電波天文学の教科書を書きました

電波天文学の教科書を書きました（図１）。

高桑が行っている研究は、星間空間の分子やダストがだす電波を観測して、星形成や惑星形成を調べるものです。使っている電波望遠鏡は、電波干渉計と呼ばれる、多数のパラボラアンテナを配置して実効的に高い空間解像度を得ようとする装置です。現在は主に ALMA という、南米チリに設置された世界最大の電波干渉計の観測データを用いています。

高桑の研究室に来る学生も、このような電波望遠鏡のデータを用いて星、惑星形成の観測的研究をすることを期待しています。そのためには、星間分子やダストの電波放射、さらには観測装置である電波望遠鏡、電波干渉計の基本を修得する必要があります。しかし、これまでこの分野のこういった基礎を学部生にもわかるようにまとめた教科書は、高桑が知る限り皆無でした。また授業では天文学全般の基礎を伝えるのに精一杯で、このような分野に特化した基礎知識の授業は大学院でしかできていなかったです。それで毎年、研究室に来た学生に、ゼミなどで同じ話を繰り返していました。

また自分自身の研究においても、基礎的な数式やそれに伴う数値など、毎回毎回必要になったらとり散らかった古いノートや論文探したりで、全く効率的でなかったです。この状況なんとかならないのかと思い、この本を書き始めました。あと何よりも歳くってきた中で、自分の名前で何か長く残るものを残したい、という思いがありました。内容は、学生の方々に毎回話していることと、自分の研究のノートです。大学院生時代から書き殴っていたノートがまだ手元にあります。もうボロボロになっているこれらのノートの内容をできるだけ取り込みたいと考えました。自分のまとめにするのが目標でした。

電磁気学の授業で森北出版の教科書を使っていたこともあり、森北出版の鈴木遼さんが定期的に高桑のところをご訪問くださっていました。最初は教科書採用関連の話だったと思いますが、鈴木さんが早稲田の宇宙物理のご出身のとても優秀な方で話が盛り上がり、上記の動機もあって高桑が教科書を書くという話になりました。メールを見返すと、話が決まって LaTeX のスタイルファイルをいただいたのが 2023 年の年末でした。最初の 40 ページ弱の書き殴りを鈴木さんに送ったのが 2024 年の年明けです。その後、鈴木さんに励まされながら、研究をおいてもこちらの方を重点的に取り組みました。企業を巻き込んでしまっているので、いい加減にはできないです。

森北出版は伝統的に著者に色々とコメントする出版社らしく、高桑も鈴木さんはじめ森北出版の方々から色々とコメント、訂正依頼を受けました。これが実はありがたくて、高桑の恥ずかしい間違いを色々と指摘してくれました。例えばガウス関数の σ、これ、高桑何も考えずに分散って呼んでいましたが、正確には σ^2 が分散で、σ は標準偏差と呼ぶべきものです。あとシンクロトロン放射の電子の回転方向と磁場の向きについて、電子の電荷がマイナスなので反転させないといけないのに、それに気づいていなかったりしました。また大学院の授業でこの本の内容を話していた時、学生から質問を受けて、ちょっと考えて自分の書いていた数式の次元が間違っていることに気づきました。これほんと出版直前に気づかせてくれたので学生にめちゃ感謝です。結局、校正 3 回＋出版直前の最終確認を経て、出版にこぎつけたのは 2026 年 3 月末です。丸 2 年以上かかっていることになります。

この本を書いている過程で気付いたもう一つの大事なことは、世間に出回っている論文、教科書の中にも間違いがあるということです。一つだけ例を挙げると、日本の天文学会で出ている黒体放射の図、あれ間違っています。グラフを重ねてもどうしても自分の計算と合わなくて、最初は自分が間違っているのだと感じました。しか

し、Astropy 使って計算しても、プランクの式を数値で書き下してそのグラフを書いても、その３者とも同じグラフになり、天文学会の黒体放射の図だけ合わないのです。それで天文学会の方を疑い始めました。決定的だったのは、天文学会の図がウィーンの変位則を満たしていないことを見つけたことでした。プランクの式の扱いって実は結構難しくて、単純に波長と周波数を置き換えるだけでは正しい式にならないし、正しい変位則もでてこないです。そもそも高桑自身も最初きちんとわかっていなくて、ちゃんとプランクの式を扱えるようになるまで、めちゃ苦労しました。年末に台湾に出張中、ホテルに引きこもってウンウン言っていたのを覚えています。いずれにしても非常に勉強になりました。が、こんなことをいまだにわかっていなかったのか、、、とも感じました。わかっていたつもりになっていたことが、実際にやってみたら全然わかっていなかったということです。こんなことって実は結構あるのではと、開き直っています。ですので常に謙虚に自分はまだまだと思っていた方がいいかと思います。



図 1：出版した電波天文学の教科書

いずれにしても、全 224 ページ（本を作る関係上、16 の倍数でないといけないそうです）、定価 4180 円の本が出来上がりました。値段高いと言われそうで実際高いと思いますが、この値段は高桑が決めたものではないです。出版社が元をとって利益が出るようにしないといけないので、このような種類の本ですとどうしても割高になるみたいです。そもそも本として出版することにかなりの費用がかかるみたいなので、そこを全部出版社が持ってくれるだけでも感謝しないといけないと思いました。

出版から幸い、十分元が取れる部数 ～ 500 くらいは売れたようです。何人かの方々からはお褒めのお言葉もいただきました。また学生の方の何人かからはサインを求められて、舞い上がって喜んでサインしました。あと、高桑のゼミはもちろんのこと、幾つかの大学のゼミで採用されているようです。書いてよかったとずっとしみじみと感じております。もう引き出しは出し切ったので今後は本を書くという考えは持たず、研究論文の方を書くようにします。

個人的なことを書き連ねただけで終わってしまいそうですが、この本も天の川銀河研究センターの実績の一つになると思っています。当センターの人員は、皆さんこのように、日々泥臭くも成果を出すべく努力を継続しております。引き続き当センターへのご支援のほど、どうかよろしくお願いいたします。

副センター長　高桑 繁久