

吉澤研介氏の第 41 回（2024 年度）井上研究奨励賞受賞に寄せて

東北大学大学院理学研究科

岡部 真也

この度、吉澤研介氏が第 41 回井上研究奨励賞を受賞されました。まずは心よりお祝い申し上げます。吉澤氏の学位論文は単著 2 編を含む計 7 編の論文からなる大作です。その学術的価値が高いことは指導教員としても同じ研究分野の一研究者としても自信をもって断言できますが、このような誉高い賞を授与されたことで吉澤氏の学位論文が客観的にも評価されたことを大変嬉しく思っております。吉澤氏が東北大学大学院理学研究科数学専攻に在学していた時の指導教員として本稿を執筆する機会を頂戴致しましたので、当時の思い出などを絡めつつお祝いの言葉を述べさせて戴きます。

私は吉澤氏が学部生時に受講した幾つかの講義を担当しておりましたので、かなり早い段階から彼の名前を認識はしていたものの、吉澤氏ときちんと会ったと言えるのは彼が 3 年生を終える頃ではないかと思えます。東北大学理学部数学科では、4 年生向けに通年科目としてセミナーが開講されており、吉澤氏は当時在籍しておられた石毛和弘先生（現・東京大学教授）のセミナーを選択し配属が決定しました。当時、私は石毛先生と院セミナーを共同で運営するなどしており、石毛先生から吉澤氏が石毛研セミナーに配属となったと聞きました。当時担当していた講義終了後に吉澤氏と「石毛研にしたんだね」といった雑談をしたのが吉澤氏と「きちんと会った」最初の機会ではなかったかと記憶しています。それから学部卒業までの間に吉澤氏が友人と一緒に私の研究室を訪ねてきたこともありましたが、単に雑談をするためにただけで数学の質問のために訪ねてきたということはありません。実際、吉澤氏の学部生時の成績は大変優秀なもので、2016 年に数学最優秀学生賞、2017 年に東北大学総長賞と学部生時に学内の複数の賞を受賞しています。当時の吉澤氏は高校教員になることと大学院進学とで進路を悩んでいたようですが、教員採用試験における修士 2 年間の猶予制度（合格者がその資格を保持したまま修士進学を許可される制度）を利用して東北大学大学院理学研究科数学専攻の博士課程前期 2 年の課程へと進学しました。石毛先生の研究室を希望する新 M1 が吉澤氏を含めて 3 名おり、石毛先生は吉澤氏に院セミナーを共同で運営していた私の研究室へと移ることを勧めました。石毛先生がどういったお考えで吉澤氏に私の研究室を勧めてくださったのかわかりませんが、不思議な縁であったなと今でも思います。

こういった経緯で私は吉澤氏の指導教員となりました。吉澤氏は高校教員となる権利を保持したまま修士に進学しましたが、博士課程後期への進学の意欲もあるように私には見

えました。しかし、吉澤氏は M1 の 10 月頃に「修士を卒業したら高校教員になります」と言い出しました。東北大学の PDE グループは毎年 9 月頃に修士院生に発表する機会を与える合宿を実施しているのですが、その発表を本人曰く「失敗した」ことがその理由であったようです。それがどこまで本気であったのか今となってはわかりませんが、当時の私は修士で卒業するならば早めに研究を体験させてもよいだろうという思いから、時間ができたらいずれ考えようと思っていた高階半線形放物型障害物問題を吉澤氏に提案して共同研究を行うことにしました。すると、研究を体験して自分の可能性を試したくなったのか、吉澤氏は M2 になる頃に「日本学術振興会の特別研究員になれば博士課程後期に進学する」と言い出します。博士課程後期に進学するには、当然のことながら、高校教員となることを辞退しなければいけません。本来なら特別研究員の結果を待たずに辞退を申し入れるほうが望ましいのですが、書類審査で合格すれば 10 月頃にはその旨を教育委員会に伝えることができますので、それならば思い直して特別研究員への応募を許可しました。しかし神様は意地悪なもので、吉澤氏は面接審査へと進むこととなります。その結果は年明け 1 月下旬頃に発表されたように記憶していますが、そこで吉澤氏は特別研究員 DC1 としての採用を果たします。1 月下旬ですので次年度の各高校への配属が決まる頃ですから、流石にちょっとまずいことになったなと思います。吉澤氏と二人で教員として採用される予定であった県の教育委員会へとお詫びに伺うこととしました。対応してくださった職員の方に「まあ、吉澤さんの人生ですから仕方ないですね」と仰って戴き一応は事なきを得ましたが、大変肝を冷やしたことを鮮明に覚えています。そんな紆余曲折の末で吉澤氏は博士課程後期へと進学したわけですが、現在、吉澤氏が長崎大学教育学部准教授として高校教員となるべき人材を育成する形で高校教育に貢献することとなっているのは、これまた不思議な縁と言えるかもしれません。

紆余曲折を経た博士課程後期 3 年の課程への進学でしたが、進学後の吉澤氏の研究は極めて順調であったと言えます。M1 の頃に始めた高階半線形放物型方程式に対する障害物問題について結果を出すとともに、ここで用いた手法を曲線弾性流と呼ばれる幾何学的勾配流に対する障害物問題へと応用しました。これらを D1 の早い段階で投稿し、私との共著として出版した吉澤氏の 1 編目と 2 編目の論文となりました。最近になって吉澤氏から「D1 の時は筋トレに力を削がれて研究できなかった」と初めて言われましたが、吉澤氏は D1 から D2 にかけて単著を 2 編執筆しましたので、彼が言いたかったことは「研究と筋トレは両立が可能である」ということなのかもしれません。実際、吉澤氏に会ったことがある方であれば、吉澤氏が半端な筋トレをしているわけではないことをお分かり戴けることと思います。冗談はさておき、この時期に吉澤氏が書いた単著の 1 つは、2 編目の論文で扱った幾何学的勾配流の障害物問題の解が時刻無限大で収束する平衡状態を記述する、弾性曲線に対する障害物問題に関する結果でした。この問題は高階障害物問題として分類されるもので

すが、吉澤氏は shooting method を応用するというアイデアに基づき、最小解が存在するか否かが示されていなかったある意味の臨界の場合を解決するとともに最小解の一意性を示すという結果を得ました。この障害物問題の解である曲線は、曲線が障害物から離れているところでは曲げエネルギーに対する Euler-Lagrange 方程式によってその形状が記述されますので、当然のことと言えばもちろんそうなのですが、曲げエネルギーの臨界点がこの問題には強く関連しています。そこから興味が派生したかは吉澤氏のみ知るところですが、吉澤氏は適当な境界条件のもとで曲げエネルギーの臨界点となる開曲線の表示を与える研究に単独で取り掛かります。解の表現公式は与えたからといってそれが有用でなければその価値は半減してしまうものだと思いますが、吉澤氏が得た表現公式は臨界点の情報を引き出し得る有用なもので、この結果が吉澤氏の 2 編目の単著論文となりました。これらの単著論文が契機となったと言ってもよいと思いますが、ここから吉澤氏の研究がさらに加速します。まず、吉澤氏の論文を目にした三浦達哉氏（当時は東京工業大学准教授で現在は京都大学准教授）が吉澤氏を共同研究に誘ってくれたことで、現在も続く三浦-吉澤による一連の共同研究が始まりました。本稿では吉澤氏の学位論文に含められている 2 つの結果のみ紹介致します。1 つ目の結果は、曲げエネルギーの積分指数 2 を $p > 1$ へと一般化した p -曲げエネルギーの臨界点の表示を完全に与える、というものでした。古典的な曲げエネルギーの臨界点は楕円函数を用いて表示されるわけですが、彼らは楕円函数を一般化した p -楕円函数なるものを導入することによってこの仕事を成し遂げました。 p -楕円函数なる新しいものを導入したということだけからもこの結果の価値はご理解いただけるのではないかと思います。 p -曲げエネルギーの臨界点には、臨界点である曲線の一部が線分となるような、所謂、flat core 解なるものの存在が知られていました。こういった特殊なものも含む臨界点の安定性を調べることは興味深い問題ですが、従来の解析手法としてはエネルギーの第 2 変分を計算してその符号を調べるというものでした。しかし、いくら臨界点の表示を与えたからといってそれを実際に全ての臨界点で実行するというのは極めて困難なことです。彼らは幾何的な操作を組み合わせた全く異なる解析手法を考案し、ある境界条件を満たす開曲線の場合に p -曲げエネルギーの臨界点の安定性を決定することに成功しました。その解析手法の斬新さに加えて、この結果からその境界条件のもとでの最小解の一意性も得られるなど、彼らの 2 編目の論文となるこの結果も大変価値の高いものと言えます。その後も三浦-吉澤の共同研究は続いておりますが、現在に至る活躍をご存じの皆さんも多いのではないのでしょうか。この p -曲げエネルギーに関する研究をきっかけに、先に行っていた弾性曲線に対する障害物問題を p -弾性曲線の場合へと拡張した結果が吉澤氏の 7 編目の論文となりました。この論文はドイツの Anna Dall'Acqua 氏、Marius Müller 氏、および私との共同研究として実施したもので、昨年にと出版されました。このようにして 7 編目の論文を含む学位論文が出来上がるに至り、今回の井上研究奨励賞の受賞

へと繋がりました。

上記のように吉澤氏の提出した学位論文は学術的価値の高いものでありました。冒頭にも述べましたように、その価値が客観的にも認められ、このような誉高い賞を与えられたことは指導教員として嬉しい限りです。吉澤氏とは指導教員として5年ほどの付き合いでしたが、吉澤氏は大変正直な人間である、というのが私の印象です。例えば、吉澤氏が研究室を訪ねてきたときに妙にニコニコしているときは何かよい数学的な結果がでたときでした。さては何かいい結果がでたんだなと思いつつ「どうしたの?」と尋ねると、珍しい虫を捕まえて自慢したくて仕方ない子供のような顔をしながら、「先生、こんなことできたんですよ。話していいですか?」と実際に自慢げに得られた結果を説明していました。吉澤氏と数学の議論はたくさんしましたが、彼が深刻そうな顔をして数学の質問をしに研究室を訪ねてきたことはなかったように思います。吉澤氏が深刻そうな顔をして研究室を訪ねてくるときは、車を擦ってしまったであつたり本質的に数学と無関係なことばかりでした。最も深刻そうな顔をしていたのはD3の後期に学振特別研究員に不採択となってしまったときでしたが、そこから2,3ヶ月の間に学位取得後の4月からの任期付きの職を獲得しましたので、今となっては笑い話となりました。こういった純粋さが数学にも活かされているのかなとも思いますが、吉澤氏は現在も順調に研究成果を積み重ねており、公私共に順風満帆そのものであると言えます。私は今やもう吉澤氏を指導する立場にはありませんが、いずれまた「先生、ちょっといいですか?」とか言いながらニコニコした顔をして吉澤氏が話しかけてくることを楽しみにしていようと思います。長文となってしまいましたが、最後にもう一度お祝いの言葉を述べて筆を擱きたいと思います。「吉澤くん、井上研究奨励賞受賞おめでとう。」