

新連載「みつめる, みつもる」その0 連載開始記念企画「惑星科学研究における見 積もり」座談会

瀧 哲朗¹, 田中 秀和², 黒澤 耕介³, 三浦 均⁴

(要旨) 様々な研究分野においてそうであると同様に, 惑星科学の研究の中でも「見積もり」と呼ばれる技術(あるいは操作)は極めて重要な役割をもつ。このたび遊星人では「見積もり」をテーマにした新連載「みつめる, みつもる」を開始する運びとなった。連載開始に先立ち, 連載の内容に関連した座談会が有志によって行われた。この記事では去る7月に行われた座談会の様子をお届けすることで新連載の知名度向上を図り, 連載初回記事の露払いとなることを目指す。

1. はじめに

遊星人の新しい連載企画「みつめる, みつもる」が12月号から始まる予定だ。この連載は惑星科学研究の中の様々な場面における「見積もり」をテーマにしたものである。その主な狙いは, (1)幅広い研究分野の読者, 特に初学者に向けて「研究の中に出てくる数字や数式感覚(見積もり)」を言語化して共有する, (2)教科書に載せるには具体的過ぎてそぐわないが, 雑誌論文では詳細と見做され省かれてしまう「隙間」の部分掘り下げ, まとまった解説記事として学会誌という媒体で世に送り出すというものになっている。

「遊星人に見積もりをテーマにした連載があると有益そうなので, ぜひ新企画を立ち上げましょう」というお話をいただいたのは, 本稿¹の執筆時点からちょうど1年前, 2022年7月のことだ。主筆者が遊星人の編集委員に加入したのは2021年の同時期だったと記憶しているが, その後1年間は特にこれといった貢献のない事実上の幽霊編集委員であった。1年の幽霊

期間と1年の構想期間を経て, こうして無事に連載企画が走り出したことは主筆者としても感無量である²。

さて, 数度の編集会議を経て無事に連載が始まる運びにはなったのだが, 新しい(かつ, これまでのものとはやや毛色の異なる)連載が前触れもなく始まるだけでは, 読者のみなさまに受け入れてもらえないかもしれないという懸念が主筆者の中にあった。そこで今回は識者の皆さまにお集まりいただいて「惑星科学研究における見積もり」をテーマとした座談会を行い, それを新連載の予告編という位置づけで記事にまとめることにした。

本記事では座談会の様子を読者諸氏にお届けするとともに, 新連載企画の趣旨をたっぷりと紹介し, さらに新連載の知名度向上を全力で狙うものとする。

2. 「惑星科学研究における見積もり」 座談会

2.1 見積もりとは何だろうか

¹本稿の筆者は後述する座談会に参加した4名である。しかしながら座談会の報告記事であるという本稿の性質から, § 1.3 および脚注は主筆者(=瀧)の一人称視点で書かれているという点をご承知おきいただきたい。

²本稿を執筆している段階ではまだ連載本編が無事に始まるという保証は全くないのだが, ここではそのことは一度忘れておく。

1. 東京大学

2. 東北大学

3. 千葉工業大学

4. 名古屋市立大学

takitetsuo@gmail.com



図1: 座談会当日の様子。左上から反時計回りに田中秀和氏、三浦均氏、黒澤耕介氏、主筆者。当日の回線速度の都合で主筆者とその他の方々との間で画質に差があるが、他の方々の顔をぼかそうという意図はない。

瀧 というわけで、本日は朝からお集まりいただきありがとうございます。この座談会は、メインゲストに田中秀和さん³、そして編集委員から新連載の発起人の一人として黒澤耕介さん⁴、さらに編集長として三浦均さん⁵にご参加いただいています。本日はよろしくお祈りします。

一同 よろしくお祈りします。

瀧 まずはメインゲストである田中さんに、研究の中での「見積もり」との付き合い方やご経験を語っていただくというところから始めさせていただければと

³惑星形成の分野で「見積もり」と言えばこの人」と名前が挙がる方の一人である。主筆者も研究会などでビシバシやられ…大変お世話になっている。

⁴この新連載は主筆者が黒澤さんに唆されたことによって誕生した。また企画の立ち上げまでには何度も(様々な場所で)相談に乗っていただいた。新連載立ち上げの作業は主筆者が事前に思い描いて…もとい見積もっていたよりも遥かに大変だったので、この場を借りて黒澤さんに深く恨み言を申し上げると共に、企画がちゃんと形になるまで導いてくださったことに深く感謝の意を表したい。

⁵見積もりを愛する遊星人編集長。本連載の開始を快く応援してくださいと共に、今回の座談会についても快く参加を了承してください。

思うんですけど、いかがでしょうか？

田中 自分がメインゲストだというのは今初めて聞きました。今日はこんなに沢山参加者がいるから、自分はあまり喋らなくて良くて楽だなと思ったんですけど…。

瀧 (えっ…)

田中 今日のテーマは「見積もり」ということなのですが、我々の研究はもうほとんど「見積もりをしているだけ」ですよ。極めて定性的な研究の場合が多くて、具体的な値はそれほど重要じゃない。でもオーダーくらいはどうしても重要になるよね…ということで、「研究イコール見積もり」という風に考えていいんじゃないかと思います。

瀧 なるほど、「研究の中での見積もり」と言うよりは、むしろこの分野における研究は見積もりそのものであると。

田中 遊星人における科学的な記事はすべて見積もり。見積もらない研究はほとんどないと思って良いですよ。

瀧 そうなってしまうと今日のトークテーマも「研究と見積もり」というよりは、もう研究それ自体になって

しまう感じですね。すべては見積もりであるという。

田中 そうだと思いますね。見積もりじゃないという例外ありますか？

三浦 例外とは少し違うかもしれませんが、例えば数値計算の研究だと「こういうモデルで数値計算しました。その結果こうなりました」という話がされることは多いと思うんですけど、でも「数値計算したら確かにそうなんだろうけど…」っていう風を感じる時が結構ありますよね。これは見積もっていないことにならないでしょうか。

田中 それは見積もりの道具の問題ですよ。その研究は数値計算という道具で何かを見積もっている。それとは別に式だけを使って見積もれば、それはなんか解析的な見積もりになると言った具合に。

三浦 個人的には「見積もり」と言うときは「割り算掛け算くらいでとりあえずオーダーを見積もるもの」というイメージがありました。

田中 そういうこともあるかもしれませんが、シンプルに実感したいということですよ。つまり今回の座談会で考えたいのは「シンプルな見積もり」ということなんでしょうか。

瀧 確かに見積もりの中にも段階とかグレードはありそうですね。今度の新連載は、見積もりの中でも特に「シンプルさ」に重きを置いた見積もりを取り扱うものという位置づけになるんですかね。

三浦 個人的には田中さんのおっしゃる意味で広く「見積もり」と言っても、まずは本当に四則演算だけでできる程度のものがあって、その一段階上に積分とかを使って解析的に求めるものがある、さらにその上に数値計算みたいなものがあるという風を感じていて、今回の連載で対象にしている「見積もり」は、その一番最初の「四則演算でできるもの」というイメージがちょっとありました。

瀧 正確さの段階みたいな。

三浦 あー、そうですね。正確さでレベル分けすると、そういう感じで3段階くらいある。定量性とか…なんていうんだろう。正確性なのかな？ そういう尺度を使うと僕は勝手に3段階くらいに分類して考えているイメージですね。

田中 何かを見積もるときに「この関数だけはちょっと複雑なんだけど、その x と $f(x)$ の関係さえ使えば、あとはもう四則演算で済む」なんていうこともありま

す。

三浦 確かに、そういう意味では先ほどの3段階の中間もありますね。

田中 その関数が非常に普遍的でいつでも使えるのなら「シンプルな見積もり」にもその関数は使っているよってことになりますね。

黒澤 かつて遊星人に掲載された『林太陽系の日々』で見た話なんですけど[1]、林先生も難しい関数はテーブルを作っておいて、この数字を入れたらこの数字になるみたいなことをパッと分かるようにしていたとか⁶。

田中 テーブルとか図になっていれば関係は明らかですよ。とにかく関係が明らかでありさえすれば良い。例えばベッセル関数なんかも「よく知っている」関数なので、もうそれは明らかなものとして見積もりに使えばいいんです。

一同 (笑)

瀧 あらためて言語化してみると「見積もり」という言葉からイメージするものも、人によって結構違っていきそうですね。惑星科学という分野は、やっぱりどうしてもそこまで厳密な検証を経ながら進むことはできないので、研究自体が見積もりのようなものであるという側面もありますし、その過程の中の一部を取り出してそれを見積もりと呼ぶ場合もあるという。

田中 はい、いろいろな数値計算をしたり、または室内での模擬実験を行うことで惑星についての見積もりを実行しているわけですね。

三浦 そうすると「見積もり」と「オーダーエスティメーション」ってちょっと意味合いが違うんですかね。

田中 それはやはりどれぐらいの精度でやっているかという話になりますかね。パーセントオーダーの精度を出すのか、ファクターでいいのか、それともオーダーなのか、使っている式の精度によって見積もりの結果の精度も違ってきますよね。

三浦 そういう意味では、瀧くんが前日に送ってくれたメモ⁷の中で、質問項目として「新連載でどんな記事を読みたいと思うか」という話があったと思うんですけど、僕が勝手に期待していたのは「可能な限り四則

⁶引用文献[1]の図2bなどからその様子が窺える。

⁷主筆者は段取りを極めて大切にしている人間なので、座談会で想定される話題を事前に見積もり、そのリストを参加者に共有していたのである。ただしリストは前日の夕方に送った。

演算だけで、どこまで、何が説明できるか」みたいな話を色々な分野について聞きたいなというあたりでした。

田中 非常に難しい話になってしまっていると、周りの人が理解するのは大変ですからね。よりシンプルに理解したいというのは、まあ、常に私たちの目標なわけです。

三浦 そうですね、自然科学の目標ですよ。いま惑星科学会の講演を聞いていても、やっぱり分野がすごい細分化されていて、それぞれとても詳細に研究されている。それ自体は良いことなんだろうけど、詳細なところまで話が進みすぎていると、自分が普段扱ってない分野になるとなかなかフォローは難しいなと思うことが正直結構あります。でも、そういった他分野の話もできれば理解したいという気持ちも勿論ある。特に惑星科学会は頑張ってるシングルセッションを維持している学会なので基本的に全部の話が聞ける。そうなっている以上は、できる限り全ての話を理解したい。この連載が、そういう意味で幅広い分野への理解の一助になってくれると嬉しいなと思っていますね。

瀧 はい、ぜひそういう連載にしていきたいと僕も思っています⁸。

2.2 事前の見積もりの大切さ

瀧 物事をシンプルに理解するための手段としてのシンプルな見積もり、例えば微分方程式を割り算と掛け算にしてしまおうとか、そういう最も簡単なレベルの「見積もり」を考えたときに、ご自身の研究の中の「見積もり」との付き合い方に関するエピソードをお聞きしたいです。ざっくり分けて、理論研究の中で出てくる見積もり、黒澤さんのやっつけやっつけのような実験的な研究の中で出てくる見積もり、さらには今日集まっている我々はみんな数値計算もやっていますけど、数値計算と見積もりとの共存のさせ方というか、両者をどういう風に突き合わせていくか、そういったあたりについてご自身の研究経験からのお考えをお願いしますか。

三浦 黒澤さんは実験装置をよく作られていると思うんですけど、実験装置って数値計算のプログラム

と違って、作っちゃったらなかなか直せないですよ。なので作る前に詳細な設計というか、デザインが必要と思うんですけど、その時にこういった見積もりが重要になってくるのかといったあたりをぜひ聞いてみたいです。

黒澤 まあ、当然やりたい実験に合わせて装置の仕様を作っていくわけなんですけれど……ちょっと、その、基本的にはですね、お金の見積もりの方が効いてきちゃうんですよ。

田中 お金の見積もりがオーダーエスティメートだと大変なことになっちゃう。

一同（笑）

黒澤 あとは「この範囲で使える装置」というのをガチガチに固めて作ると、その実験が終わったらその装置がいなくなっちゃいますよね。なので、お金が許す範囲の中で一番多くを包含できるものを目指します⁹。例えばガス圧を上げなきゃいけない実験をやりたいときにチャンバーを大きくしすぎるとものすごく大変¹⁰になってしまう。そういうところから徐々に詰めていって「これくらいのサイズ感が良さそうなので、その中で一番大きく作りましょう」という感じ。

三浦 装置の材質とかを選択するときに「こういった圧力に耐えられるためにはこれくらいの厚みが必要」みたいなところも見積もるんですかね？

黒澤 その辺になってくると構造計算の話になってきちゃうので、僕らみたいな素人じゃなくて専門のチャンバー屋さんがないと難しいですね。特に高圧の場合は装置が外向きに破壊されて実験者に危害が及ぶ可能性もあるので、オーダーエスティメートのレベルではダメで、専門業者さんの過去の実績に基づいてしっかりと設計をしていただく必要があります。

田中 いろいろな過去の経験の蓄積のもとで装置を作るわけですよ。そもそも全然経験のないところの「見積もり」にチャレンジするのはかなり簡単ではないです。

黒澤 学生実験みたいに試行錯誤することが重要な要素になるものもありますが、巨額の予算を使って長く使える実験装置を作ろうという場合にはやはり経験の有無というのは大事な要素ですよ。

瀧 実験研究の中で出てくる「見積もり」は、ポスト

⁸ 主筆者自身が記事を書くわけではないのでなかなか無責任な発言である。

⁹ 「チャンバーは大きければ大きいほどいい」という格言があるらしい。

¹⁰ 予算が大変。

プロセスというか、結果を見た後にやる見積もりが多くなってくるんですか？

黒澤 いや、そんなこともなくて、実験条件を決めるときには事前の「見積もり」がとても重要です。例えば、私が学生の頃にやっていた発光分光分析だと「どれくらいのエネルギーを投入したらどれくらいの発光量が期待できるか」というのを、あらかじめ見積もった上でゲインを決めたりとか、「実験装置の特性として、これくらいの光量だったらこれくらいのゲインにすると何カウント取れてSNが一番いい」みたいなことを見積もってから実験します。

田中 まさに見積もりが重要な場面ですよ。その見積もりを間違えると「この実験設備じゃ全然ダメだった」なんてことになってしまふ。実験の前の段階で非常に詳細に見積もって「この実験をやることで、こういう結果を得ることができる」というのを綿密に調べておかないと、とんでもないことになる。

黒澤 そうですね。そういう話だと、具体例を出すと良くないかもしれないんですけど、(中略)¹¹。まあ、結果としては関連分野の研究がすごく進んだので、全くの無駄ということではもちろんないんですけど。

三浦 新しい物理が見つかったという意味では、大いに意義があったわけですよ¹²。

田中 事前の見積もりは詳細にしなきゃいけないのは当たり前なんですけど、失敗することも当然多い。具体例は記事にするのが難しい場合があるので、ちょっと具体例を話すのは非常に難しいんですけど¹³……そもそも全部ちゃんと見積もれるんだとしたら、もうそれ以上は詳細な研究を一生懸命する必要なんてないよね。やっぱりいろいろな不定性がある中で見積もりをしているので失敗は当然ある。「こんなのもうほとんど決まってるよね」という話に説得力をつけるために詳細な研究をやるということもあるかもしれないけれども、我々が本当にやりたいのはいろいろ

ろな不定性がある中で研究をすることなので、そういう見積もりは失敗することも多い。

三浦 見積もりをするときって基本的には既知の物理法則・既知の現象に基づいてオーダーエスティメーションをするわけですけど、実際は未知の現象が隠れていたりとか、現実はいろいろシンプルじゃないということなんですよ。先ほどの黒澤さんの話¹⁴みたいな感じで「当然失敗する」って言ったら変ですけど、見積もり通りに行かないことも当然ある。

田中 複雑な要素がいろいろと絡み合ってきて予想外なことが起こる。でも我々は予想外のことで新発見をしたいので、予想外のことが起きるの自体はウェルカムですよ。そういう意味でも、やっぱり事前の見積もりは、少なくとも既知の現象についてはきちんと盛り込んでおく必要があって、そのためにはそれなりの知識が必要になってくる。

三浦 そういう意味では、まだそこまでの知識は蓄えられてない、若手の……多分この記事の想定読者にもなると思うんですけど、大学院生とか若手の人がきちんと見積もりをするっていうのはなかなか難しいことではあるのかもしれないですね。

田中 まあ、それはどのレベルの人でも……常に見積もりは難しいので、その「難しいこと」をやっているから、我々の研究は研究として成り立っているわけだよ。

三浦 そうですね。四則演算だから簡単というわけではないってことですね。

瀧 既知の物理・既知の現象をちゃんと考慮することは必要にしても「見積もりに失敗したら研究としてはむしろ面白くなる」という観点は重要ですね。

田中 でも当然分かりうることは事前にちゃんと分かっておかないと批判の元になってしまう。本当に「これは事前には予想できなかったね」というレベルの「予想外」であればウェルカム。

瀧 分かるべきことを事前にちゃんと見積もって正しく分かっておく、つまり正しく予想しておくことで初めて、予想外の何かが起きたときにそれが「予想外」だと分かるという。

田中 そうですね。何が原因かっていうのを明らかに

¹¹具体例を出すのは本当に良くなかったので、本稿ではこの部分は涙を飲んで割愛している。

¹²読者諸氏に黒澤さんのお話の具体的な内容をお伝えできないのがとても残念だが「見積もりは失敗していたものの結果的にはこれまで人々が気づいていなかった新しい物理が見つかった。当初の目論見とは異なってしまったが関連分野の研究は大いに進展した。それはそれでうれしい」という話が行われた。

¹³本当に難しい、本当に面白いのは具体例の部分なので本当に難しい。

¹⁴先ほど「割愛」された話のこと。みんなこの話が大層気に入ってらしく、今回の座談会の中では度々言及されている。しかしながらあまりに具体例過ぎるので本稿に載せることは決してできない。

にするためには当たり前のことを潰していかないといけないわけで、やはりどんな分野であっても事前の見積もりというのは非常に重要だという感じになりますよね。

三浦 コストがかかる研究ほど重要になる。

瀧 確かに。今回の座談会には機器開発が専門の方はいないですけど、観測機器の設計とかではそれこそ重要そうですね。

田中 それはもう非常に綿密な計画が必要です。

2.3 ポストプロセスとしての見積もり

瀧 ここまで「事前の見積もり」のお話をしていたんですけど、一方で「ポストプロセスとしての見積もり」というものも研究の中で頻繁に出てきますよね。

三浦 自分の日常生活の中でよく出てくるのは、学生が「こんな計算結果が出ました」と何か持ってきたときですね。結果の妥当性をチェックするには、そういう見積もりが欠かせないと思います。正しいかどうかの判断基準としての「見積もり」ですね。

田中 数値計算でも実験でも間違いは必ず起こるので「経験上これは絶対正しい」というところでチェックをするというのが非常に重要ですね。そういうチェックを全部クリアしてこそ新しい発見が発見になるんです。

黒澤 僕らがやってるような衝突実験だと「投入した運動エネルギー以上のことが起きてる」とみたいなケースがあります。

田中 エネルギー保存のチェックは重要ですね。

黒澤 以前、水氷の蒸発実験をやっていたときに、まあ普通に水蒸気量が得られて「よしよし、ちゃんと結果が出てきた」って最初は思ったんですね。でも投入した運動エネルギーから水蒸気発生量の上限を見積もって、実験で得られた水蒸気量と比較してみたら、上限を超えて水蒸気が発生していることが分かったんです。どこから出てきた？なんでだ？って思って調べたら、砕けた氷がチャンバーの壁にひっついていて……チャンバーの壁は室温だったので、そこで蒸発してる方が圧倒的に多くて。

三浦 じゃあ、本当はほとんど昇華しないはずだったのに……。

黒澤 床は液体窒素で冷やしていたんですけどね。

なるほど、冷やすのは床だけじゃダメなのか！って、そこで気づけました。もし、結果が得られた段階で一度立ち止まって見積もることをせずに「たくさん水蒸気出ました」って論文を書いていたなら、もうとんでもないことになるところだった。

田中 やっぱりまずは当然成り立つべきことがちゃんと成り立っているかどうか。そういうことを確認した上での新発見ですよ。

三浦 そういう意味では自分自身に対するチェックでもありますね。人へのツッコミだけでなく、自分が出した結果に対して自己チェックとして行うべきものとしての見積もり。

田中 もちろんそうですね。数値計算するにしても常にダブルチェックしていないと、どんな結果でも出てきてしまうので。

三浦 言い方はあれですけど¹⁵、やっぱり自分で自分の結果を客観的に検証できるのがプロなのかなって気がしますね。やりっぱなしじゃなくて、ちゃんと自分で自分の結果を客観的に見られる人。

田中 できるだけ独立なダブルチェックができるといいですね。

瀧 数値計算の場合だと、見積もりと数値計算は基本的には同じ方程式系を使ってしまっただけですけど、数値的に解くのと手で解析的に見積もるのとで、独立の手法によるダブルチェックという意味合いは大きいですね。

2.4 終わりなき見積もり

黒澤 田中さんといえば、というところで話題にすると、自己相似的衝突カスケードの天体サイズ分布のべきが一個の数字で出てくるっていうあれ[2]は、なんかすごく素晴らしいなと思っているんですけど、あれはポストプロセスに当たるんですか？数値計算でやってみたらそういうべきが出てくるけど、なんでかなっていうところから始めたということなんですか？

田中 あれはまたちょっとここまで出てきた「見積もり」とは別で、どういう風に近似計算をするかという話です。モデルを立ててから、それを使って何かを示していくという類のもの。もともとはIcarusに

¹⁵主筆者自身の発言も含め、この座談会では「言い方があれ」な部分が多々見られるが、今回は可能な限り「あれ」なまま残すことになっている。何故ならばその方が面白いからである。

Williams & Wetherillという論文[3]があって¹⁶、そこでなにか非常に美しくない計算をしていたので……まあ、こんなバツと綺麗に行くじゃんと思ったのでバツとやったというか、できるだけシンプルな形で示すのが重要だという意味ではここまでの話にもつながるかもしれない。

三浦 その計算は、いわゆる「解析的な計算」になるんですかね。

田中 そうですね。当時、論文紹介のゼミがあったんですけど、そこで他の人が発表しているのを聞いて「こんなじゃダメだ。でもこうやればいいんじゃない？」みたいな。そういう研究です。

三浦 最初の方でも出てきましたが、我々は自然科学を研究しているわけですけど、やっぱり「いかにシンプルにできるか」っていうのは重要だなという気はしますね。無駄な要素を省いて一番削ぎ落としたところに……なんて言うんだらう？ 真理というか、そういうのがある。それを見つけるためには見積もりがやっぱり重要だろうと。

田中 見積もるときにもいろんな式を組み合わせで見積もりを行うわけだけど、どの式が仮定なのか、どの式はもう絶対合っているのか、そういうのを整理して「この仮定とこの仮定がちょっと怪しいね」とか、場合によっては「これはいらないね」というのを明確にすることもとても重要になります。

三浦 そうですね。

田中 詳細な研究をした後に、この見積もりがどのくらい合っていたか、またこっちの仮定はどのくらい合っていたのか、そして合っていたらどうしてそういう仮定が合っているのか、一見当たり前じゃないような式がどうして常に成り立っているのか……っていうことを調べて「原因」を明らかにするのが、詳細な研究をしたあとに続く次のステップです。

三浦 見積もりというものが仮説に相当するという側面も意識しておく必要がありますね。

田中 まずは当たりのことを非常にシンプルに考えておいて研究をする。すると、実際はそんなにシンプルじゃなくて複雑になるんだけど、複雑になること

でそのシンプルなところからどうズれてくるのかということが分かってくる。そういうふう整理しながら進んでいく必要がある。「なんかこんな関係が出てきて不思議だね」で終わってしまうのは、まあ、あまりまともな研究じゃない。

三浦 そうですね。普通、研究には「仮説があり、それを検証する」という流れがあるわけだから、まずは仮説が必要なわけですけど、ここで重要なのは、単に仮説を立てるだけじゃダメというところで……。

田中 はい、できるだけシンプルにして、どういう仮定をしているのか、どういう当たり前の式を使っているのかを整理することが重要です。説得力をもたせるためにはどうしても数式が必要になってくるわけですけど、そこで見積もりに基づいてちゃんと仮説を立てておいてから検証する。で、必要に応じてその仮説というか見積もりを再度修正して……という繰り返しの流れの中で答えにたどり着く。そのためにもやっぱり見積もりがいっぱい必要なんです。三浦さんが言ったみたいに、仮説の部分を適当にやったら後で道に迷っておしまいになってしまう。

三浦 見積もり無しでは具体的なものは得られないということですね。結果は出たけど結局どういうことなのかをシンプルに理解することは難しい。

瀧 事前の見積もりというのは説得力のある仮説を提示するための行為という側面があって、一方でポストプロセスとしての見積もりは得られた結果の妥当性チェックであるのと同時に、なるべくシンプルに本質を理解しようという試みなんですかね。

田中 ただ、なんかいろいろ頑張って数値計算結果を解釈しようとはしているんだけど、辻褃合わせ¹⁷みたいになってしまっているものも結構ある。「なんかまあこんなん説明できるよね」「あー、説明できたからもういいや」みたいな。

瀧 本当はその「辻褃」が合ったら、今度はその辻褃がどこかで破綻しないかというのを次の仮説としてより深く検証していくことも必要なわけですよ。

田中 そうですね。どうして一見自明ではない関係がうまく成り立っちゃうのか、それが成り立つ条件はどうなのか、どういう条件だとその関係が成り立たな

¹⁶この話も相当に「具体的」だが、ここまではギリギリセーフと主筆者が判断して座談会参加者一同の責任のもとでそのまま掲載してみた。いわゆる連帯責任というやつである。

¹⁷主筆者が決める本日のパワーワード第1位(この後も何度か出てくる)。

くなるのかとか、そういう適用範囲みたいなものを明らかにしなきゃいけない。

瀧 研究を深めて発展させていくためには「見積もりを繰り返す」研究生活を送る必要があるということですね。

三浦 そうですね。見積もりは終わることがない。

瀧 見積もりが終わると見積もりが始まる(笑)

三浦 今は、何かの「関係」とそれに対する見積もりについての話をしてきたと思うんですけど、最近流行っているAIなんかだと、どんな「関係」があるのかを見つけるのは得意なんでしょうけど、じゃあなんでその関係が成り立つのかということを考えようと思ったら、そこにこそ物理を知っている、物理を理解している人間の……えーと、「人間力が試される」って言ったらちょっと言い過ぎかもしれないですけど、そういうのがあるわけですよね。

瀧 そういう意味で今後見積もりの重要性が増していく可能性はありますね。簡単に結果が得られる世の中になればなるほどに。

三浦 AIを誰でも自在に扱える時代になったらAIじゃできないところを鍛えていくことが求められるようになる気がするので、そうすると見積もりの重要性が相対的に上がっていきそうです。

瀧 最近の数値計算研究は既にそういう側面が強くなっているという感もありますよね。公開ライブ러리や公開コードがかなり充実してきていて、計算するだけだったら誰にでもできちゃう……まで言い切るとさすがに言い過ぎになりますけど¹⁸、「誰にでもできる」という時代に近づいてきているという実感があるので、そういう時代にこそ見積もりの能力を鍛えるというのが重要になってきそうです。

三浦 黒澤さん達が精力的にやっているiSALEの講習会¹⁹なんかは、やっぱり誰でも使える……って言ったらちょっと言い過ぎだけど、ある程度使いやすいパッケージになっているものだから、まあ数値計算は誰にでも実行できてしまうと思うんですけど、講習会の場では、こういった「見積もり」みたい部分

を取り扱っていたりしますか？

黒澤 講習会では衝突物理学の基礎みたいところから始めていまして、「こういう既知の関係式があって、これを解くには手計算ではここが限界で、じゃあここから先は数値計算しなきゃいけないですよ」っていう導入をしているんですよね。オーダーエスティメートのレベルだったら既によく知られている関係式が使えるけれども、じゃあそのオーダーの中のファクターがいくつなんだろうって考えたらもう少し詳細にやる必要があって、詳細にやろうとするとどうしても空間二次元以上の現象になってきて、じゃあ解析的にやるのは難しいですよ？ というわけでiSALE使いましょう！って感じの。

瀧 講習会ではむしろ見積もりの限界を示すことによって数値計算の必要性をアピールするというロジックなんですね！

三浦 iSALE講習会だから！

瀧 iSALE講習会で「いや、見積もりの方が重要なんだよ」とは言えないですからね！

黒澤 講習会の範囲ではどうしても系統立てたパラメータサーベイみたいのところまでやってもらうのは時間的に厳しいので、各自で何かお題を決めて一つ数値計算をやってもらって「それなりの絵が描けるよね」と納得してもらうところが限界という感じです。本当はパラメーターを変えて物理を検証していくところまで行ければ理想的ですけど。

田中 でもそこまで行けば講習会が終わったあとで個人的に時間をかけていろいろやりたい人はやれるという状態なわけですよね。

瀧 そうしたら、講習会の後にこの連載を読んで見積もりの大切さを認識しつつ計算を重ねて行ってもらえるといいですね。

2.5 時代の流れと見積もりの流れ

瀧 先ほど三浦さんから出していただいたAIの進展の話とちょっと似た話題になるんですけど、惑星科学研究の中での見積もりの位置づけの変遷という点について考えてみたいと思います。個人的には、おそらく時代とともにある程度は位置づけが変わってきているんじゃないかなと予想しているんですけど、自分は研究を始めてまだ10年くらい²⁰なので……。先輩である皆さまは僕よりも長く業界にいらっ

¹⁸ この座談会では参加者が次々に言い過ぎていく。

¹⁹ 衝突物理コードiSALEの新規参加者向け講習会のこと。2015年から黒澤さんを含む有志によって運営されており、2017年以降は国立天文台CiCAとの共催で行われている。詳細は以下などを参照：<https://www.cfca.nao.ac.jp/node/1085>

しゃるので、ご自身が感じてきた変化についてお聞きできればと。

三浦 うーん、僕はいま20年くらいです。でも、そこまで感じていない。見積りの重要性みたいなものがあり方が変わったなっていう印象はあまりないですね。

瀧 なるほど見積りの重要性は普遍的なものであるという。

田中 昔は数値計算をするのも大変だったので「数値計算できない」という境界条件があって、どう見ても無理な仮定で、現実には成り立ってなさそうというのは分かっているんだけど、でもそういう仮定の下で解析的に計算してみましょうみたいなことはあった。いろいろ特殊関数とか使って「この仮定が成り立っていればこれで解析的に積分できるよね」みたいな研究はありましたよね。でも今はもう大抵できるので、数値計算が。

三浦 そうそう。できちゃうんですよね。そういう意味では、昔は数値計算の限界っていう境界条件が身近にあって不便だったからこそ逆に人間が必死に工夫したって面はありそうですね。今は何もかもが便利になってしまった。

田中 無理な仮定をする必要がなくなったということですね。

黒澤 ちょっと思い出したんですけど「機械学習に任せればとにかく結果が予想できるんだから理由なんか気にする必要はない」という時代が近い将来に来るという予想をしている人もいて、そういう視点もあるのかなという気はしているんですけど、それについてはどう思いますか？つまり、今こういう風に我々が「見積りが重要」と言ってるのは、まだ「機械学習の能力が不十分」という境界条件に縛られているから、そういう考えになっているだけなんだという風に言い換えることもできると思うんですけど。

三浦 僕のイメージとしては機械学習って問題は解けてもどうしてそうなってるのかは結局わからないってイメージなんですよ。

黒澤 はい、いまのポイントは「とにかく結果が出てくる」ということなのかなって思います。とにかくも

のすごい速度と精度で結果が出てくる。これからさらに計算機や機械学習手法が発展していくと、僕らみたいな研究者の役割っていうのも自ずと変わってくるんじゃないか…みたいな話ですね。

三浦 個人的にはやっぱり「とにかく結果が出てくる」ときの「なんでかは分からない」というところは嫌だなというのがあります。そこを理解したいというのが好奇心で、つまり我々のモチベーションじゃないですか。

田中 そこを理解したいがためにやっているのか、それとも結果を得るためにやっているのか、そこをはっきりさせるべきという話かもしれない。結果を得なくてもよくて、ただ理解したいんだったらそれは自己満足じゃないかと、そういう論理なんでしょうね。結果が得られるということを否定してしまったら、それはもうあなたが個人的に楽しんでいるだけだよって言う。

三浦 そういう人もいらっしゃるかもしれない。いや、いろんな人がいていいとは思んですけどね。結果だけわかればいいっていう人も、もちろんある。

田中 ちゃんと理解しようとする、いつになっても結果にたどり着けないという部分はある。そこでどうするかということですよ。理解にこだわっているということは、あなたはもう結果を得ることは完全に諦めたんですねと言われてしまうかもしれない。

一同 (笑)

三浦 ただ理学系の研究って結構そういうのが多いですよ。その当時は全く役に立たなかった理解でも時代を経て新しいテクノロジーの発見につながったみたいなのは、やっぱりあると思うので「なんでそうなるの」というのを理解しようとする人が一定数いた方がいいかなって言うのはちょっと思います。

田中 でも、それもやっぱり機械学習が発展していなかった時代の話なので。今後どんどん機械学習が進化していくという時間軸のもとで、その考え方が成り立つかどうかは分からないですよ。

三浦 うーん、そうですね。未来の機械学習が「理由」まで出してくるなら脅威ですね。もう見積りも勝手にしてくれて、ここに新しい物理がありますよとか言い出すと、ちょっとそれはすごい世界だなって気がします。

田中 理由というか、経験の積み重ねによる経験則

²⁰ここで言う「10年」は10%程度のズレしか含まれていない、かなり精度の良い見積りとなっている。

というのがどんどんできてくる。このパラメータ範囲ではこの法則が成り立つんだという明らかな結果が出てきてしまうかもしれません。

瀧 理由というものの価値が今と変わってくるといことですよ、多分。

三浦 まあ、その範囲で絶対に成り立つ経験則がたくさんあったら、確かに理由なんてなくても予言・予想はできるようになっちゃうわけだから、理由まで知らなくてもいいってことになるかも。

田中 でも結局は、最初の方で言っていた「大体は四則演算でいけるけど、ここの積分だけはこの x と $f(x)$ の関係があって、それを使えばあとは四則演算で説明できる」ってのを、もうちょっと難しい話にしただけのことなのかもしれません。

黒澤 最近だと普通に使われるようになった主成分分析ってやつがあるじゃないですか。あれも、こう……あまりに複雑すぎるいろんな結果があるときに、それを分析にかけると勝手に上手く整理してくれて、その後で人間が「じゃあこの“PC1”っていう要素は何に対応しているんだ？」って考えるみたいなことをやるんですけど、多分そのうちいろんなパラメータを入れると「この相関はこれによって出てます」まで答えてくれるようになりますよね？ そういう時代になったときに研究者は何をすべきかみたいなことを考え始めると結構難しい話かもしれない。

三浦 そこまでいくと、そういう世界って面白いのかどうかという話にもなってきますよね。例えば今や将棋とか囲碁なんかってコンピュータの方が人間より強いわけじゃないですか。じゃあ名局を見たかったらコンピュータ同士にやらせればいいじゃんって考えもありそうですけど、それって面白いのかなっていう。まあ、科学とはちょっと話が違うかもしれないですけど。

黒澤 その話で言うと、藤井さん²¹いらっしゃいますよね。彼はコンピュータを相手に練習してすごく上達してるらしいですよ。そういう風にコンピュータを上手く利用してすごくなった部分もある。だから我々もそうなっていかなければならないと思います。

藤井さんと重ねるのはちょっとおこがましいですが²²。

三浦 確かに、コンピュータの結果を人間が自分なりに消化して自分の力にするっていう使い方はありでしょうね。やっぱり藤井さんの中でも何かしら「理解」という形に落とし込んでいるのかなっていう気がなんとなくします。コンピュータの膨大な試行錯誤を人間が理解して、人間がその傾向を何かのシンプルな法則に落とし込んでいるから本番で強いのかなっていう。例えば我々の今の例だと、膨大な経験則をAIが出してきたときに、人間がその経験則を理解するシンプルな法則を見つけたら、それはAIが出してきたものより多少精度は低いかもしれないけど、より広い範囲を予言できるようなものになっていて……みたいな。まあ、それがどう役に立つかって言われたらちょっと今すぐ答えられませんけど。

瀧 まあ確かに理屈がわからないと適用範囲がわからないみたいな部分はありますよね。将来的にはもしかしたら本当に“全パラメーター空間”を計算できるようになるのかもしれないですけど、そうじゃないんだったら、やっぱり理解がないと適用範囲もないので。

三浦 でもそういう適用範囲も「この範囲だったら、この精度で合う」みたいなところまでは、現在のAIでも出せそうな気がします。

瀧 範囲内は予言できてでも例えば外挿はできませんよね。まあ外挿は常に難しいんですけど。

三浦 そうそう外挿は難しい。外挿は常に難しいわけですけど。でも機械学習でこの範囲だったらこの法則成り立つ、この範囲だったら別の法則が成り立つっていうのを全部切れ目なくいろんな経験則を出せば、まあ実用的な範囲では全部予言はできてしまうってことになりかねないですよ。

瀧 そうなってくるとやっぱり難しい。将来どう生きるべきか²³は結構難しいですね。

三浦 そうそうそう。どう生きるべきかっていう。

瀧 我々が10年後、20年後にどう生きるかは見積もりが難しい。

²¹主筆者は藤井システムが全盛を誇っていた時期に将棋を(微かに)かじっていたので、もちろんこれは藤井猛九段のことであると言いつつ切りたくところなのだが、文脈的には確実に藤井聡太七冠(記事執筆時点)のことであろう。

²²将棋ファンの皆様に見つかって怒られる前に主筆者が代弁しておく。「それはそう」。

²³座談会時点では2023年7月に公開された話題の某映画はギリギリ公開前だったので、ここでは心の底からどう生きるべきかを心配している。

三浦 うまいこと言った!²⁴ 確かにね、我々もこの先で何を武器にするかっていうのを考えていかないとダメですよ。

2.6 数値計算と見積もり

黒澤 先ほどの話題と少し被るんですが、パソコンの性能が上がったことで皆さんの研究は変わりましたか? つまり昔だったら「この数値計算は大変だから頑張って手でやろうかな」みたいになってたところを、今だったら「こんなの1分で済むから何も考えずに最初から計算させちゃおうぜ!」みたいな研究生生活の変遷はありますか?

瀧 事前に人間がいろいろ考えるよりも計算しちゃった方が早いケース、つまり「まずは計算をして、結果を見てから理解しましょう」で済む範囲が広がっているとは思いますが、やっぱり人間ってそこまで賢くはないので、容易に数値計算できる部分は数値計算してみた方がいいかなと。

三浦 僕もどちらかというところ「とりあえず数値計算しちゃえ」という方が多かったです。でも中には「こういう現象が起こる」という予言をまず手計算だけでしておいて、その後で数値計算したら本当にその通りに起こったみたいな経験もあります。そのときはすごい達成感を得ました。数値計算なしの論文とそれを数値計算して実際に検証できたという論文が出るとやっぱり嬉しい。

瀧 それはすごく気持ちよさそうですね。

三浦 そういって、これは僕の中で「よくできた論文だな」として自画自賛しています。

田中 でもそれは問題があって……正しい式を使って正しい見積もりをやっていて、それで本当はもう結果は決まっているのに無駄な数値計算をしたということですよ?

一同 (爆笑)

三浦 もちろん一応理由付けをして数値計算するんですけどね。まあ確かに予言どおりにシミュレーション結果が出てくるのはつまらないと言えつならない。

田中 大事なのは、どの関係式・どの仮定をチェックするための数値計算なのかということなんです。何の不定性もなく解析的に分かっているものをただ数値積分したら、それはちょっとまずいよね。

²⁴このとき主筆者はその日一番のドヤ顔をしていた。

三浦 うーん、イメージとしては、平均場を使って解析的に出した計算を平均量にしないでちゃんと揺らぎまで入れてやったらどうなるかといった感じの仕事です。

田中 その場合も、その平均場の近似が何故成り立つのか、どうしてこの近似で良かったのか、そういう近似が成り立つ適用範囲はどこなのかということを考えないといけない。で、数値計算をやることで「こういう適用範囲だったんだな」としてことをチェックするとか。

瀧 そういう意味では、近似には絶対に適用範囲があつてどこかで必ず破綻するんで、数値計算は「近似が正しく破綻する」ことを確かめるためのものという使い方もありますね。

田中 そうですね。破綻することも、仮定が成り立たないことを見つけるのも、それぞれちゃんと一つの結果なんです。シンプルな結果に合う数値計算結果だけを求めるのは間違っていて、シンプルな予想と合わせるためだけだったら数値計算をやる必要はない。シンプルなところからズレが出ることが研究の進展。だから、もうびっくりと合って「あ、これはなかなか良くやったな」とか思っちゃいけない。ズレたことこそを成功としなくちゃ。

三浦 肝に銘じておきます²⁵。

2.7 これから見積もりを始める人へ

瀧 ちょうどいい話の流れになったので²⁶、これから研究を始める学生や駆け出しの若手の人たちに対して、見積もりとの付き合い方についてのアドバイス……というところちょっと堅苦しいですが、皆さんからのコメント的なものをお願いしたいです。

三浦 いわゆるオーダーエスティメーションのことって、体系的に教えてもらえる機会があまりないイメージがあるんですよ。

瀧 例えば見積もり専用の授業とかはないですよ、多分。

三浦 アメリカのどこかの大学でオーダーエスティ

²⁵文章にするとなかなか刺激的なやりとりであるが、座談会は極めて和やかな雰囲気で行進していたということを申し添えておく(図1に示した参加者各位の爽やかな笑顔をご確認いただきたい。もちろん図1に使った画像の撮影は座談会の最後に行われたものであり、場が荒れる前に撮影しておいたものとかでは決してない)。

²⁶本当に…?

メーションの講義をやってるという話を聞いたことがあって、それはいいなと思ってたんですけど、日本ではあまりそういう話を聞かない。でも教科書があるわけでもないと思うから、独学でやるのは結構難しいと感じています。なのでゼミとかを活用して欲しいですね。例えば数値計算している人だったら、簡単な四則演算を道具にして自分の計算結果が合っているか常に見積もる習慣をつけて、それをゼミとかで共有するようにしていくと地力が付くかなと思います。

田中 計算にバグがないかチェックするためには、とにかくそれなりの量の見積もりと、見積もりの習慣が必要です。なんか変な結果が出て「新発見だ」という風になってしまうのは、さっきも言ったように素人だと。

三浦 ゼミなんかで計算結果を発表するときも、ちゃんとした見積もりがあれば発表に説得力をもたせられるし、結果としてそれで聴衆を説得できたら自信にもつながる。そしてもちろん見積もり力²⁷も上がります。数値計算をしている人限定のアドバイスになってしまっていますが、とにかく常日頃からそういう訓練をして、見積もりを習慣化していくのが大事なのかな。

田中 ただ、辻褄合わせの、あまり説得力のない説明もよく見るので……。

三浦 そこを見極めて指摘してあげるのは教員の仕事ですよ。それはなんか変だよって。そしたら学生も「これは変なんだな」って分かってくれる。

瀧 見積もりの良し悪しを見極めるのは、見積もる能力よりもさらに一段上の能力という気はしますね。

田中 でも見積もりは必ず数式を使ってやるので……正しい式を使って正しい見積もりを行うというだけのことなので、別に誰にでもできるよ。

黒澤 かつて門野さん²⁸から言われたのは「昔の人は封筒の裏にこうやって計算したんだよ」ってやつで、簡単な見積もりは封筒の裏にその場でやれっていうのを実験室で教わりました。

瀧 と言いますと？

黒澤 門野さんが言ったのは「実験中も常にチェッ

クをしながら進みましょう」ということだったんです。でも実際の実験中はただ作業をこなすことだけに追われてしまうというのもよくある話で、後から「あー、あそこでちゃんと見積もっていたら軌道修正できていたのに」みたいな経験は結構あります。

三浦 実験でも理論計算でも、ある程度はその作業に慣れていないと、作業をするだけでいっぱいになってしまっていて、見積もりをする余裕が作れないかもしれないですね。適切に見積もりをするためには、プログラミングとか実験作業に習熟している、見積もりに頭のリソースを割く余裕を作れるようにしておく必要があるのかも。

黒澤 その余裕のある状態へと至るためには、どういう訓練を積めばいいと思いますか？

三浦 うーん、プログラミングとかはもう「やるしかない」という気がちよつとします。とにかく自分で書いて、動かして、バグを取って……っていう経験を積まない。実験なんかでもきつとそうですよ。時間をかけて実験装置を使い倒さないと習熟しないという。結局のところ「いかにそれに時間をかけるか」っていうのは結構重要かもしれないです。もちろん効率よく覚えることは大事ですけど、やっぱり自分の力にしようと思ったら自分の手を動かさないとどうしようもない。

瀧 実験なりプログラミングなりに習熟するのと同時に、見積もりにも習熟していく必要があると思うんですけど、やっぱりこれも手を動かした経験を積んでいくのが基本的には重要なんですかね。

黒澤 ここまで聞いていて「筋トレと似たような話なのかな」って思ったんですけど、でも僕も筋トレしてるわけじゃないんで²⁹、あんまり筋トレに例えるのもあれですね。あとは実験だけの経験を積もうとするんじゃないくて、実験と見積もりはセットなんだって意識してやっていくのが重要じゃないかな。

瀧 最初の方の話でもありましたけど、研究の前には見積もりがあって研究の後にも見積もりがあって、さらにそれはまた次の研究の見積もりにつながっていくので、とにかく常に自分の研究と見積もりをセットにして手を動かしていくというのが大事ですかね。

三浦 あとは見積もりっていう「別の方法」とか「別の

²⁷「みつもりりよく」と「みつもりちから」のどちらなのか気になると思うので補足しておく、ここは「みつもりりよく」だった。

²⁸産業医科大学教授の門野敏彦氏のこと。

²⁹筋トレしてるわけじゃないのかよ……!と思ったがその場では飲み込んだ(でもここに書く)。

視点」があるということを知っておくだけでも意味があるのかも。

瀧 なるほど。

三浦 まだ経験が浅い学生さんだと、なにかとんでもない計算結果になっているのにそれをそのまま出してくることは結構ある。出てきた答えを別の視点から見ると、ダブルチェックの方法が存在すると知っているだけでも立ち止まるきっかけにはなりそうですね。

田中 ただし、あまりチェックばかりしていると今度は研究が進まなくなるのでバランス感覚も大事ですね。まずは失敗してもいいからとにかく進んで、一段落してからチェックする方が良いこともある。すごく慎重に確認しながら次に進む人もいるし、チャレンジングに進めていってある程度進んでからチェックする人もいる。人によってバランスが違いますよね。まあ、あまりにチェックが足りないとさすがに後ですごく痛い思いをするので……ある程度は途中でチェックしないと厳しいよねっていうのは、だんだんみんな痛い目を見ることで覚えていく。

黒澤 ちなみに田中さんはどっちのタイプですか？ガンガンいっちゃう方が、慎重な方が。

田中 うーん、そこは誰と比較するかの問題ですよ。すごく慎重な人から見れば「なんかすごく危ない橋を渡る人だな」と思われているだろうし、逆の人から見ると「なんかすごく慎重だな、こいつ」と思われている。そういういろんな人がいるので……なかなか具体例は言えないけど、この座談会は具体例を出しづらいから難しいですね。

瀧 実際に原稿化する際は上手くぼかすんで、この場では名前を出しても大丈夫ですよ³⁰。

三浦 そうそう。僕はもう編集してくれるのを見越して喋りたいこと喋ってます。

田中 でも、あまりに面白おかしくやると瀧くんが記事にすくなっちゃうかもしれないから注意しなきゃいけない。

三浦 まあでも、投稿前には原稿を一回見せてくれ

るんですよね？

瀧 それはもちろんです。

三浦 じゃあ、そこでストップをかけられるから大丈夫でしょう³¹。

田中 ちょっと[黒澤さんが序盤で出したとても具体的な話]とかは載せるの厳しいよね。

2.8 合わせることを目的にしない

瀧 ちょうど[黒澤さんが序盤で出したとても具体的な話]に話題が移ったので、それに関連して「見積もりに失敗した具体例³²」を共有しておくとして若い人たちの役に立ちそうな気がします。皆さん、具体的な失敗談みたいなものってお持ちですか？

田中 見積もりは大体失敗するんで、失敗は常に山のようにあります。失敗した例は一生懸命宣伝しないからなんとなく目立たないだけで。

三浦 でも見積もりに失敗して詳細な結果と合わなかったってことは「何かを見落としていた」という事実が明らかになったという意味なので、その見落としていた要素さえ突き止めれば失敗とも言い切れないですよ。

田中 当然気づくべきだったところでちょっと変なことしちゃってたな……ってなると、まあ、その度合いによっては失敗だよ。

黒澤 あー、確かにそれだと失敗になっちゃうかもしれないですね。

瀧 田中さんが「辻褃合わせ」というワードを何度か出していますが、それと似たような話で「本来は合っていないはずのものを見積もり上は合っていると思い込んでしまった」みたいなパターンはありえますよね。

田中 なんか「こうなると説明つくからこれでいいや」みたいなやつはあるよね。

瀧 これは結構ガチの失敗パターンだと思うんです。

田中 だからあんまりね、合うことを目標にすると、やっぱりそれに引っ張られてしまうので良くない。ズレはズレでちゃんと結果なんだと、そしてその原因を明らかにすればそれはもう本当に素晴らしい結果なんだって認識は重要ですよ。

³⁰ここまで本稿をご覧になってきた読者諸氏にご賢察されていることと思うが、実は「残念ながら掲載に至らなかった話題」がそれなりの分量で存在している。特に「あなたはいつ・どこで計算していますか?」というセクションは丸ごと削除された。そんな無難そうな話題がどうして掲載不可になったのかは皆さまのご想像にお任せする。

³¹というわけで、本稿は参加者の皆さまの了承を得て掲載されている。

³²しきりに具体例を出すように誘導してくる座談会である。

三浦 つまり「合わせることを目的にしない」というのが大事なのかな。

田中 合わせることも、予期しないズレを見つけることが我々の仕事です。ただ、やっぱりね、なんか変なズレがあるとちょっとドキッとします。またなんかバグなのかなって。

一同 (笑)

瀧 この「合わせることを目的にするな」というのは、今回の座談会のかなり重要なメッセージになりそうですね³³。

田中 はい、合わないところこそ新発見が隠れているかもしれません。もちろん何のチェックもせずに新発見だと喜んでいたら恥ずかしいことになるので、いろいろと考える範囲のチェックをした上での「新発見」ですが、どれだけ石橋を叩いてやると研究になるのかという度合いは人によってかなり違うので、そこもまた難しいところなんですけどね。

2.9 新連載の開始に寄せて

瀧 そろそろいい時間になってきましたので、最後にあらためて新連載についてお話を伺っておきたいと思います。この連載に期待することや、どんな記事を読みたいかというご意見はありますか？

田中 うーん、まあ、見積もりを面白くするのはなかなか難しく、単に正しい式を使って正しく値を入れれば正しい結果が出てくる。そこには当たり前のことしかなくて、すごいことは何もなし。常に重要なのは、使っている式やモデルはどのような仮定をしていてどれくらいの精度なのか、そしてそれがどういう条件のもとで成り立っているのかというのを明確にすることだけです。

瀧 (連載記事のハードルが上がっていく……)

田中 また、見積もりを発展させて詳細な研究をやったという場合にも、見積もりのどの部分をチェックするための「詳細な研究」をやろうとしていたのかをはっきりと意識する必要があります。すでにガチガチの関係式が成り立っている問題だったら、見積もりで話は済んでいるのだから、さらに詳細な研究をする必要なんて全くない。そういう研究をして「結果的にすごく精度のいい見積もりになっていました」なん

ていうのも、すごいことは何もなくたってですね、ただ当たり前の式を当たり前に計算したから普通に見積もりができただけです。だから「なにかアクロバティックな見積もりができました」なんていうのは、使っている式の妥当性をちゃんとチェックしていないせいで不思議なことが起きたように見えているだけです。使っている式をちゃんと理解していれば「不思議な見積もり」というものは決してありえない。

瀧 (連載記事のハードルが上がっていった……) そういう意味では、この連載は当たり前のことが当たり前に書かれているものであってほしいというわけですね。

田中 はい、そういう「アクロバティックな見積もりができました」みたいな感じの記事になってしまうと、ちょっと心配な気がします。そういう人は、どういう式を使ってどういう仮定のもとでやっているかということを理解していないから、なにかすごく不思議なことが起きたように感じているんだと思います。そういう記事を書いてしまうと、自分がちょっと不注意な人間だという宣伝になってしまうかもしれません。

瀧 当たり前のことの当たり前さをちゃんと伝えられるような連載になるよう精進します³⁴。ありがとうございました。

三浦 僕の勝手な希望としては、この連載は大学院生や、なんなら学部生が読んでも面白いて思えるようなものになるといいなって思っています。先ほど田中さんが仰ったように、まあ見積もりってというのはある意味当たり前のことなんだけど、当たり前のことをきっちりやるってというのは結構難しいことです。

瀧 そうですね。

三浦 例えばプロ野球選手だって、打つ投げ走るっていう、ある意味当たり前の動きをととても高いレベルでできるからプロとしてプレーできてるわけで、その当たり前のことを「きちんとやる」っていう、そういうものを示す連載になってくれるといいなって思います。

瀧 当たり前のことを当たり前にきちんとやるってすごいことですよ。

三浦 あとは、自分が学部生のときのことを思い出すと「簡単な式を使ってこういうことがわかる」って

³³ カラー原稿だったら「予期しないズレを見つけることが我々の仕事です」辺りを赤太文字にするところである。

³⁴ 繰り返しになるが本編の記事を書くのは主筆者ではない。口から無責任な発言がどんどん出てくる。

うのをシンプルに説明されると結構ワクワクしたので、そういったワクワクを次世代の人たちにも届けられたらいいなと。今の遊星人の記事は、どちらかというと専門家に近い人たち向けの記事が多いという印象はあるので、もうちょっと若手の人が読んで楽しめるような、そういった連載になると嬉しいなというのは個人的に思っています。

瀧 そうですね、ありがとうございます!では最後に発起人である黒澤さんからもお願いします。

黒澤 私としては、「当たり前」の式というもの分野がちょっとでも離れると当たり前じゃなくなるので、他の分野で当たり前に使われてる式がどこから出てきて、どういう思想でその式を使って、それをどう料理してその数字が出たのか……っていうのが、いろんな分野から出てきてくれると面白いなと期待しています。

瀧 なるほど、分野間の相互理解を助けるような連載になってほしいと。

三浦 分野横断的な議論にもつながる連載ということですね。

瀧 本日はお集まりいただきありがとうございます。とても濃密な座談会になったと思います。

一同 ありがとうございました。

3. おわりに

今回は新連載「みつめる、みつもる」の開始に向けて「惑星科学研究における見積み」をテーマとした座談会を行い、新連載の予告編という位置づけで本稿を執筆した。田中秀和氏を始めとする参加者の方々の濃密な見積みトークの魅力之余さず原稿に落とし込むことは主筆者の筆力では望むべくもないが、その一部でも読者のみなさまにお届けできていれば幸いである。

今後予定されている本連載の査読記事著者陣³⁵のお名前はまだ伏せておくことにするが、極めて質の高い記事が次々に掲載される見込みであり、主筆者自身も一読者として連載の開始を心待ちにしているところだ。この連載が読者諸氏の、特にこれから研

究を始める若い方々の研究生活の一助となれば望外の喜びである。

本連載に関してご意見・ご要望がある場合は、ぜひお近くの編集委員までご一報ください。

引用文献

- [1] 中澤清, 2011, 遊星人 20, 61.
- [2] Tanaka, H. et al., 1996, Icarus 123, 450.
- [3] Williams, D. R and Wetherill, G. W., 1994, Icarus 107, 117.

³⁵今回は予告編なので例外だが、連載本編の記事は査読記事を基本とする予定である。

著者紹介

瀧 哲朗

東京大学大学院総合文化研究科 特任研究員, 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻博士課程修了, 博士(理学), 大学院を退学後は国立天文台天文シミュレーションプロジェクトと東京大学大学院総合文化研究科の間を行ったり来たりしつつ2023年より現職, 専門は惑星形成過程の理論的研究だったが最近は惑星が出来た後の研究にも手を出し始めた, 趣味は早寝早起き,

田中 秀和

東北大学大学院理学研究科天文学専攻教授, 博士(理学), 東京工業大学大学院理工学研究科応用物理学専攻博士課程修了後, 同大学所属にて日本学術振興会特別研究員PD, 同大学理工学研究科地球惑星科学専攻助手, 北海道大学低温科学研究所助教授等を経て, 2016年より現職,

黒澤 耕介

千葉工業大学 惑星探査研究センター 上席研究員, 東京大学大学院新領域創成科学研究科博士課程修了, 博士(科学), 日本学術振興会特別研究員PD, 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 宇宙航空プロジェクト研究員, 千葉工業大学 惑星探査研究センター 研究員を経て2019年から現職, 専門は, 衝突物理学, 日本惑星科学会, 日本地球化学会, 生命の起原および進化学会に所属, 趣味はギター演奏と変わった楽器の収集と演奏, 最近Jew's Harpを買いました,

三浦 均

名古屋市立大学大学院理学研究科 准教授, 筑波大学大学院数理物質科学研究科宇宙物理学専攻博士課程修了, 博士(理学), 日本学術振興会特別研究員PD, 東北大学大学院理学研究科地学専攻特任助教を経て, 2013年から現職, 専門は, 結晶成長学と, その地球惑星科学への応用に関する理論的研究, 日本惑星科学会, 日本結晶成長学会, 日本天文学会, 日本鉱物科学会に所属, 2021年1月より, 本誌の編集長を務めている, 趣味は囲碁とトランポリン, 最近, 五十肩のせいでトランポリンが跳べないことを嘆いている,