

タイトル	在外研修月次報告（マックス・プランク重力物理学研究所：ドイツ）
著者	前田，秀基；MAEDA，Hideki
引用	北海学園大学工学部研究報告(53)：23-34
発行日	2026-01-09

在外研修月次報告 (マックス・プランク重力物理学研究所：ドイツ)

前 田 秀 基*

Monthly Report of Overseas Training (Max Planck Institute for Gravitational Physics : Germany)

Hideki MAEDA*

要 旨

筆者は北海学園大学の在外研修制度を利用して2023年3月末から1年間、ドイツのポツダムにあるマックス・プランク重力物理学研究所（通称アルバート・アインシュタイン研究所、略称AEI）で滞在研究をしました。滞在中に毎月の近況報告を森下宏美学長に提出していましたが、この原稿はその月次報告に加筆と修正を加えたものです。筆者の研究分野は理論物理学の中でも特に一般相対性理論の基礎とその宇宙論や宇宙物理学への応用です。他分野のことについては普段なかなか知ることができないため、この工学部研究報告を理論物理学の研究活動を他分野の皆さんに知っていただく機会とさせていただきます。

1. 2023年4月2日の報告

3月26日（日）に新千歳空港を出発し、27日（月）の朝に予定通りベルリンのブランデンブルグ空港に到着しました。私はポツダムのゴルムにあるマックス・プランク重力物理学研究所（AEI）に1年間滞在します。到着後、そのままAEIに向かうつもりでしたが、その日はドイツ全土で大規模のストライキがあり国内線の飛行機と鉄道が全て運休であったため、やむなく空港ホテルに一泊しました。空港からのバスは運航していましたが大変な長蛇の列であったため、これは良い判断でした。翌28日（火）の朝、30分程度電車に乗ってゴルム駅に到着し、研究所のゲストハウスにチェックインしました。その後すぐに研究所国際部のDarya Niakhaichykさんから研究所生活のオリエンテーションを受け、自分のオフィスと研究所に出入りするカードキーをもらいました。国際部は私のようなビジターに対応するための専門部署で、Daryaさんには日本出発以前にもビザの手続きなどで迅速な対応をしてもらっていました。

* 北海学園大学工学部電子情報工学科

* Department of Electronics and Information Engineering, Faculty of Engineering, Hokkai-Gakuen University

残念ながらホストであるStefan Theisen教授は出張中で、会えるのは二週間後になります。AEIにはTheisenさんが所属する量子重力グループ以外にも数多くの研究グループがあり、日本人研究者も6～7人所属しています。大学院の後輩であり、数値相対論グループでリーダーとして勤務している木内建太さんと久しぶりに再会し、旧交を温めました。木内さんの助けもあり、問題なくドイツで携帯電話が使えるようになりました。そして翌日にはAEIのeduroamアカウントを作ってもらい、ゲストハウスやオフィスでのインターネット環境が整いました。高等教育機関や研究機関で国際的に相互利用が可能なローミングサービスであるeduroamのアカウントを持っていれば国内外の数多くの大学や研究所で直ちにインターネットが使用可能であるため、北海学園での導入を強く望んでいます（海外のビジターから「eduroamあるか？」と聞かれたこともあります）。

ゲストハウスの宿泊は三か月が限度であるため、その後の部屋を探さなくてはなりません。しかし現在ベルリンやポツダムの賃貸物件は非常に少なく、かつ値段も高騰しているため、部屋探しに時間がかかりそうです。それなりに良い環境と条件の家具付き物件を見つけて賃貸契約をできるだけ早く済ませ、生活を安定させて研究に専念できるようにしたいと思っています。

2. 2023年5月2日の報告

AEIに滞在して一か月が過ぎました。4月に入ってすぐ、ホストであるStefan Theisen教授が休暇から復帰し、お会いすることができました。4月末にはチリ・カトリック大学（Pontificia Universidad Católica de Chile）のMáximo Bañados教授[†]がTheisenさんとの議論のためにAEIを一週間訪問していました。Bañadosさんは自分がチリでポストドクをしていたころからよく知っている方で、3人で夕飯を食べに行き、昔の話や近況についてお話できました。

また、5月末にチェコのプラハにあるカレル大学（Charles University）のJiří Podolský教授^{††}がAEIを一週間ほど訪問してくれることになりました。Podolskýさんは北海学園大学に滞在したことがあり、共著論文を書いたこともあります。回転する3次元ブラックホールの時空構造について興味深い観察があるので、それについて議論したいと考えています。このように多数の研究者が訪問するAEIのアドバンテージをこれからも自身の研究と勉強に活かすつもりです。

自分の生活については6月末からのアパートを無事契約し、あとはデポジットを振り込むだけとなっております。これでこちらでの生活に関することはかなり安定したので研究に専念することができるようになりました。こちらに来てから良い着想があり、現在論文を書いております。ドイツ滞在中に新しいことを勉強するつもりですが、現在進めている研究や論文執筆

[†] 苗字は『バニャドス』と読みます。

^{††} この名前は『イエジ』と読みます。

筆をそれと並行して行うことはなかなか難しいです。結果の出ている内容について論文を全て書き上げてから新しい内容の勉強を開始するために、現在は土日にも研究所に来ている状態です。

3. 2023年6月1日の報告

AEIに滞在して二か月が過ぎました。5月末にカレル大学のJiří Podolskýさんが天体物理学者の奥様とともに一週間ほどAEIに滞在しました。これまでに共著論文を発表したことがあるPodolskýさんはアインシュタイン方程式の厳密解の権威ですが、Wahlquist解の構造について私が最近得た観察を説明したところ非常に興味を持っていただき、共同研究を進めていくことになりました。それに伴ってPodolskýさんに招待していただき、8月に私が4日間カレル大学を訪問することになりました。

週末にはPodolskýさんの車でポツダム近郊の観光に出かけ、AEIに到着してから初めてしっかりした休みを取ることができました。その際、円に換算するとこちらの物価が非常に高いことを改めて感じました。駅前にあるそれなりの店で席に座ってビールを一杯飲み食事をしましたが、チップ込みで一人30ユーロ（約4500円）程かかりました。在外研修に対する大学からの補助に感謝しています。

現在のはかつて私が6年間に在籍していたチリのパルディビアにある科学研究センター（Centro de Estudios Científicos：略称 CECs）の主任研究員であるCristián Martínez博士との共同研究の論文3本と、一人で書いている論文1本をまとめています。Martínezさんからは「AEIを訪ねて共同研究を進めたい」というお話をいただいております。日程が決まり次第AEIの秘書の方をお願いしてゲストハウスやオフィスの準備を進めます。蛇足ながらMartínezさんはこれまでに5度の来日経験があり、北海学園大学には2度滞在しました。

6月末から住むことになるベルリン市内のアパートのデポジットと6月分の家賃を先日振り込んだので、これで無事に家の鍵を受け取れるはずです。ベルリンに引っ越すまでに論文を全て学術雑誌に投稿し気分を変えて新しいことを勉強したいので、それまでは土日にも休まずに研究をするつもりです。

4. 2023年7月1日の報告

AEIに滞在して三か月が過ぎました。6月末に研究所のゲストハウスを出てベルリン市内のアパートに入居しました。アパートはとても快適ですがユーロが際立って高くなっている現在では日本円に換算すると信じられないほどの家賃になり、驚くばかりです。

6月中旬に単著の論文を書き上げ、学術雑誌に投稿しました[†]。

[†] この論文はClassical and Quantum Gravity誌に掲載されました。

<https://arxiv.org/abs/2306.07326>

この論文では2つの時空を空間的もしくは光的な超曲面で接合する際の接合超曲面上に現れる物質場が物理的に妥当なものであるかどうかを判定する非常に単純な不等式を導出しました。この結果の一般性は非常に高く、時空の次元数によらず、またどのような重力理論においても使用することができるため、今後ずっとこの分野の研究において用いられることになると思います。その基本的なアイデアは札幌にいる間に得ていたものでしたが、AEIに来てから証明の単純化に成功し、非常に満足のいく結果になりました。

6月末からインドの天文天体物理大学連合センター（Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics：略称 IUCAA）の前所長であるNaresh Dadhich名誉教授がーか月の予定でAEIに滞在しています。Dadhichさんとは私がポスドクであった時に3本の共著論文を出版したことがあります。滞在中に再び良い議論ができるかもしれません。

現在はチリのCristián Martínezさんとの共同研究を進めています。Martínezさんの論文改訂に少し時間がかかっているのですが、その間に私はアインシュタイン方程式のADM形式に関連する拘束系の解析力学を勉強しています。在外研修における私の目的の一つはまとまった時間を割いて将来の研究に活かせる基本事項の勉強をすることなので、集中して勉強することができる環境に大変満足しています。

5. 2023年8月1日の報告

AEIに滞在して四か月が過ぎました。10日ほど非常に暑い日が続きましたが、札幌より緯度の高いベルリンの夏は過ごしやすいです。アパートからAEIへの通勤のために、都市間を結ぶ特急（IC）以外であればドイツ国内の電車とバスに自由に乗れるドイツ定期券（Deutschlandticket）を月49ユーロで購入しています。ある日の朝に通勤電車の中で「Killing-Yanoテンソルが存在する大きなクラスの時空計量を見つける」という問題に対して良い着想があり、すぐに計算して満足のいく結果が出ましたが15年前に知己のブラハのグループがもっと強い結果を出していたことが判明してがっかりしました。そこで気晴らしにその週末に定期券を使って遠出しました。

7月中頃には2週間ほどAEIに滞在していたインド科学振興協会（Indian Association for the Cultivation of Science：略称 IACS）の助教であるSumanta Chakrabortyさんが、私が先月発表した論文に興味を持ったということでオフィスを訪れてくれました。私の論文や彼のセミナーの内容について議論すると、私たちには研究における共通の興味がかなりあることがわかりました。するとChakrabortyさんから、高次元における一般相対論の自然な拡張であるEinstein-Gauss-Bonnet重力における光的超曲面上の接合条件について一緒に考えませんか、と提案がありました。この問題は私も以前に彼とは異なる手法で少し考えたことがありましたが結果を出

すまでには至らなかったので快諾し、得られた観察を報告しあうことになりました。Chakrabortyさんから「この共同研究のためにも北海学園大学で滞在研究ができないでしょうか」と申し出がありましたので、JSPSの「外国人招へい研究者」の研究費に応募することを検討しようと思います。

チリのCristián Martínezさんとの3つの共同研究については、Martínezさんの論文改訂が1つ終わり、現在は私がそれに手を加えて最終稿を完成させています。7月中にMartínezさんの原稿を待っている間にはブラックホールのペンローズ過程や超放射といった基本的な事項を復習し、自分の知っていることと結びつけて何か自明でないことが示せないだろうかとあれこれ考えては計算して過ごしていました。

6. 2023年9月1日の報告

AEIに滞在して五か月が過ぎました。8月に入ってAEIのセメスターが終了したためセミナーがほぼなくなり、自分の研究に集中していました。チリのCristián Martínezさんとの3つの共同研究についてはMartínezさんの論文改訂を待っている段階で、完成までもう少し時間がかかりそうです。

8月14日から18日まではチェコのJiří Podolskýさんに招待され、ベルリンからバスで4時間半のプラハに滞在しました。プラハは4回目ですが、今回は用意していただいた町の南側にあるアパート型ホテルに滞在しました。Podolskýさんは教科書の執筆やアウトリーチ活動などにも熱心な大変に忙しい方ですが、大学のオフィスは冷房がなく暑いということで、ホテルの近くに住んでいるPodolskýさんが議論のために毎日私の部屋に来てくれました。議論が終わって一人になると夜遅くまで計算をして、得られた観察をもとに翌日また議論する、ということを繰り返し、疲れると近くの眺めの良い公園や町中を歩いて気分転換をしていました。

その甲斐あって、電荷を伴い回転する3次元ブラックホール解について興味深い結果がいくつか得られました。まずこの解が発表された2000年の論文内では見逃されているもう一つの解のブランチが存在することがわかりました。また、その論文内で用いられている座標系はブラックホールの性質が投影される地平線（表面）を覆っていないため地平線上での正しい計算結果を得ることができませんが、時空の測地線の解析から地平線を覆う新しい座標系を見つけ、それを用いて時空と物質場の地平線上における代数的性質がそれ以外の領域と全く異なっていることを証明しました。現在はこの結果を論文にしています。

滞在中にはPodolskýさんと天体物理学者の奥様、そしてカレル大学医学部の博士課程で学んでいるお嬢様と一緒に食事に行くことができました[‡]。私がチリでポスドクとして勤務してい

[‡] チェコの教育はすべて無料だそうです。

た研究所 (CECs) で当時大学院生として学んでいた、現在はミラノ大学に所属する Marco Astorino さんを秋にプラハに招待したとのことで、Astorino さんが来る時期に合わせて私ももう一度プラハに招待していただけることになりました。

7. 2023年10月2日の報告

AEIに滞在して半年が過ぎました。9月後半からはAEIのセメスターが始まりセミナーが増えました。チリのCristián Martínezさんとの3つの論文についてはMartínezさんが休眠状態に入ったため、まだまだ時間がかかりそうです (共同研究でよくあることですが私はほぼ催促しません)。一方、チェコのJiří Podolskýさんとの共同研究については論文が最終段階に入り、間もなく雑誌に投稿できると思います。

その他にも思いつくままに様々な内容を調べていました。5次元の一般相対論をKaluza-Klein次元降下すると4次元のEinstein-Maxwell-dilaton理論が得られますが、この理論の回転ブラックホール解が持つ共形Killingテンソルのあからさまな表現を得ました。このテンソルの存在により光の測地線方程式が可積分になるので、ブラックホールの影が観測でどのように見えるのか調べることができます。しかし残念ながらその内容は面識のあるアルゼンチンの研究者によって10年前に論文にされていました。

またヘテロ型超弦理論の低エネルギー極限で実現するEinstein-Gauss-Bonnet-dilaton理論についても研究しました。この系はブラックホールの観測によって一般相対論からのずれを見つけ、修正重力の検証をするというテーマで宇宙物理学において近年非常に盛んに研究されています。我々のような観測者が存在する漸近的に平坦な無限遠方では理論の一般相対論からのずれは微小であるため、そこではEinsteinテンソルで定義する「有効エネルギー・運動量テンソル」がすべての標準的なエネルギー条件を満たす、と考えるのは自然です。そこでこの「漸近的有效エネルギー条件」を理論に課し、ディラトンとGauss-Bonnet項の相互作用を表す関数に対する不等式を4次元と10次元の場合に導出しました。この不等式によって理論の非物理的な解を排除することができますが、超弦理論が専門であるホストのStefan Theisen教授に結果を説明したところ好意的な反応だったため、より強い結果に発展させることができないかと現在議論を続けています。

8. 2023年11月1日の報告

AEIでの滞在は残り五か月になりました。ベルリンはかなり寒く曇りや小雨が多くなり、日照時間が短くなってきました。週末に天気が悪いと家から出ず研究をしています。

チェコのJiří Podolskýさんとの論文については先月の報告で「最終段階に入った」と述べましたが、まだ完成していません。チリのCristián Martínezさんがその内容の専門家であるた

め、原稿を見せてコメントを求めたところいくつかの重要な指摘があり、それらについて考える中で主結果に影響する誤りが判明しました。そのため結果が弱くなり原稿を大きく改訂したのですが、その間の計算からまた新しい観察が得られるなどして現在に至っています。11月上旬に10日ほどカレル大学を再び訪問するのでその前に論文を完成させ、滞在中にPodolskýさんと新しい内容の研究を開始するつもりです。

10月下旬にはAEIでセミナーをしました。できるだけたくさんの人の役に立つよう、私がこの5年ほど集中して研究している「物質場のエネルギー条件とその応用」について証明の細部は抜きにして大きな流れを説明しました。聴衆は15人程度で、ホストのStefan Theisenさんをはじめとする量子重力グループの方々だけでなく宇宙物理グループの研究者にも聞きに来ていただきました。セミナーの内容は古典的[§]な結果でしたが超弦理論の低エネルギー極限で実現する超重力理論への応用についての話も盛り込んだので何度も質問が出て、それらに答える中で新しい洞察が得られたため私自身にも実りあるものになりました。セミナー後にも宇宙物理グループのポスドクや大学院生から質問を受け、セミナーを主催してくれたシニア研究員のAxel Kleinschmidtさんからは「分かりやすいレビューで面白かった」と言っていただきました。AEIの前所長で超重力理論の大家であるHermann Nicolaiさんは残念ながら都合がつかずに不参加でしたが、セミナー後に「スライドを送ってほしい」というメッセージをいただきました。

9. 2023年12月1日の報告

AEIでの滞在は残り四か月になりました。ベルリンは昼が短く晴れが少ないので毎日が楽しくありません。しかしそのため研究に集中しており、チェコのJiří Podolskýさんとの共著論文をようやく完成させて学術雑誌に投稿しました**。

<https://arxiv.org/abs/2311.07671>

この論文では3次元一般相対論において回転する帯電ブラックホールを表すBTZ解の地平線（ブラックホールの表面）を覆う新しい座標系を導入し「地平線上の時空の性質が地平線以外の領域と異なる」という4次元の対応する解には見られない性質を明らかにしました。

11月上旬にはPodolskýさんに再び招待されてカレル大学数学物理学部の理論物理学研究所を10日間訪問しました。この相対論グループは間違いなく古典的な一般相対論の基礎研究を行っている世界最大のグループですが、昔から面識のある何人もの方々と再会することができました。到着した翌日にAEIと同じ内容のセミナーをしました[§]、以前よりもポスドクや学生がずっと増えており、聴衆は30人以上で部屋がいっぱいになりました。セミナー後にはPodolský

[§] 「古い」という意味ではなく「量子論的でない」という物理の用語です。

** この論文はClassical and Quantum Gravity誌に掲載されました。

さんから「教育的なレビューが含まれていてとても良かった」と言っていただきました。大所帯のグループになり、もうゲスト用の部屋がないため滞在中はPodolskýさんのオフィスの机を借りていましたが「私がいなときはヒデキに聞くように」と学生に告げて授業に行ってしまうので、時折照れながらやってくる大学院生の研究相談を受けていました。その中に戦火のハルキウ出身の優秀なウクライナ人の大学院生がおり、研究の方針を話してから3日で自分が考えていたよりもずっと進んだ結果を持ってきたのには驚きました。あとで調べたところ彼は学部生の時に国際物理トーナメントで銅メダルを取ったウクライナチームに参加していました。

しかし毎日休みなくたくさんの人と議論したせいで高熱が出て、食事や遠出の誘いを受けていましたが週末はホテルで寝込みました。それでも月曜にはなんとか立ち直り、同じく招待されてミラノ大学からやってきた古い友人のMarco Astorinoさんと再会しました。Astorinoさんは少し前に大きな結果を出しており、2人でシェアしているホテルのキッチンでPodolskýさんと一緒にその内容について教えてもらいました。プラハを去る前日にAstorinoさんのセミナーを聞き、夜にはグループの皆さんと食事に行きました。最後にグループ長のPavel Krtous教授から「是非また来てください」と声をかけていただき、実り多い滞在になったプラハを後にしました。

10. 2024年1月2日の報告

AEIでの滞在は残り三か月になりました。これからはあっという間に時間が無くなるだろうと思っています。ベルリンは相変わらずの天気ですが、12月は華やかなクリスマスマーケットが至る所で開催されていました。年が明け新年になった途端に街のいたるところで市民が花火を打ち上げて大変な騒音でしたが、元旦の昼間に街を歩くと花火のカスが至る所に散乱していました。たまに晴れると短い昼間にできるだけ遠出して歩くようにしていますが、すっかり夜型になり毎日午前5～6時まで仕事をしています。

ブラックホールは一般相対性理論という重力理論の基礎方程式であるアインシュタイン方程式の解として実現しますが、高校でも習う熱平衡状態の熱力学の4つの基本法則と完全に対応する性質を持っています。重力と熱力学という全く無関係に思える2つの物理分野に対応があるというこの驚異的な発見はブラックホール熱力学と呼ばれ、現在でもブラックホール研究における新しい着想の源泉であり続けています。今年はBardeen, Carter, そしてHawkingによって1973年に発表された金字塔的論文の50周年に当たりますが、そのことを祝う研究会「Golden Wedding of Black Holes and Thermodynamics」が12月上旬にオンラインで開催され、私も参加して発表しました。研究の黄金時代と呼ばれている1970年代を過ごしたスターはみな80～90代の年齢になっており、Carterは研究会に参加していましたが、BardeenとHawkingはすでに鬼籍に入っています。オンライン研究会は日本からでも参加が容易なので自分の結果を世界的に認

知してもらうため積極的に活用するべきだと思います。

12月中にはAEIでもフランスのÉricourgoulhon教授による若手向けのブラックホール熱力学の連続講義がありました。そちらには参加しませんでしたでしたが公開されている作成途中の「ブラックホールの幾何と物理」という講義ノートがすでに700ページを超えているのに圧倒されました。良い機会だったので証明の中で仮定されていることを検討しながらブラックホール熱力学をもう一度復習しましたが、後世にずっと残るのはやはり単純な系における一般性のある結果なのだなとあたりまえのことを思いました。それに比して自分が持っている結果があまりにも弱いため、論文にするモチベーションがやや下がりました。1月になるとすぐチリのCristián MartínezさんがAEIに2週間滞在するので、夜型を改めて夏から中断している共同研究に集中するつもりです。

11. 2024年2月1日の報告

AEIでの滞在は残り二か月になりました。1月にはドイツ鉄道のストライキが5日間と6日間の2回もあり、その間はずっと自宅で研究していました。しかし1月2日からチリのCristián Martínezさんがベルリンに三週間滞在していたので、夏から中断していた共同研究が進みました。

Martínezさんの滞在中にAEIのホストであるStefan Theisenさん、そしてやはり超弦理論の研究者である奥様のAnamaría Fontさんと一緒に夕食に行きました。Fontさんはテキサス大学オースティン校で1976年に博士号を取得されたそうで、その頃の理論物理センターの所長は「ブラックホール」という名前を付けたJohn Wheeler、チリの研究所CECsの創設者で所長であるClaudio Bunsterさんが助教、そして現在ベルギーのブリュッセル自由大学の教授でソルベー研究所の所長でもあるMarc Henneauxさん^{††}がポストドクだったというすごい環境の話を聞きました。ベネズエラ出身のFontさんは6年間チリに住んだ私のスペイン語がすごく下手なことに呆れていたようです。

現在はMartínezさんと3本の論文を書いています。Martínezさんのチェックが終わり、最初の論文の内容を一つ一つ確認しながら読んでいくなんとなく嫌な感じがします。これまでの経験から、このような時は「証明に曖昧なところか誤りがある」もしくは「もっと強い結果にできる」のどちらかです。そこでMartínezさんが帰ったあとに一週間ぐらい考えていると証明の曖昧な点がわかり、その修正に時間がかかっています。論文を早く完成させてAEIを去る前にその結果をセミナーで話すつもりです。

その一方、プラハのPodolskýさんから急性貧血でしばらく入院していたとの連絡を受け驚き

^{††} 苗字は『エノー』と読みます。貴族の家系らしく、ご自身は2015年から男爵です。

ました。3月にAEIを再び訪問する可能性を聞いていましたが「私は行けそうにないのでまたヒデキにプラハに来てもらうかもしれない」とのお話でした。さらにカレル大学相対論研究グループの創始者でPodolskýさんの博士論文指導教員でもあったJiří Bičák教授¹¹⁾が亡くなったとの報告を受けました。先日滞在した際には82歳でなお大学院生を指導されており、また日本を訪れたときのお話をされてお元気そうだったためグループの皆さんも大変驚かれたようです。グループ内でBičák教授だけは皆から「Professor Bičák」と呼ばれ、チェコの相対論研究の祖の一人として大変に尊敬されている方でした。

12. 2024年3月1日の報告

AEIでの滞在は残り一か月になりました。晴れの日が少し増える中、ドイツに来る前から断続的に進めていた、チリのCristián Martínezさんとの3つの論文のうちの一つ目がようやく完成しました¹²⁾。

<https://arxiv.org/abs/2402.11012>

十分時間が経った後の時空は時間変化しない定常状態になると思われますが「定常なブラックホールの事象地平線（表面）はキリング地平線である」という剛性定理がHawkingによっていくつかの仮定の下で証明されており、実際に定常で軸対称なブラックホールを記述する厳密解において事象地平線はキリング地平線です。そしてキリング地平線の解析によって数々のブラックホールの性質がこれまで明らかにされてきました。この論文では物理的に重要な対称性を持つ静的な時空において、どのような物質場に対してキリング地平線が存在可能であるか、そして地平線上の時空と物質場の振る舞いを明らかにしました。

しかしMartínezさんとの2本目の論文は、主結果が2010年にアルゼンチンの研究者によって出版されていたことが判明し、残念ながら発表を断念しました。現在は3本目の論文を完成させています。上記1本目の論文はこれら後続論文の中で使う技術的な内容を含む、比較的一般性の高い結果です。研究の詳細を論文に焼き付けて発表すると、その内容を毎日考えなくなるので、一週間ぐらひはすっかりした頭でいろいろ考えることができます。するとすぐに3次元重力のある厳密解についてクリーンな結果が得られたので、短い論文を書くことにしました。また、数年前に書いた論文の中で残っていた未解決問題に対する良い着想もありましたが、計算するとそちらはうまく行かないことがわかりました。

3月上旬には発表した論文の内容をAEIのセミナーで発表することになっており、チリのコンセプション大学のグループのオンラインセミナーにも招待されています。そしてインドの

¹¹⁾ 苗字は『ピチュェック』と読みます。

¹²⁾ この論文はClassical and Quantum Gravity誌に掲載されましたが、その後に主結果の一つがより弱い条件でも成り立つことに気づき、補遺（addendum）を書くことになりました。

Sumanta Chakrabortyさんがまた一か月ほどAEIに滞在するので、新しい内容の議論をしたいと思っています。また、チェコのJiří Podolskýさんから「ヨーロッパを去る前に次の論文を完成させよう」と三度目の招待をしていただいたので一週間ほどプラハに滞在します。3月22日にドイツを離れますが、それまでに現在書いている論文をすべて完成させるつもりです。

13. 2024年3月25日の報告（電子情報工学科の教員に対するもの）

AEIでの1年間の滞在が2024年3月22日で終了しました。3月になって間もなく、チリのCristián Martínezさんと最近発表した共著論文の内容についてAEIでセミナーをしました。ホストのStefan Theisenさんとその奥様でやはり超弦理論研究者のAnamaría Fontさん、数値相対論グループの常勤研究者で大学院の後輩でもある木内建太さん、そしてAEIの前所長であるHermann Nicolaiさんにも聞いていただくことができ、皆さんに滞在のお礼を伝えることができました。

その二日後からチェコのJiří Podolskýさんの招待でプラハに一週間ほど滞在しました。Podolskýさんは少し前に入院していたとは思えないほどお元気で、毎日活発に議論して共同研究を進めることができました。週末の土曜日にホテル近くの公園でご家族の皆さんと一緒にお茶を飲んで過ごし、日曜日には共に相対論研究者であるOtakar SvítekさんとTayebeh Tahamtanさんご夫妻に誘われ、車で世界遺産の街クトナー・ホラに行きました。

ベルリンに戻ると翌日にチリのコンセプション大学のグループが主催のオンラインセミナーで講演を行い、ポスドクのころからの友人である研究者と久しぶりに話をすることができました。ドイツを発つ前の週にはTheisenさんとFontさんにポツダムのお宅に招待していただき、夕食をご馳走になりました。お二人はすでにリタイアされていますが、現在でもAEIにオフィスがあり研究を行っています。そしてAEIの最終日、Theisenさんに「もっとブラックホール研究の話を知りたかったよ」と言葉をかけていただき、曇り空のゴルムの街を去りました。残念ながらこれまでずっと様々なサポートをしていただいた国際部のDarya Niakhaichykさんは休暇を取っており不在でしたがメールで感謝を伝えました。

1年間のドイツ滞在中に論文を3本発表し（うち単著1本）、セミナーと研究会で合計5回の講演を行いました。良い環境で自身の研究に集中することができ、北海学園大学の在外研修制度によるサポートに大変感謝しています。人的交流はAEIで研究する大きなアドバンテージで、国内外からのビジターが常に多数いるため毎週幅広い内容のセミナーを聞き、研究者と交流することができます。現在MartínezさんとPodolskýさんとそれぞれ異なるテーマで共著論文を書いているのですが、残念ながら出発までに完成させることはできませんでした。日本に戻ると

§§ これら二つの論文は帰国後に完成し、学術雑誌に掲載されました。

授業や大学行政の仕事で忙しくなるとは思います，できるだけ早く完成させるつもりです^{§§}．
次の10年はより自然で一般性の高い問題に取り組み，研究における収穫の時期にしたいと思っています．