受入機関について

CMSC, Inc.は台湾新竹市に本社を置くファブレスの ASIC 専門ベンダー。IC 設計サービスを行っている企業である。

2. 業務内容と成果

業務内容として主に次の3つの業務を行った。

- DC-DC コンバータの最新の研究の調査と次世代の構造についての考察
 - DC-DC コンバータの基礎的な構造についての設計演習
 - Feng Chia University の学生と CMSC メンバーへの研究紹介
- それぞれの業務の目的は以下の通りである。
- DC-DC コンバータの最新の研究の調査と次世代の構造についての考察：DC-DC コンバータを題材として、IC 設計について学ぶこと。DC-DC コンバータの最新の研究を調べることで、次世代の DC-DC コンバータの構造等について考察すること。
 - DC-DC コンバータの基礎的な構造についての設計演習：実際に簡単な回路を設計することで設計ソフトの使用方法や、設計する際に注意すべきことなどを学ぶ。
 - Feng Chia University の学生と CMSC メンバーへの研究紹介：九州大学で普段行っている研究の背景や目的について IC 設計の専門家や IC 設計を勉強している学生と議論し

IV 学生レポート 等

意見をもらうこと。

その他の業務として、Feng Chia University の学生のポスター発表の審査などを行った。

初めに DC-DC コンバータの最新の研究の調査と次世代の構造についての考察についての成果を記載する。初めに DC-DC 降圧コンバータの動作原理や回路のトポロジーの種類について調べた。入力電圧を降圧できる仕組みやそれぞれのトポロジーの特徴、利点などを理解することができた。回路のトポロジーの中で、マルチフェーズ DC-DC 降圧コンバータに着目して最新の研究の調査と次世代の構造の考察をすることになった。図 1、2 に DC-DC 降圧コンバータの基本回路とマルチフェーズ DC-DC 降圧コンバータ回路を示す[1]。マルチフェーズ DC-DC 降圧コンバータは、それぞれが独自のインダクタとパワー MOSFET のセットを備えた降圧電力段を並列に接続したトポロジーである。シングルフェーズの回路と比較した際の利点は、出力電圧や電流のリップルを低減することができること、負荷変動に対する応答が速くなることなどがある。原理や利点について一通り学んだあと、最新の研究を調査しまとめる作業を行った。その結果、マルチフェーズ DC-DC コンバータの性能向上のための研究として、効率から最適な相数を決定する方法の研究[2, 3]、インダクタやトランジスタといったコンポーネントの改良についての研究[4, 5]、スイッチフォルトのマネジメントについての研究[6]、各相での電流のバランスやコントロールの方法についての研究[7, 8] などがあることが分かった。また、これらの研究について調べる中で、マルチフェーズ DC-DC コンバータの応用先によってコンバータに求められる要件が変わることが分かった。例えば、水素エネルギーシステム用のコンバータであれば、水素の生成が出力電流に依存するため、出力電流リップルを低減することが重要となる。一方で電気自動車への応用では、サイズの小型化や高電力、エネルギーマネジメントの柔軟さなどが重要となる。このようにどの要件をどのように向上させるかを考えることが重要だと考えた。



図 1. 降圧コンバータの基本回路

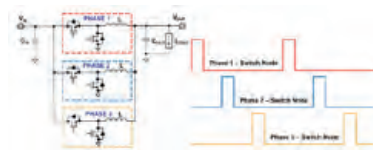


図 2. マルチフェーズ DC-DC 降圧コンバータ[1]

続いて設計演習の成果について報告する。設計ソフトの使用方法や、設計する際に注意すべきことなどを学ぶことを目的に Cadence 社の回路設計ソフトウェア及びシミュレーションソフトウェアを使用して入力電圧 $V_{in} = 5\text{ V}$ を出力電圧 $V_{out} = 1.8\text{ V}$ に降圧する DC-DC コンバータ回路の設計とシミュレーションを行った。初めに図 3 に示す DC-DC 降圧コンバータの回路図を作成した。インダクタンス $L = 100\text{ }\mu\text{H}$ 、キャパシタンス $C = 100\text{ }\mu\text{F}$ 、FET のゲート幅 $w = 1\text{ }\mu\text{m}$ 、ゲート長 $l = 180\text{ nm}$ とした。シミュレーションを行った結果、 $V_{out} = 710\text{ }\mu\text{V}$ が得られ、目標としている 1.8 V を大幅に下回る結果となった。次に回路パラメータを $L = 20\text{ }\mu\text{H}$ 、 $C = 10\text{ }\mu\text{F}$ 、 $w = 430\text{ }\mu\text{m}$ 、 $l = 180\text{ nm}$ としてシミュレーションを行なった。L は式(1)

によって決定した。

$$L = \frac{(V_{in} - V_{out}) \times V_{out}}{V_{out} \times \frac{di}{I_{out}} \times I_{out} \times freq} = 20 \mu H \quad (1)$$

ここで I_{out} は負荷に流れる出力電流、 $freq$ はスイッチング周波数、 di はインダクタリップルである。 w については w を 200–500 μm の範囲で変えながらシミュレーションを行ない、 $V_{out}=1.8V$ となる w を決定した。結果として図3に示す通り 1.8V の出力電圧を得ることに成功した。次に、DC-DC 降圧コンバータ回路の機能向上のため、パルス幅変調(Pulse Width Modulation: PWM)機能の追加を試みた。PWM 機能追加後の回路を図4に示す。二つの電圧源で生成したのこぎり波 Saw と出力電圧 V_{out} を比較して V_{out} の方が小さい場合にハイサイドの MOSFET である M0 をオン、ローサイドの MOSFET である M1 をオフにするようなパルス波 V_{pulse} が出力される。図4に $V_{in}=5V$ の場合のシミュレーション結果を示す。入力電圧 5–7 V の範囲で図4の右側に示すようにパルス幅を制御し $V_{out}=1.8V$ を得ることができた。

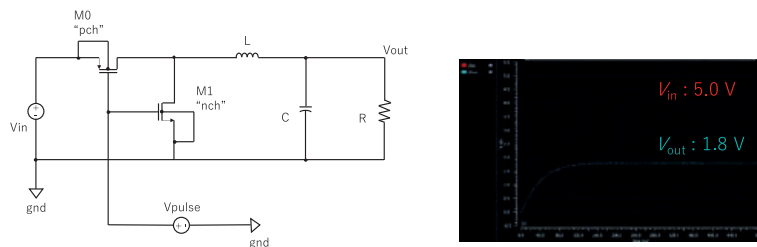


図3. 設計した DC-DC 降圧コンバータの回路図とシミュレーション結果

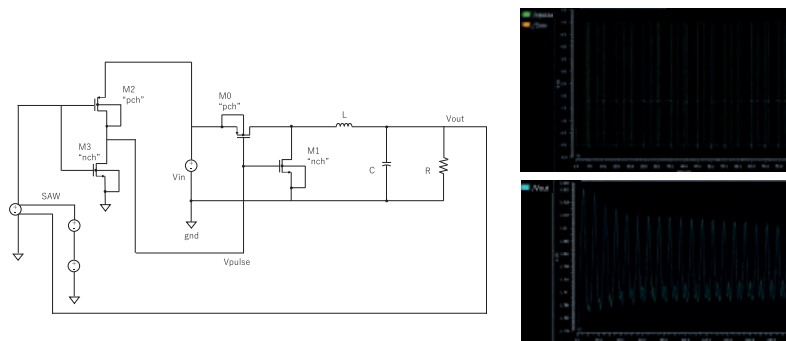


図4. PWM 機能を追加した DC-DC 降圧コンバータの回路図とシミュレーション結果

3. 感想や反省点

博士課程では半導体材料や半導体プロセスの研究をしており、今回のインターンシップは IC 設計という異分野かつ海外でのインターンシップであったため不安もあったが CMSC

IV 学生レポート 等

社の社員の方のサポートもあり無事にやり遂げることができた。結果として、異分野である IC 設計の知識と海外でインターンシップをする経験を同時に得ることができたのはよかった。図 5 に CMSC 社及び Feng Chia University の方と撮影した写真を示す。このように、本インターンシップを通じて CMSC 社の社員の方や Feng Chia University の方々といった台湾の半導体業界とのつながりを作ることができた点もよかった。

反省点としては、インターンシップの業務内容をもっと事前に打ち合わせておくべきだった。今回は CMSC 社にインターンシップとして行くことが決まってから業務を開始するまでの期間が一月程度しかなかったため、事前の打ち合わせを一度しかすることができなかった。その打合せでは九州大学で行っている博士研究についての説明やインターンの日程を打ち合わせる時間しかなかったため、インターシップのテーマは現地に着いてから決めることとなった。インターシップのテーマが DC-DC 降圧コンバータに決まってから基礎的な部分を勉強し始めたため、実際に回路設計の練習を始めるのが遅くなってしまった。事前にテーマについての打ち合わせの時間をいただき、日本でもっと勉強してからインターンシップに臨むことができれば、もっと現実に近い形の複雑な回路設計をすることができたと考える。また現地の方同士のコミュニケーションは中国語で行われるので、中国語の勉強をしておけばより円滑なコミュニケーションができたと思う。



図 5. CMSC 社及び Feng Chia University の方との写真

4. その他（任意記述）

参考文献

- [1] Carmen Parisi, “Multiphase Buck Design From Start to Finish (Part 1)”
- [2] Hinov Nikolay and Tsvetana Grigorova, Applied Sciences 13.19 (2023): 11064.
- [3] S. Waffler and J. W. Kolar, 2009 IEEE 6th International Power Electronics and Motion Control Conference.
- [4] M. Elma, et al., IEEE Access (2023).
- [5] B. Wang, et al., Energy Reports 9 (2023): 252-259.
- [6] M.R.H. Bipu, et al., 2023 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC).
- [7] Z. Wei, Zheng, et al., IEEE Access (2023).
- [8] V. Morais and A. Martins, Journal of Electrical Systems 18.1 (2022): 132-149.

(以上)

河面 瑛太郎

EEGデータの線形混合モデルでの解析

河面 瑛太郎

博士後期課程1年

受入機関名：佐賀大学

研修期間：令和5年11月1日～令和6年1月15日

1. 受入機関について

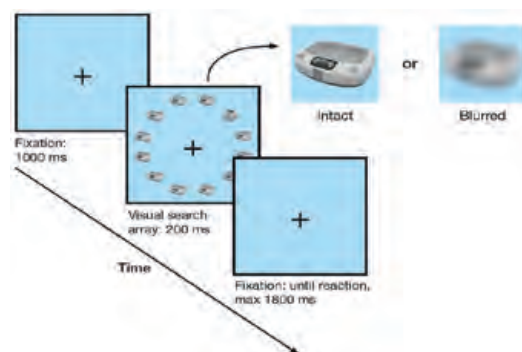
佐賀大学の川口研究室で脳波の解析方法を学んだ。

2. 業務内容と成果

脳波の統計解析に関する論文を読み，その中で川口研のセミナーで発表した．その論文内で行われている解析法を matlab の EEGLAB を用いて行った．

行った実験は円形に 12 個の物体を配置して 11 個がはっきり見えている (Intact) もしくは，ぼやけている (Blurred)．1 つがその逆となるような刺激を与えた．被験者には提示しされた刺激について 1 つの逸脱した物体が右にあるか左にあるかボタンを押してもらった．

解析の目的としては，11 個の物体がはっきりとしているかぼやけているかで反応時間やボタンの正解率に差が出るか調べることである．



IV 学生レポート 等

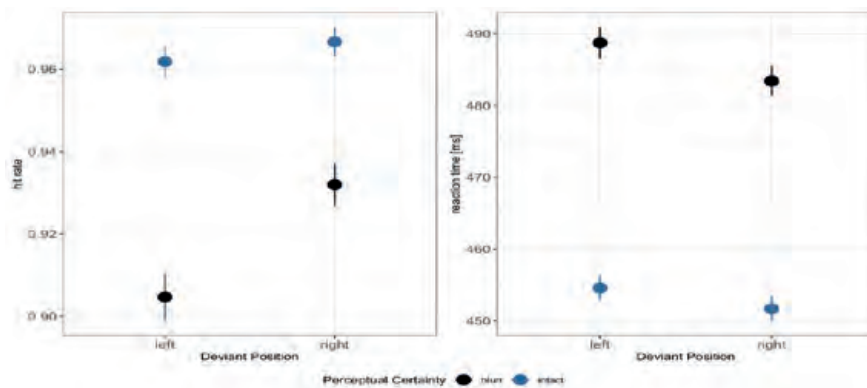
以下が RT(反応時間)と正解率の解析結果であり、上段が混合効果モデルの固定効果、下段が変量効果を表している。

TABLE 2 | Effects of perceptual certainty on performance contingent on deviant position.

Variable	Accuracy					Reaction time				
	<i>b</i>	SE	z-value	p-value		<i>b</i>	SE	t-value	p-value	
Intercept	3.31	0.19	17.45	<0.001	***	469.85	9.93	47.34	<0.001	***
PC (i - b)	0.96	0.14	6.92	<0.001	***	-33.94	5.98	-5.68	<0.001	***
DP (r - l)	0.32	0.11	2.76	0.006	**	-4.72	3.42	-1.38	0.174	
PC: DP	-0.19	0.09	-2.17	0.030	*	3.71	1.65	2.26	0.024	*
Variance components	SD	Goodness of fit				SD	Goodness of fit			
Participants	0.89	Log likelihood	-9963			53.01	Log likelihood	-281084		
PC	0.35	REML deviance	19926			14.30	REML deviance	562168		
DP	0.52			16.61						
Stimulus	0.49			21.20						
PC	0.45			21.89						
DP	0.22			5.10						
Residual				89.57						

PC, Perceptual Certainty (intact - blurred); DP, Deviant Position (right - left). *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$.

次のグラフは逸脱位置(右か左)と知覚の確実性(はっきりかぼやけ)による反応率と反応時間である。青がはっきり、黒がぼやけを表す。エラーバーは95%信頼区間(CI)を示す。左は正解率、右は反応時間。画像がぼやけるほど正解率は低下、RTは長くなった。正解率は右視野で高かった。RTは左視野で長くなった。11個がぼやけている方が、正解率は低くなり、RTが長くなった。



次に CBPT(Cluster Based Permutation test)によりぼやけ刺激とはっきり刺激の固定効果に差があるか検定し、トポグラフィーを作成した。反応が見られた 250~350ms の前頭中枢 (FC1、FC2、C1、Cz、C2) N2 と 400 ~550ms の頭頂中枢 (CP3、CP1、CPz、CP2、CP4、P3、Pz、P4、PO3、POz、PO4) P3b を追加解析した。

まず N2 と呼ばれる、脳波の中で 2 番目に現れる負の成分を混合効果モデルで解析した。解析結果は下右図。Intact(はっきり)が N2 に対して負に作用することがわかる。

下左図は ERP(事象関連電位)の各成分の名称。結果を見るとはっきりした画像が N2 に対して負に作用することがわかる。

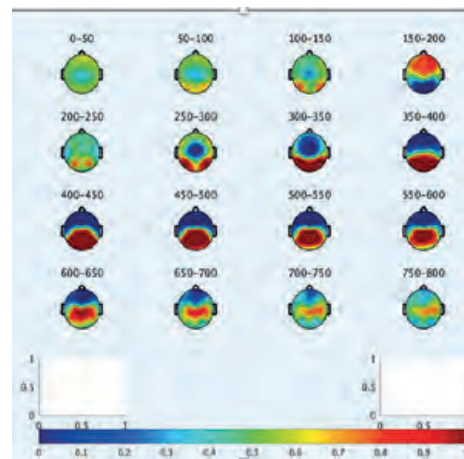
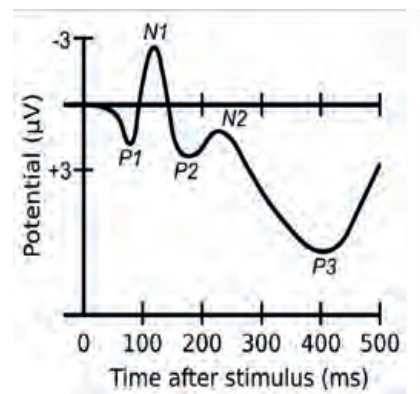


TABLE 3 | Effects of perceptual certainty and deviant position on N2 amplitudes.

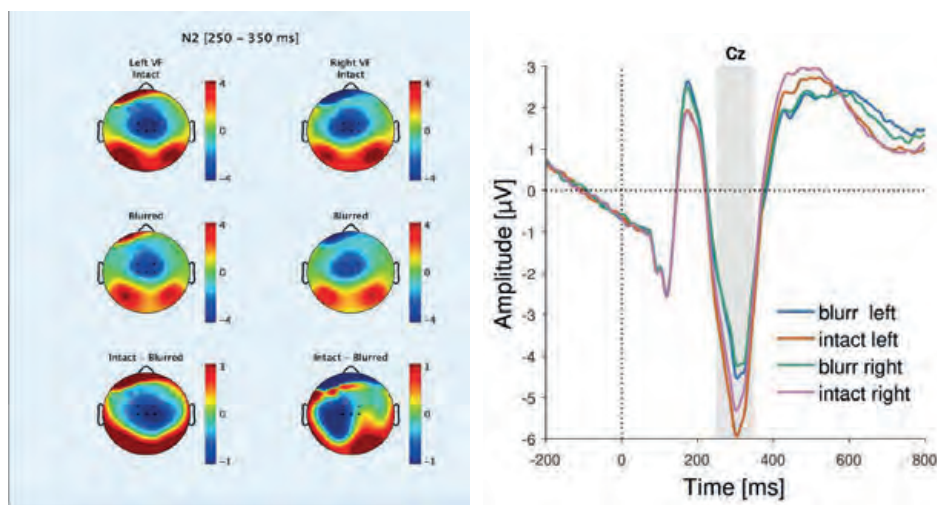
Variable	b	SE	t-value	p-value
Intercept	-3.42	0.32	-10.59	<0.001 ***
PGI - b	-0.57	0.12	-7.57	<0.001 ***
DP r - l	0.31	0.08	3.71	<0.001 ***
PG: DP	0.24	0.09	2.60	0.009 **
Variance components		SD	Goodness of fit	
Participants		1.91	Log likelihood	-131736
PC		0.48	REML deviance	263471
DP		0.44		
Stimulus		0.41		
PC		0.30		
Residual		4.51		

PGI: Perceptual Certainty (Intact - blurred); DP: Deviant Position (right - left).
***p < 0.001, **p < 0.01.



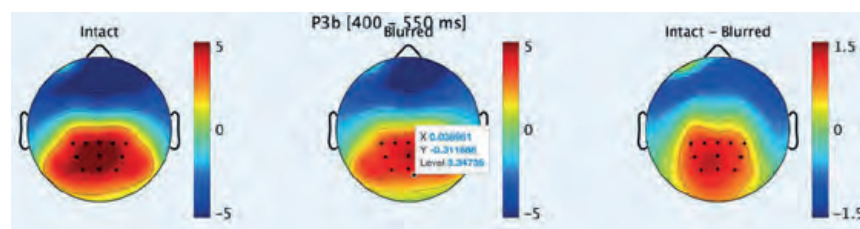
次に N2 に関して CBPT(Cluster Based Permutation test)によりぼやけ刺激とはっきり刺激の固定効果に差があるか検定し、トポグラフィーを作成した。下左図の上 2 行は左右の視野におけるぼやけた刺激とはっきりした刺激を与えた時のトポグラフィーである。3 行目は左右の視野についてぼやけた刺激とはっきりとした刺激を与えた時の差のトポグラフィーである。下左図の 3 行目から左視野では頭頂付近ではっきりした画像が N2 に負に作用することがわかる。右視野では頭頂の少し左の部分ではっきりした画像が N2 に負に作用。

IV 学生レポート 等

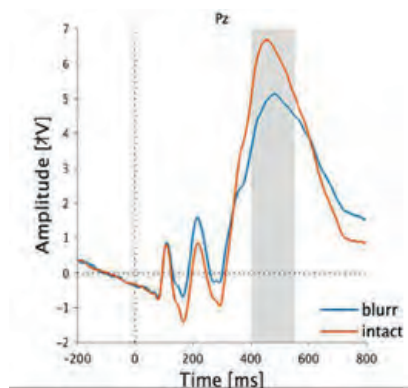


次に反応が見られた部分の電極 Cz(頭頂付近)に取り付けた電極で計測された ERP 画像を作った。右上図では電極 Cz における PC (はっきり, ぼやけ)と DP(右か左)による平均 ERP. (中央). Intact でより強く反応していることが見てとれ、PC と DP との間に有意な交互作用が観察された。

次に P3b と呼ばれる刺激提示後約 300 ミリ秒に出現する P300 の特定の成分を分析した。以下がそのトポグラフィーである。



次にぼやけた刺激とはっきりした刺激を与えた時の Pz の平均 ERP を下左図に作成した。はっきりした画像がより強く Pz の振幅に正の作用することがわかる。下右図は Pb3 (Positive 3 b 波)振幅を混合効果モデルで解析した時の結果。上段は固定効果、下段は変量効果を表す。Intact(はっきり)が Pb3 に対して正に作用することがわかる。

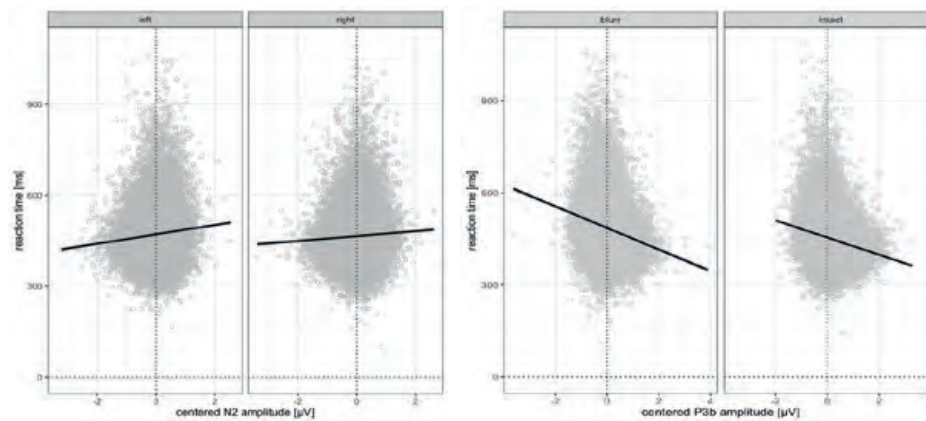

TABLE 4 | Effects of perceptual certainty and deviant position on P3b amplitude

Variable	b	SE	t-value	p-value
Intercept	4.20	0.51	8.27	<0.001 ***
PC : + b	1.17	0.17	6.67	<0.001 ***

Variance components	SD	Goodness of fit
Participants	3.17	Log likelihood -128756
PC	0.53	REML deviance 257513
DF	0.48	
Stimulus	0.59	
PC	0.59	
Residual	4.49	

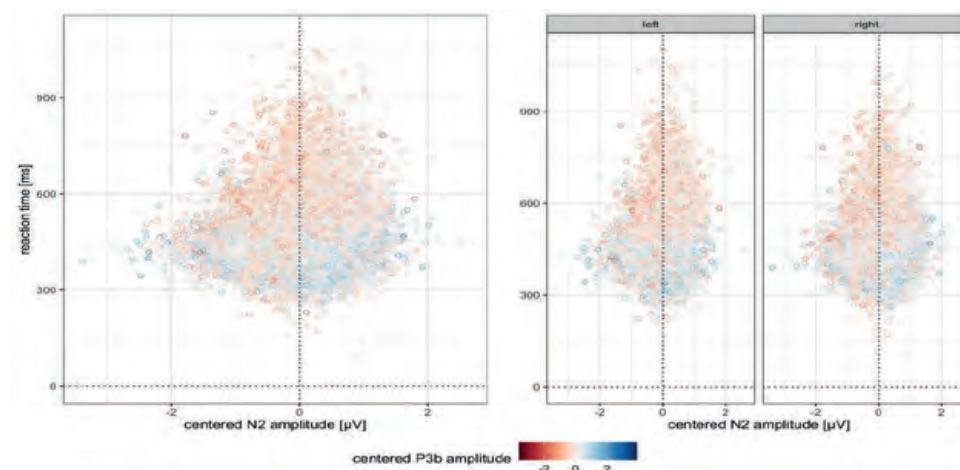
PC, Perceptual Certainty (intact - blurr); DF, Deviant Position (right - left).
***p < 0.001.

次に N2,Pb の反応時間の関係をプロットした. . N2 振幅の増加とともに RT が増加. P3b 振幅の増加とともに RT が減少していることが見て取れる.



IV 学生レポート 等

最後に P3b と N2 振幅の反応時間に対する相互作用を調べる。下図の横軸は N2 振幅、縦軸は反応時間で赤や青で P3b の新服の強さを表している。N2 振幅が小さい時、P3b の増加がより強く反応時間を減少する方向に寄与することがわかる。この性質は右左で共通。



まとめとして、線形混合モデルを用いることで被験者間や提示した刺激間の誤差をモデル化することができ、反応時間や正解率と N2,Pb3 の関係に関するより一般的な結論を導くことができた。

3. 感想や反省点

脳波の研究室でのセミナーに参加することで、自分で研究する際にも役立つ脳波データの可視化手法を学ぶことができた。反省点としては今回のインターンではデータ解析がメインになり、モデルの数理的な面での研究を行えなかったことである。

(以上)