

日本数学会70周年記念

本記事は、2016年10月5日の京都大学数理解析研究所における森重文京都大学特別教授と藤野修大阪大学教授の約90分間の対談に基づいています。その際、編集委員長片岡清臣も収録のために同席しました。(編集部)

対談：森理論について

—森理論誕生から最近の発展まで—

森 重 文
藤 野 修

1 Hartshorne 予想

藤野：最初はやはり森理論¹⁾の始まるころの背景とか、そういう話をさせていただけるとありがたいです。

森：極小モデルとかそういうことに関連のある話を始めたもとのきっかけですが、僕が大学三回生のとき、当時、隅広²⁾さんがおられて、R. J. WalkerのAlgebraic curvesを講究でやってみえたんですね。それで隅広さんと知り合いました。隅広さんは、Hartshorne (ハーツホーン) 予想といって、接束 (tangent bundle) が豊富 (ample) な非特異射影代数多様体は射影空間のみだという、その予想に興味を持ってやっておられた。そういう状況でした。

ここで当時の京大代数幾何の教育・研究環境で印象に残っているものに触れておきます。学部三回生のときに一時帰国中だった広中平祐³⁾先生の代数幾何の授業⁴⁾がありました。修士のときには、永田雅宜⁵⁾先生の線形系の講義や、半年間滞在されたMITのM. Artinさんの代数曲面分類論の講義もありました。さらにR. Hartshorneさんが2年間滞在して後に代数幾何学入門の定番教科書になった著書を執筆中でした。今思い出しても素晴らしい環境でした。

そのとき双有理幾何にあこがれというか漠然とした興味を持っていました。当時は、2次元ではよく知られていることが、3次元だと軒並みうまく行かないという、いろいろな反例が作られていま



藤野修大阪大学教授

した。たとえば上野⁶⁾さんが、非特異な極小モデルはできないという例をKummer (クンマー) 多様体などを利用して構成したり、広中先生が、小平⁷⁾先生の質問に対する反例に関連して、3次元非特異射影代数多様体の間の双有理写像は、非特異部分多様体にそって爆発を繰り返すことによって得られないか？ という淡い期待に対する反例を作られたりしていました。あるいはO. Zariskiの極小モデル理論によって、代数曲面があったとき、第一種例外曲線があればつぶしていったら、極小

モデルにできるという話があります。その方法を真似して3次元でやろうとすると、いろいろな意味でうまく行かなくなる。どううまく行かなくなるかという、非特異射影的なものから始めても、つぶしていくと射影的でなくなってしまうたり、あるいは、それどころか、代数多様体ですらない解析的多様体になってしまう。そのような例がいろいろあって、きりがないと。なので、つぶしていくにも行きようがない。そういう感じだったんですね。

学部時代にそのような例を広中先生が絵を描いて解説して下さっていたので、あこがれを持っていましたが、隅広さんがやっておられた Hartshorne 予想にもぼんやりとした興味を持っていました。そこに、阪大の満洲⁸⁾さんが小林昭七⁹⁾先生の下で Frankel (フランケル) 予想の3次元版を解いたというプレプリントを送って来られて、それを読んだんですね。Frankel 予想は Hartshorne 予想より条件がちょっと強い。予想としては弱いわけですが、その証明を見ていたら、微分作用素の使い方で気がついたことがあって、Hartshorne 予想も解けるのではないかという気になって、ある晩、隅広さんのところに‘どうですか?’と聞きに行ったのがきっかけです。3次元の場合をまず一緒に解くことになって、それが解けたというのが、そういう方向に対する最初の仕事 ([1]) ですね。

藤野：それはおいくつぐらいのときですか。

森：1977年8月に論文を投稿したので76年か77年の始めですね。だとすると、助手になって2年目なので25才かな。

藤野：今の学生とはちょっと違うレベルの話ですね。

森：当時は修士を出たら助手になるのが普通だったので。藤野さんもそれとは違うけれども、ドクター3年の…。

藤野：私はいちおう博士課程に進んでいるので。

森：進んだけれども、すぐに卒業しちゃった。

藤野：そうですね。

先ほどの話が20代の半ばとして、森先生の論文リストなどを見ると、最初の論文が重み付き射影空間の…。

森：修論 ([2]) かな。

藤野：われわれ若い (と言っていると思うんですが) 人間から見たら驚きなのは、70年代半ばはまだ、重み付き射影空間というものもみんなが知っている話ではなかったんですね。

森：射影多様体の入れ物としては自然な空間なので、今から見ると、当たり前のものですけど、当時は重み付き射影空間自体をまともに研究した論文はなかったと思います。

藤野：当たり前とまでは言わないですが、ちょっと驚きです。その後、私の認識では可換環論関連の論文を何本か書かれていると思います。その話と、Hartshorne



森重文京都大学特別教授

予想の話と、ちょっとギャップがあるような気がするんです。

森：たしかに。当時、京都は環論をやっている人が多くて、代数幾何は丸山¹⁰⁾さんがベクトル束の話をやっていて、永田先生は有理曲面の場合をしようとしておられました。代数多様体の分類論というかたちでやっておられたのは東京の人という認識でした。ギャップと言われましたが、先ほど触れた微分作用素の使い方が可換環的発想から出たものでした。

藤野：Hartshorne 予想関連の話は、他の仕事と同時進行ですか。アーベル多様体の Tate (テイト) 予想でしたっけ。

森：Tate 予想の結果は 77 年 1 月の代数幾何学国際シンポジウムで講演しました。それがきっかけで永田先生と Artin さんが御尽力下さり、秋からハーバード大に助教授として滞在することが決まったのを覚えています。少し記憶が怪しいのですが、Severi (セヴェリ) 問題の解決 ([3]) の投稿が 75 年なので、そのあと Tate 予想の仕事、Hartshorne 予想 3 次元版と重複しながら続いたように思います。

藤野：私はキチンと読んでいないのですが、[3] が学位論文ですよ。

森：はい、学位論文です。

藤野：世間では、Hartshorne 予想を解いて学位を取ったみたいな印象なのですが、違うんですよ。

森：違います、学位論文は全く違う話で。当時は学部を出てから 5 年間たたないと学位を取れなくて、永田先生はそれを変えるためにその反例を作ろう¹¹⁾ というようなかたちで、たしか学部を出て 3 年ぐらいで取らせようとして下さった。

藤野：それでは 76 年とか 75 年ですかね。

森：論文 [3] の出版は 76 年でした。ついでに言うと、学位申請して公開講演まで 77 年の夏までに終わっていましたが、学位取得は 78 年 3 月でした。Hartshorne 予想の話はその投稿後で、さっき言った満洲さんのお仕事で急に出てきたんです。

藤野：Hartshorne 予想は有名な予想だったんですか。われわれは、素晴らしい解き方で解けている、森理論の最初の結果だということで認識していますが、Hartshorne の Ample subvarieties of algebraic varieties ですか、あの教科書の中に埋まっているクエスチョンかプロブレムという程度ですよ。

森：まあ、隅広さんはベクトル束による空間の綺麗な特徴づけという視点で一所懸命にやっておられました。それほど知られていたかどうかは分からないが、それに関する論文は多くなかった。部分的な結果を出しにくい問題ですからね。

藤野：Frankel 予想のほうは微分幾何では由緒正しい問題だったんですね。

森：もっと古かったですね。Hartshorne さんはその代数幾何版として問題を出した。彼はいろいろな予想をたくさん出す人で、しかも、この場合にはそういう設定が非常によかったわけです。Frankel 予想は今でも証明が難しいかもしれないけれども、Hartshorne 予想にすると、むしろ簡単なんですよ。

藤野：森先生は Hartshorne 予想のほう簡単だとおっしゃるけれども。

森：簡単というか、解いた本人としては、質のいい予想だったと言えます。

藤野：一部の人からは、正標数に還元する方法はよく分からないと。おそらく微分幾何の人は、代数幾何のテクニックを使うことをあまり好まないですよ。でも、有理曲線を作るのは Hartshorne 予想解決の際のテクニックしかないですよ。

森：今でもそれしかない。

藤野：不思議ですね。

森：そうですね。それはいつになったらはっきりするんですかね。

藤野：Hartshorne 予想にもう少しこだわりますが、みなさん基本的に Hartshorne 予想は正しいと思ってやっていたんですか。非常に安直な予想ですよ、接束が豊富という単純な仮定で射影空間 \mathbb{P}^n が出るというのは。

森：Frankel 予想のほうはもっともらしいから、という感じかな。

藤野：Frankel 予想はもっともらしかったんですか。

森：微分幾何の人はみんな信用して。

藤野：なるほど。

森：でも、僕自身は、正しさに違いないとか、そういうふうには思っていなかったんじゃないかな。単に、あれこれ考えるのが面白かったように思います。

藤野：有名な話で、いったん解けたと思ったけど間違っていて、直そうとしたらどうのこうのと。

森：それは 78 年のときですね。

藤野：アメリカですか。

森：アメリカです。

藤野：大半の読者は興味がないかもしれないのですが、何をどう間違ったのですか。

森：Frankel 予想の仮定の下で何か分かっていることはないか調べると、コンプリメンタリーな次元のものが必ず交わるとか、そういう結果があるんです。その類似を証明できないかと思ったんです。必ず交われれば、Picard (ピカル) 数 1 とか何か、そういうものに近いかと思って、接束が豊富という条件の下でやろうとした。変形してやろうとするわけです。部分多様体があったときに、それを直接は動かさないけれども、それにのっている曲線を使って動かして、曲線からの写像を動かしたらできるかなと思ったんです。すると、接束の引き戻しの 0 次コホモロジーが変形空間の接空間になりますよね。それで話がのるかなと思って、そのままではだめだけれども、Frobenius (フロベニウス) 射で引き戻せば動くから。

藤野：間違っていたときにすでに mod p で、Frobenius 射を使っていた？

森：mod p でやっていたんですね。それで動くと。接空間の次元がたくさんあるから動くと。動くから、これで交わるかと思ったわけです。でも、写像を変形しても写像にならない。それは、爆発する点が出てくるから。爆発する点が出てくるのは有理曲線が出てくるということで。

藤野：間違ったときにはすでに変形理論とかそういうものは使っていたわけですね。

森：使っていました。

藤野：間違っ、その後 1 週間ほどで直したみたいな話が有名ですが、そこで突然 mod p が出てきたわけではないのですね。

森：そうではない。

藤野：1 週間で全部やったのかなと思っていました。

森：有理曲線が出て、それが偶然出たのではなくて必ず出ることが分かった。必ず出ることが分かって、それから 1 週間で解けちゃった ([4])。

藤野：なるほど。若いわれわれには、mod p して変形して有理曲線を出す方法は教科書に載ってい

る話ですが、それはどれくらいセンセーショナルだったのですか。ご本人の口から言うのは難しいかもしれませんが。

森：微分幾何の人、たとえば Y.-T. Siu さんとかはやっぱり気に入らなかつたらうと思いましたが。自分としては、正標数に持って行って初めて得られる標数 0 の結果だったので達成感がありました。

藤野：Siu さんは負けず嫌いですかね？

森：そうではないけれども、ブラックボックスみたいな仕方で証明された。自分たちの問題だと思っていたのが、よそから違う方法で解けましたよと言われても感じ悪いですよ。逆に代数幾何の問題と思っているのが解析で解けると、代数幾何でやりたいですよ。それと同じ。ただ、これに関してはいまだに解析的な方法はないというのが非常に面白い。いったいどういう性格のものなのかは僕も興味があります。

藤野：その後十年かたって、Siu さんが多重種数の変形不変性を証明しましたが、あれはわれわれにとっては気に食わないといえますか (笑)、いまだに解析的な証明しかないですね。M. Păun さんが簡略化した証明を見ると、本当に数ページです。数ページだけでも、代数的な証明がないんです。あれは本人的には借りを返したと思っているんですかね。

森：分からないけれども、面白いですよ。貸借というより結果の特性というのがあるんでしょう、相性というのか。だからすごく興味があります。本当にだめなものなのか、何なのか、もうちょっと知りたいですね。

藤野：森先生が生きておられる間に白黒がつくのかどうか分かりませんね。正標数に持って行くテクニックが普及してしまって、(代数幾何の人は) 別に違和感を感じなくなってしまったので、わざわざ他の証明方法を考えるというのは…。

森：でも、Kähler (ケーラー) で…。

藤野：解析的な人はそうですが、代数幾何の人はもうこれでいいやという感じで、あんまり考えなくなっていました。

森：それはそうだね。

藤野：おそらく解析的な人は、今でも調和写像とかそういうものでやろうとする人がいると思うんですけど。

森：もう少し言うと、代数幾何の立場でも非常に孤立した手法だけでも、手法自体は非常に簡単です。簡単にできることなら、もう少しちゃんとした大きな枠組みがあって、その簡単なものがちょろっと出てきているのではないかという気もするんです。

藤野：なるほど。今後の課題ですね。

森：それであればよく問題として出すんですけどね。

藤野：20 年ぐらい前ですか、谷口シンポジウムの最後の回するときにも、 $\text{mod } p$ を使わずに解けないか？ と問題を出されていたと思います。20 年近くたったけれども、結局、われわれは真剣に考えていない。すみません。

森：代数幾何の人はそれほど強いモチベーションはないけれども、もし何か新しい方向があるなら、という気がします。

藤野：私は解析的なことにも興味があります。私はどちらかと言えば正標数に持って行くのは嫌いな人間なので、標数 0 で全部できるほうがすっきりしていいと思います。また、あれが解析的な方法

で解けるのなら何か新しく広がりますよね。

森：シンプレクティックとかね。

藤野：あれが解けるだけという話ではなく、もっと後ろに面白い話があると思います。

森：それをいちばん期待しているんです。

藤野：Hartshorne 予想が解けて、プルバキトークで紹介されたりとかいろいろあったのですが、みなさんの反応はどうだったんですか。

森：プルバキトークでは僕が紹介したわけではないので。

藤野：もちろん、フランスの人が紹介したんでしょうね。

森：だから何も。Hartshorne 予想そのものはすごく簡単に解けたわけです。有理曲線が出たら射影空間の中で直線がどういうふうにあるかという初等的な射影空間の幾何的構造、それを逆になぞっていくだけですから、簡単なものです。むしろ、元の有理曲線が簡単に出てきて、それがすごく使えるのもう少し何か使えないかと思っていたのが半年間ぐらい。それで錐 (cone) の話が出てきた。

2 森理論誕生からフリップ

藤野：その半年間の錐に至る道は、頭の中で何が起きていたんですか。錐の話はそれほど明らかなこととは思わないです。分かってしまってから言うのは簡単ですけども。そもそも今、曲面の極小モデル理論は森理論の立場で説明しますが、森先生以前は第一種例外曲線をつぶしてということで。

森：そう、第一種例外曲線を見つける証明はすごく面倒だった。

藤野：言われてしまえば、こういう見方がいいのだ、錐の端っこをつぶせば、ということになりませうけど、それ以前はそうではなかったですね。

森：たしかに広中-Kleiman (クライマン) 錐の理論はありましたが、錐の形状は研究されていなかったと思います。最初の話に戻ると、極小モデルはつぶして作るものだという意識があって、極小モデルをどう定義していいかも分からないし、どういう方針でやればいいのかも分からなかった。けれども、さっきの有理曲線ができ、さあ、何ができるかと思っていろいろ考えたときに、 $-K^{12}$ が豊富という、少なくともファノ (Fano) 多様体であれば、曲線のコーン (錐) が有限型の錐になるというのはしばらくしてできたんです。それでも一般の錐の話には行っていなくて、そこはハーバードにいたことのメリットなんです。D. Mumford さんのところにこういうものができたと持って行ったんですね。よく分からないけれども、彼は見た途端に、一般の錐定理 (cone theorem) が見えちゃったんじゃないですかね。僕は、こんなことができていいんだろうかというような意識でいたんだけど、彼には全体像が見えて、これは正しいよという感じで言われて、もっと頑張らなくちゃという感じになってきた。あれがハーバードにいたメリット、Mumford さんのそばにいたメリットですね。

藤野：外国の方が、Mumford knows everything. と言っていたそうですが、そういう感じですか。何でも知っているんですか。

森：これは丸山さんから聞いた話ですが、彼のところに学生が行くとおもむろにキャビネットを開けて、そこから問題を出してくるという。

藤野：そのままタイプ打ちすれば論文になるようなノートがキャビネットに詰まっているという話がありました。そんな感じですか。

森：僕の錐の話はそこまでではないけれども、でも、彼にはすでに見えたんじゃないかなあ。こう

いうことができるようになれば、これぐらいできて当然だというような、何かあるのかもしれないですね、天才の何がが。

藤野：私は残念ながら Mumford さんを見たことがないのですが、そのころはまだ代数幾何ですか。

森：そうですね。

藤野：その直後ぐらいからですか、代数幾何以外のところで活躍されるのは。

森：そうですね。

藤野：私は存じ上げないのですが、代数幾何以外のところに移ってからの活躍もすごいですよね。

森：そうですね、ヴィジョンのほうに行って。

藤野：その他には当時のことで印象に残っていることはありますか。

森：個人的な話ですが、ハーバード大滞在の話をもとめて下さりボストンでも大変お世話になった Artin さんが喜んで下さいました。修士 1 回生前期に受講した彼の代数曲面分類論の議論を改良する錐定理を“Crystal clear”と評価していただいたのが嬉しかったですね。

藤野：錐定理の後は、有名な森-向井のファノ多様体の分類の論文 ([5]) ですか。

森：まだ錐定理も終わっていないくて、ファノの場合は、単に Frobenius で何倍かして、という操作でできるけれども、ファノではない、勝手なものに対して $-K$ と正で交わるのならという、いわゆる一般の錐定理にするのに結構時間がかかりました。できると、別になんでもないかもしれないけれども。

藤野：どうなのでしょうね。それが 70 年代後半ですか。有名な Threefolds whose canonical bundles are not numerically effective ([6]) が出版されたのが 82 年。

森：そうですね。Hartshorne 予想を片づけてそれからずっと、出版する直前までそれをやっていた。79 年、日本に帰ってきたときも証明をまだ完全には書いていなくて。

藤野：証明というと、錐定理ですか、収縮定理 (contraction theorem) ですか。

森：収縮定理ですね。錐定理は思いついたらもうできる。

藤野：分かっただけで、すっきり行く話ですね。

森：非特異であればね。

藤野：収縮定理は、今はもう一般的な話になっていますが、当時はケース・バイ・ケースみたいな感じですか。

森：構造を決定するんですよね、分類を含めて。

藤野：あれに時間がかかったということですか。

森：そうです。ハーバード大に 80 年 6 月ぐらいまでいて半年戻ってきて、また翌年から半年ぐらいいたんですけど、そのときに書いたんですね。

藤野：時代としては、ハーバード大だから、Kulikov (クリコフ) モデル ([7]) の解説のちょうどリアルタイムぐらいですか。

森：I. Dolgachev さんが来ていたり、U. Persson さんと H. Pinkham さんも同じころに MIT だったかハーバード大だったかに来たんですよ。

藤野：みなさんの年齢は私には分らないですが。

森：Dolgachev さんは僕よりずっと上です。

藤野：最終的には本 ([8]) としてまとめられていますよね、曲面の退化について。ああいうものを

みんなやっていた時代ですか。

森：そうですね。D. R. Morrison さんとか R. Friedman さん、R. Miranda さんかな。Dolgachev さんもいて、82年か81年にハーバード大でそういうセミナーをやりました。結果として、それを本にしたんですね。

藤野：それには参加されているんですか。

森：していました。どこかに名前が出てくるけれども、組織委員や執筆者として出るのは断ったんですね。

藤野：森先生の名前は、Friedman さんの学位論文か何かに出てきますよね。あっ、こんなところに森先生の名前が！ と思ったことがあります。

森：興味を持って参加はしていましたが、単なる一参加者としていただけですから。

藤野：それでは、アメリカのハーバード大周辺では、ソ連からのプレプリントか論文か何かを見て、こぞって Kulikov モデルなどをやっていたんですね。

森：Dolgachev さんもいましたしね。

藤野：Dolgachev さんはずっとアメリカにおられたんですか。

森：ちょうどそのころアメリカに来たんです。MIT だったかハーバード大だったか忘れたけれども、一時期いて、そのときに知り合ったんですね。

藤野：日本では飯高¹³⁾ プログラム全盛期ですか。70年ごろに飯高プログラムが始まり、おそらく80年ぐらいに川又¹⁴⁾ 先生の学位論文でアーベル多様体の特徴づけができたと思うのですが、日本の代数幾何はどうだったのでしょうか。

森：僕は79年と80年に帰ってきて、どこかで錐の話をしたけれども、城崎ですかね。ちょっと覚えがない。城崎だったか神戸だったかで話をしました。¹⁵⁾

藤野：基本的に独自路線邁進ということで。

森：そうですね。

藤野：私の記憶が正しければ、80年代前半に、たとえば角田¹⁶⁾ 先生や宮西¹⁷⁾ 先生が、いち早く森先生の結果の一般化というか応用を…。

森：やろうとしておられましたね。

藤野：みなさんプレプリント段階で勉強し始めたということですか。

森：きちっと出てはいなかったんじゃないかな。

藤野：今はポチっとメールで原稿が移動する時代ですが、当時はおそらくそういうものではないですし。

森：ちゃんと出版しているものはなかったと思う。

藤野：その割に応用が早いなと思ったんです。80年代前半に川又先生、M. Reid さん、V. V. Shokurov さん。Shokurov さんなんてソ連にいたのに。

森：88年の谷口シンポジウムで V. A. Ishkovskikh さんや Shokurov さんが来ましたね。彼らがこちら側に来たのはそれが初めてだったと思います。

藤野：森先生の画期的な論文 ([6]) が出て、あっという間に一般論が整備されていったような気がしますね。

森：それをやったのは川又さん、X. Benveniste さん、Reid さん、Shokurov さんたちですよ。

藤野：私の理解では、川又先生の 3 次元で K がネフかつ巨大なら標準環が有限生成になるという論文が最初で、Reid さんの未出版のプレプリント Projective morphisms according to Kawamata, Shokurov さんも有名な非消滅定理の論文の前に 3 次元の錐定理みたいなものがちょいちょいとありますね。あの当時、ソ連とは情報がどうなっていたのか分かりませんが、Shokurov さんはいち早く西側のプレプリントを手に入れて勉強したんですかね。

森：それは Reid さん経由ですかね。

藤野：そうか。Reid さんは国境を…。

森：そう、両方をつなぐ大事な人だったんです。

藤野：Reid さんが F. Bogomolov さんの論文を持ってきて、宮岡¹⁸⁾先生の不等式ができたんですよ。

森：証明を理解しようとしてできないので別証明を考えていたら宮岡不等式が証明できてしまったそうです。

藤野：なるほど。分かりました。今と違って、ソ連なんて普通には行けないですよ。

森：そうですね。

藤野：その割には早いと思ったんです。

森：Reid さんのお陰です。

藤野：読者が森理論をどの程度ご存じか分かりませんが、多様体に特異点を許さないとうまく行かないという話になったわけですよ。森先生の最初の話で、大域的により性質を持ったモデル、たとえば極小モデル、を構成するには、多様体にある程度特異点を許す必要がある、と。

森：そうです。

藤野：川又先生や Benveniste さん、Reid さん、Shokurov さんは、特異点を持ったところで錐定理などの一般論を作っていく。

森：最初、3次元に限って極小モデル理論を展開しようと思ったら、最低限必要な分は Reid さんが作っているんですよ。¹⁹⁾

藤野：それはまた謎のノートみたいなものが出回っていたわけですか。

森：出回っていたはずだと思います。

藤野：それは Reid さんが書いて配付していたんですか。

森：そうですね。

藤野：今は手に入らないですか。

森：うん、その辺は分からないけど、それをさらに高次元に一般化しようとして、必要な理論をみんなですべて整備していったという印象です。

藤野：そこでも、そっちには乗らなかったわけですね。ひとり独自路線で、3次元末端特異点の分類 ([9]) とか、フリップの分類といったことになると思うのですが、それはなぜですか。そちらがいちばん面白いと思ったからですか。

森：そうですね。最初に錐の論文 ([6]) を書いて、3次元に関して未解決問題がいろいろあったけれども、いちばん興味を持ったのがフリップの存在。興味を持ってしまったからそれをやっていたんですが、他の問題はみんな他の人が解決して行って、僕が興味を持っていたのが最後まで残ってミッシングリンクになっていたんですね。

藤野：Kulikov モデルでいわゆるフロップみたいなものが出てくると思うのですが、余次元2の手術というのかあいうものは、存在してもおかしくないという印象だったんですか。曲面のときはつぶす一方ですよ。

森：そうですね。

藤野：世間の認識としてはどうだったんですか。Kulikov モデルがあるから、まあ、3次元以上になると手術のような操作はありかなという感じですか。

森：P. Francia さんの作った例を見て、フリップというのがあればいいかなと僕なりに思ったんです。論文には書いてないですけど。

藤野：なるほど。

森：それで彼ら (Kulikov Persson Pinkham) のあいう結果、あるいは半安定な場合に実際に変換するのをいろいろ試していたんです。そういう計算をずっとやっていたんですよ。いつごろからかな。82年にプリンストン高等研究所にいたときですよ。そのときに計算し始めて、Kulikov–Persson–Pinkham 型のあいうのを計算していて、割と簡単な場合には手計算でやることができる。もっといっぱい計算しようと思ったらだんだん時間がかかるようになった。図式を書き直しながらやらないといけないでしょう。手でやっているといっぱい書き写すので何時間もかかるようになった。どうしようもないから、日本に帰ってきてコンピュータを買いました。当時、NECのPC98というパソコンが登場したところで、そのうえで、BASICのプログラムを組みました。1カ月かそこらでプログラムができ、計算し始めたわけです。いっぱいいっぱい、飽きるぐらい計算し、とにかく全部できることが分かったので、フリップができることを確信。実際にケース・バイ・ケースの計算ではなく、背後にアルゴリズムがあると思って計算し始めて、それが分かった。それで1つの場合は後に、semistable extremal neighborhoods … というプレプリントで出しました。²⁰⁾

藤野：そのときは出版せずに、完全に一般的な場合に向かったわけですね。

森：ええ。

藤野：82年、プリンストンにいたところにフリップの計算を、という話だったのですが、以前伺った話では、その直前、森-向井で単線織性 (uniruledness) の研究 ([10]) をされたんですけど。

森：それはプリンストンにいたときの話。

藤野：単線織性をやったけれども、フリップに興味に移ったからそちら側に行ったんでしょうか。

森：そうそう。

藤野：森-向井のファノの分類 ([5]) はいつですか。

森：80年に日本に帰ってきてからだから、プリンストンに行く前ですね。僕は、そんなに完璧に分類する気はなくて、primitive というか、いちばん核になるところだけやりたかった。核になるところをやるための材料はいちおう持っているという認識でいたんですね。Picard 数が2以上だったら、ファノなら必ず錐に端射線が2つはあるでしょう。錐の端射線ごとに情報があるからちゃんと見つかる、分類できるはずだという、非常に単純なアイデアを持っていて、そこで始めたんだけど、彼は全部きれいにやりだしていた。

藤野：向井²¹⁾ 先生の好みにあった問題だったんでしょうかね。

森：それは彼だからできたわけで。

藤野：名古屋に一緒にいるときにやったんですか。

森：主にそうです。

藤野：今みたいにメールがない時代ですからね。

ところで、85 年はコロンビア大でしたっけ。

森：はい、85 年夏からでした。当時、コロンビア大の Pinkham さんと研究上の手紙をやりとりしていて、86 年から 87 年にかけて代数幾何のスペシャリヤーということだったので、滞在希望の意思表示をしました。計算をやって確信を持って、半安定の場合にはどういうアルゴリズムでフリップができるのか分かったので、一般の場合をやりたくなかった。僕としては初めて、自分から場所を変えて心機一転したいと思ったからです。その後、たしか教室主任だった倉西正武²²⁾ 先生からの国際電話で話が進み、コロンビア大へ出張することになったのです。

藤野：名古屋大は海外出張に寛容だったんですね。

森：研究のためということで許されました。結果論ですが、コロンビア大滞在の 2 年間で 3 次元フリップの存在証明を完成させることができたので、お世話になった名古屋大とコロンビア大の両方に恩返しできて面目も立ったと思っています。

藤野：性格の問題なのか時代の問題なのか分からないですが、今の感覚だと、半安定フリップがきたら論文を書いて出版し、何々ができたら論文を書いて出版し、だと思っんです。

森：そういう感じはあんまりなかったですね。

藤野：それは時代の問題ですか、性格の問題ですか。

森：性格の問題じゃないですかね。

藤野：極端な話、先を越されたらおしまいなわけですよ。先を越されない自信があったのかもしれないですけど。

森：いやいや、そうじゃない。性格だからどうしようもないですね。

藤野：昔だからそれでよかったんですかね。

森：絶滅危惧種かもしれない。

藤野：で、フリップの存在証明が出版されたのが 87 年でしたっけ、88 年でしたっけ。

森：88 年かね。

藤野：あの論文 ([12]) でいちおうフリップができて…。

森：いろいろな人がすでにやっていた仕事を使ってね。

藤野：3 次元極小モデル理論の最後のステップがめでたく完成したわけですね。独自路線を進んで完成させて、世間の反応はどうだったんですか。‘できたのね’というだけですか。最近は代数幾何でもいろいろな分野があるので、極小モデル理論は世界的にそんなに人気はないですが、一昔前だから、極小モデル理論の占めるウェイトはもっと大きかったと思うんです。

森：そう思います。たとえば標準モデルという概念があります。標準モデルは、標準環が有限生成ならば自然にできる。いわば存在理由があるわけです。極小モデルはそれに比べると、極小モデルプログラムが機能して初めて存在しうる。ある意味、脆弱なモデルです。極端な言い方をすれば、存在するかどうかも分からない。それが、少なくとも 3 次元の場合には存在するということができて、やっとそこで一段落したというか、極小モデル理論の存在価値があることが分かった。だから、僕としてはほっとしたのです。理論自体がそういうものなので、最後まで行かないと空中分解する恐れがあると思っていましたから。

藤野：フリップの存在が証明できて一安心したわけですね。

森：ですね。他人がどう思うかなど、あまり意識していなかったの。

藤野：その後、90年代半ばぐらいにかけて、3次元で考えられる関連する予想がほぼ全部解かれていくわけですね、対数化とかアバンダンス予想とか。そういうものにはあまり興味がなかったのですか。

森：そうですね、競争のところに割って入るのは好きではないし。

藤野：私もそうでしたけど、競争相手の少ないところでやったほうが楽しいですよ。まあ、味方も少なくなります。

森：単に興味を持ったことをやりたい。難しそうだからとか、みんながやっていて、解けるとすぐそうだからとかいう理由で興味を持つわけではない。何らかの理由で自分の興味がそこに行ってしまうたら、やるしかないという感じになるんですけどね。

藤野：88年にフリップの存在定理が出版されて、92年に3次元フリップの分類というJ. Kollárさんとの共著 ([13]) があります。あれは続きでずっと分類していたという感じですか。さらに、共著になっていますが、二人で一所懸命に計算をしたんですか。

森：そうではないんです。Kollárさんはモジュライに興味を持っておられたと思いますが、その後もそうですね。極小モデルを作るプロセスも、フリップも多様体の変形と一緒に変形してモジュライに結びつけられるからそれを書いたら、と言ったら、それが共著でやることになったんです。

藤野：書かれた中でいちばん長い論文ですよ。170ページぐらいですか。どうやって書かれたんですか。一緒にいたんですか。

森：いや、別々に書いた。

藤野：名古屋大と、いや、数理研ですかね。

森：92年だったら数理研ですね。あ、ユタにいたときだな。

藤野：当時はもう T_EX ですか。

森：どうだったかな。その辺、忘れちゃったな。 T_EX といっても、フリータイプの T_EX と…。

藤野：いわゆるプレーン T_EX ですか。

森：いや、結局、 $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}\text{-T}_E\text{X}$ にして書いていたと思いますが、今の $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}\text{-T}_E\text{X}$ とは互換性がないと聞いています。

藤野：私は若いので最初の論文から T_EX で書いておりますし、 T_EX の歴史には詳しくないので…。

森：ユタにいたときにそういう話になったけれども、書き終わるのはもっとあとですね、きっと。

藤野：森先生といえば極小モデル理論となることが多いと思うんですが、90年代前半に3部作 ([14]–[16]) がありますね。Kollár–宮岡–森。あまり取り上げられることはないと思うのですが、あれは非常にすっきりとしたいい結果ですよ。それまでの有理性がどうのこうのというよく分からない話ではなく、有理連結性でしたっけ。

森：そうですね。

藤野：あれはどこから湧いてきたんでしょうか。今までの話では、ずっとフリップの計算などをしていたという感じで、Kollár–宮岡–森の3部作は唐突な印象を受けます。

森：84年か85年に宮岡さんが名古屋に講演に来られて、それで宮岡さんと一緒になって有理曲線の存在定理を出します。

藤野：単線織性の短い論文 ([17]) ですね。

森：そうです。その発展篇です。宮岡さんもユタにいられていて、曲線を変形して、という話をきちっとさせようということで、そのときにできた3つのうちの1つ。どういう順番だったか忘れてしまいましたが。

藤野：ファノの有界性と有理連結性、もう1つは何でしたっけ。

森：Kollár さんがイタリアのトレントでやった話ですね。

3 教科書

藤野：時代は少し飛びますが、私がここ数理解析研究所に入学したのが97年。だから96年夏に大学院に合格して秋からここでぼつぼつとセミナーをやっていたのですが、有名な Kollár 森の教科書 ([18]) の執筆がちょうど開始されたころですよ。あれはどういういきさつだったのでしょうか。そろそろ教科書をまとめる時期だなという何かがあったんですか。

森：Kollár さんがそう言いましたんですね。じゃあ、やろうかという感じで。

藤野：Kollár さんが言い出しっぺですか。

森：僕自身は面倒なことは何もやりたくないの。

藤野：私の記憶がたしかなら、97年の2月か3月に打ち合わせをしてくると言ってユタに行かれたと思います。そのころ、Clemens-Kollár-森 ([19]) を $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ 化したような原稿を、じゃあ、これでセミナーと言って渡された。97年は6月に数理解析研究所で集会があったんですよ。Higher dimensional birational geometry ですね。で、森先生の部屋に行くと、Kollár さんが森先生のパソコンで原稿を打っていた記憶があります。あれはどういうふうな役割分担だったんですか。内容的には森先生より Kollár さん好みなのかなという気はするんですけど。

森：そうですね。彼のスタイルでやってもらって、僕は Du Val 特異点の場合をどう扱うかというところをやっていたのかな。ただ、英語版では間違っています。日本語版では直っているけど。

藤野：同時特異点解消の話ですね。

森：そうそう。

藤野：英語版より日本語版をお勧めですね、あの本は。曲面のところも、英語版は命題か何かが1個か2個少ない。だから日本語版がお勧めです。意外に早く書き終わった感じがしたのですが、あんなものなんですか。春からセミナーを始めて、会うたびに新しい原稿が追加される感じで、半年ぐらいでほぼ完成した。

森：君がどんどん読んでくれたから。

藤野：いや、どうなんでしょう。最終的に出版されたバージョンはそれからまた手が入っていたかもしれませんが、意外と早く、こんなに簡単に本ができるのかと思った記憶があります。

森：彼が有能だから。

藤野：もっと驚いたのが、あれは日本語がオリジナルで英語が翻訳版ですよ。でも、Kollár さんがいるから実際は英語で書いて日本語に翻訳されたと思うのですが、日本語への翻訳がものすごく早かったと思います。

森：それは僕がやったと思います、人に頼めないから。

藤野：あまりにも翻訳が早くてびっくりした記憶があります。あの教科書があったから、その後極小モデル理論はずいぶん発展したと思います。森先生が書かれた本はあれだけです。

森：あれしかないです。

藤野：どうですか、たくさん本を書く人もいますが。

森：僕はあんまりそういうことをしないから、彼がいたから一緒になって書いたけれども、それでさあ、どうなったんですかね。

藤野：私はあれで極小モデル理論のアイデアを注ぎ込まれたわけです。あの教科書から勉強した人が増えてしまったので、あの教科書以前の混沌とした状態を知らない若い人が増えているような気がします。

森：そうかもしれないですね。

藤野：私の印象では、あそこで因子対数的端末 (divisorial log terminal, 以下 dlt と略す) なる特異点のクラスを採用し、基本的なものをきちっとしましたよね。あの部分は過小評価されていますが、非常に大きかったと思います。それまでは対数的端末 (log terminal) 特異点の定義が 1 ダースぐらいありました。

森：ありましたね。

藤野：結局、あの本で dlt の定義をきちっとして使うことにしたので、その後の発展は dlt なるクラスがメインになっています。

森：もともとあれの定義は、精密な特異点解消の存在が必要だったりとか何かで面倒くさかったですよね。それが割とすっきりしました。

藤野：さらに最近の C. Birkar–P. Cascini–C. D. Hacon–J. McKernan の大論文 ([20])²³⁾ などで、スケール付き極小モデルプログラム (minimal model program with scaling) という手法が標準になっていますが、あれはもともと Shokurov さんの 90 年代前半の論文にあるアイデアですよ。Shokurov さんの論文はかなり難解なので、たぶん普通の人には読まないと思うのですが、Kollár–森でちゃんと同じことをやっているんですよ。subtracting でしたっけ、名前はスケール付き極小モデルプログラムではないけれども。あの本はその後の発展にかなり役立ったと思います。それ以前は川又–松田–松木 ([21]) がありました。通称 KMM ですね。KMM は私みたいな専門家はかなり詳細に読んだし、技術的にきちっとしているので、専門家とか、あれに人生を捧げるといふ人には読む価値があると思うのですが、普通の人を読んで極小モデル理論に入門というのはちょっと無理です。あれは専門家用の参考文献みたいな感じですよ。

森：そうですね。

藤野：Kollár–森 ([18]) の元ネタは CKM ([19]) ですが、CKM は今から思えば、当時のレクチャーを…。

森：実は H. Clemens さんの存在が大きかった。Kollár さんをユタ大に招へいし、僕のその後のユタ大訪問のきっかけも作り、さらにレクチャーノート ([19]) もまとめて下さった。

藤野：Clemens さんはその後のユタ大発展の基礎を作られたんですか。話を戻しますが、CKM はそんなに技術的に突っ込んだことを書いてないですよ。

森：だから読まれた。

藤野：そうですね。それで言えば、Kollár–森はそこそこよいところをやっていました。技術的になるところは上手に避けていますよね。専門家が引用しようとする微妙に不満もあるし、また、もうちょっと一般的に書いておいてほしいところとかもあるんですが。

森：よく分かります。射影性を適当に仮定して分かりやすくしちゃうので。

藤野：でも、あまり技術的なところにこだわり過ぎると KMM のコピーみたいになって、専門家にはいいけれども、素人には読めない。

森：それは Kollár さんとちょっと議論がありました。彼はもっと一般的に証明しようとして、僕は、射影性の条件を適当につけて、うんと易しくしようと。

藤野：Kollár さんは完璧なりファレンスを目指されたのでしょうか。

森：完璧とまでは言わないけれども、もっと一般のかたちで証明したかったという意識はあった。

藤野：なるほど。森先生が条件つきで簡単にとというのは、何かこだわりがあったんですか。

森：本としてあまり難しくなってしまうのがない。たとえば双対性 (duality) でも局所双対性 (local duality) を使いたくはないし。

藤野：ちくっと良心が痛むのは、森先生が最初、有理特異点がどうのこうのという話をされて原稿を用意されていたときは、局所コホモロジー (local cohomology) とかそういうものを採用しようと言われていたと思うんです。もしかしたら Kollár さんの提案だったかもしれないですが、で、当時私は修士 1 年で、局所コホモロジーなんて知らないと言ったと思うんです。じゃあ、局所コホモロジーなしで書こうかみたいな話になり、出てきた原稿が局所コホモロジーなし。だから多様体が射影的という設定で全部書かれていたんです。あれはあれですっきりしていいのですが、後に読んで、射影性を仮定するのは気に食わないと思い、私自身が自分の論文の中で局所コホモロジーを使って証明を書いたりしました。本来なら Kollár-森の本で書かれる予定だったかもしれないものを、私が局所コホモロジーを知らないと言ったせいで闇に葬り去ってしまったうえに、数年後には私が自分の研究の必要に迫られて局所コホモロジーなどを使って Serre の S_n 条件とかをやったのはちょっと…。

森：藤野さんは読者としてはちょっとレベルが高すぎる。最初にあれで入ってくる人がいると思うと、局所コホモロジーというよりは射影空間にして、Serre 双対でというほうがいいと、今でも思います。

藤野：たしかにそうかもしれません。局所コホモロジーとか局所双対性などをやりだすと、ややこしくなりますね。

森：あの本は面倒なことに深入りせずにうまく書けたと思います。

藤野：たしかにそう思います。それまでの対数的端末特異点有理特異点であるという証明を読もうとすると、かなり大変です。その上、読んでも実際はあまり使わない。対数的端末特異点有理特異点であるというのは、たとえば KMM ([21]) だと、KMM に証明が載っているものの中でいちばん難しいのがそこだと思うんです。でも、あとで使わないんです。論文の最初のほうに対数的端末特異点有理特異点であるという非常に難しい証明があって、大抵そこをつかえるのですが、実際にはあとでは全く使わない。射影的という仮定があってもすっきり書いてあるのは気分がいいです。

森：実際、射影的でないと、いろいろなことができません。

藤野：そうだと思います。私も、もっともっと一般的なところでいろいろやりましたが、様々なところでどうしても外せないのが射影的という仮定です。

森：不思議な条件ですけどね。

藤野：非正規なものとか可約なもの、場合によっては次元がそろっていないものとかも扱ったりしますが、やっぱり何かの上に射影的とか大域的な条件が必要になります。射影性を仮定するのは当時は軟弱だと思っていましたが (笑)、いくつかの問題に関しては、一部分だけ頑張って射影性を外して

もあまり意味がないような気がします。²⁴⁾

森：そう思いますね。

藤野：だから、最初から全部射影的と仮定するけれども、Kollár-森 ([18]) のスタイルは教科書としては悪くないですね。

森：とくに教科書としてはそれでいいと思います。

藤野：Kollár-森 ([18]) の原稿をセミナーで読ませていただけて、とても感謝しております。私の大学院進学と Kollár-森 ([18]) の執筆のタイミングが一致したのは、私にとっては非常にラッキーでした。

80年ぐらいから始まった森先生の極小モデル理論についてのお話はこれでほとんどおしまいですかね。

森：そうですね。

4 最近の発展

藤野：その後、私と1つだけ共著がありますね。A canonical bundle formula ([22]) です。あれは書いた当時、どう思われましたか。もともと森先生が94年ごろに書かれたプレプリントがありましたね。

森：断片的なね。

藤野：われわれの感覚だと、すぐ出版すると思うんですが、ぜいたくに出版せずに、未出版という状態でした。

森：そうですね。

藤野：94年あたりに出回って5~6年後、ひょんなことから共著になって出るようになったのですが、当時、後にそんなに使われることになると思いませんか？

森：いやあ、思っていない。

藤野：ですよ。

森：不思議なものですね。

藤野：もちろん、森先生が書かれたわけですからおかしな結果ではないし、それなりに重要な結果だと思いましたが、私の一般化の部分もあってそれなりの論文だとは思いましたが、標準環の有限生成性が(対数的)一般型の場合に帰着できるという話²⁵⁾は、とりあえず書いておくというだけで。

森：でも、あれは最初から知っていたわけではなくて、一緒にやっていてあっと気がついて、それで、きれいな定式化だから入れておこうと思って入れた。それがすごく大事でしたね。

藤野：私の記憶がたしかなら、2000年の安曇野の研究集会前後に、こんなこともできたよと言われて。

森：そうそう。

藤野：じゃあ、書いておくよ、みたいに言われて、フーンというだけで。

森：それだけですよね。

藤野：あの論文は、論文がアクセプトされたのは2001年だけれども、2000年の雑誌に載っているという不思議な状態です。いずれにせよ、あれは2000年の夏にやっていた話です。私が助手になった年で、当時、私はパソコンをまともに使っていなかったので、数理研の地下の計算機室で原稿をカタカタ打って、仕事が終わったら森先生にメールをする。そうすると、夜行性の森先生が夜の間にカタカタとやって、朝になると戻ってきている。

森：そういうパターンですよ。

藤野：夏休みだったので、当時、森先生は名古屋が本拠地だったためにあまり数理研には来られていなかったような気がします。

森：そうですね。

藤野：私が普通の時間帯に仕事をしてメールを送ると、夜に電話がかかってきて‘今日書いたところを説明してくれる？ 読むの大変だから’と。私が電話で説明すると、‘じゃあ、これから仕事をするから’みたいな感じで夜の間に仕事をされて、朝、私が数理研の地下の計算機室でメールをチェックすると、原稿がアップデートされている。そういう感じだったと思うんです。

森：そういうパターンは多いですね、共著でやったときは。

藤野：今から思えば、ほんの数週間だけの話ですよ。

森：そういうことは多いでしょう。根を詰めて短期間で片づけて、あとはポーっとしているという(笑)。

藤野：ここからは極小モデル理論の最近の発展の話になります。Shokurov さんは極小モデル理論の初期からずっと活躍されていますが、2000 年あたりに Prelimiting flips というタイトルの部厚いプレプリントを送ってきました。私のところには届かなかったけれども、同じ部屋にいた高木寛通²⁶⁾さんとか、たぶん森先生のところに、郵便で原稿が届いたと思います。

森：そうだったかな。

藤野：最初は読む気がなかったけれども、A. Corti さんが、そこに書いてあることを使うと森先生のフリップの存在定理が数ページできていたと言いついて、勉強会をするというので、2002 年ケンブリッジのニュートン研究所に集まりました。日本からは私と川北²⁷⁾君、高木さん、上原北斗²⁸⁾君も参加していましたね。²⁹⁾ 当時、みんなまだ 20 代でした。苦しいセミナーをさせられ、結局、あれが踏み台³⁰⁾になって BCHM (論文 [20] の略称) なる大論文につながるわけです。そのころ、どう思われていたんでしょうか。正直、あまりお好みでない方法だと思うんです。

森：好みではない。

藤野：そもそも独自路線を貫かれた人だから(笑)、すぐに勉強して追従しようなどという気はなかったと思うのですが、どう思われていましたか。

森：よく講演でも言うけれども、高次元化と 3 次元の方向と 2 つに分かれて、高次元化といっても存在とかそういう話ですよ。それはものすごく大変で難しいけれども、僕の興味はもともと具体的に知りたいということで、主流派とはずっと別のことをやっているの。

藤野：私は森先生とは違う方向でした。高次元化とか一般化のほうが主流だと思ってそちらをやっていましたから。片岡先生がおられるから微分方程式の話をしますけれども、森先生のやっておられた 3 次元の話は、微分方程式にたとえると、最初の非自明なクラスの微分方程式を完全に分類し、本当に特殊関数とかで全部解を書き下して‘できました’というような感じ。

森：そうですね。

藤野：われわれが 4 次元以上でやっているのは関数解析とかそういうもので、存在定理がいえなかったとか、なんだか分からないけれども、とりあえず存在しないとしたら矛盾が起きるから存在するのだ、みたいな感じですよ。

森：そうですね。

藤野：3 次元のほうが主流かなと、最近は。

森：そういうことはないけれども、高次元で一般論でできることはやり尽くされてきたから、結局、3次元のほうに戻ってこざるをえないでしょう、具体的にやろうと思うと。

藤野：そうですね。私も関わっていたのですが、4次元以上でザーッと解くというのは、BCHMとかは、基本的に Shokurov さんの立てた予想を何個か並べて、巧妙に次元による帰納法でずっと上っていくわけです。そういう解き方をすると当たり前だけれども、新しい現象は出ないわけです。

森：素晴らしい方法で、応用範囲は格段に幅広くなりますが、その一方で、代数曲面のように、対象をもっとよく知りたいと思っても具体的にはまだよく分からない。

藤野：2次元とか3次元で観察して正しそうだったものを高次元で予想にして³¹⁾、いくつか組み合わせで巧妙にガタガタガタと行って、最後まで階段を上れました、みたいな証明です。

森：まあ、そうですね。

藤野：私が主にやっているコホモロジー論的な手法は、次元に依存しない。とりあえずコホモロジーが消えるから切断が全体に延ばせて、みたいな感じで、次元と関係ない議論で証明していきます。だから、ものすごく発展していると思うんですが、新しい現象は出てこないし、砂漠に高速道路を敷いたような感じで、ものすごく先まで進んだけれども、何も無いハイウェイみたいな感じで、自分の研究の仕方が正しかったのだろうか、ちょっと…³²⁾

森：いろいろな方向があるから、全然問題ないし、それは素晴らしいことだと思う。もともと歴史の発展から見て、1次元、2次元、3次元と来て、1次元と同じように2次元が分かったわけではないけれども、だいぶ分かって次に3次元と上がってきましたよね。そう思って見たときに、3次元は分類しようとしたらいろいろな情報があるかなと思うけれども、4次元になると少ないですよ。そうすると、4次元は何かちょっと違う世界だなと僕は思う。よく言うのは、特異点のインデックスは3次元なら変形不変だけど、4次元になると、そうではないですよ。4次元の状況はまだ本当には分かっていない。何かあることは分かったけれども、分類にはとても乗らない。

藤野：そうなんです。だから、一昔前の感覚で言うと、大結果を証明できたことになるのですが、どうも殺風景だなと。

森：それはそのように思う必要はなくて、そこまで行ったから、完全に代数幾何学が、極小モデル理論が、外に应用されるようになった。ものすごく使われていますよね。

藤野：まあ、そうですね。証明の普及はまだですが、とりあえず結果がある。だから、一昔前の広中先生の特異点解消みたいな感じで、とりあえず特異点解消をとって簡単な場合に帰着できるみたいな感じで、標準モデルがとれるので、みたいな使い方を…

森：全くそうですね。完全な、基本的な道具になった。あらゆる場合に適用できるわけではないけれども、注意して使えば使える。

藤野：そうですね。ただ、それなりに微妙な主張が多いので、ユーザーとして使うのも…。ある人がおっしゃっていましたが、極小モデル理論の最先端の結果を使って隣接分野に应用したら、受けがよくなかったそうです。

森：同じ次元の底空間上の相対的な話だったらほぼ無条件でできるでしょう。射影的にさえすれば極小モデル理論が自由に使えるので。

藤野：その人が应用されたのはもっと難しい、何かの族の有界性だとか、ACC (昇鎖条件) だとか DCC (降鎖条件) だとか。

森：そっちのほうか。

藤野：そこまでくると、正しい主張をきちっと言えと言われれば、私も自信がない。

いくつかの基本的な問題は一般次元でサクッと解決できたので、結果だけ使って応用するというので広がりはあると思うんです。ここ 10 年ほどは、一般論で解けるところまで解くという時代でしたよね。

森：そうですね。でも、それでずっと進むわけではない。

藤野：一段落したら、それを使ってもっと具体的なことをやる人が出てくるのだと思うのですが。

森：ちょうど 20 世紀の数学だって同じようなことが言われたわけでしょう。一般化するだけで昔からの問題が解けているかどうかあれだと。そういうときにモデル予想やフェルマー予想が解け、それでみんなが納得したところがあるし、同じじゃないですか。いろいろなレベルでそういうことが起こるし。

藤野：じゃあ、私の時代は一般論で解いていく時代だったんですかね。

森：そろそろ先が気になって、みんながいろいろなことをやりだしているわけでしょう。3次元だ、標数 p だと。

藤野：なるほど。でも、私は森先生よりは若いですが、研究者の中でそんなに若いほうではないので、ついていけませんね。

森：中堅かな。

藤野：中堅だし、数学は若者の学問ですよ。

森：そう。まあ、そう言うといけないから、いやいやとか言わないといけないんでしょうけど (笑)。

藤野：若いときは、年をとっても頑張らないとだめだと思っていました。でも、40 歳ぐらいになったら体力的につらくなってきますよね。

森：僕は、若いときに年をとるとこれだけ時間がなくなるとは思わなかった。雑用というか、数学研究以外の用事がこれだけ増えるとは思わなかったから、それは想定外でした。無知の極みでしたね。まあ、今まで好きにさせてもらったお返しをしないとけない。

藤野：私が学生のころ、2000 年あたりに学士院のメンバーになられて。

森：ええ、98 年の終わりからですね。

藤野：谷口シンポジウムがあったあたりですね。そのころぐらいからですか、雪だるま式に雑用が増えたのは。

森：そうですね。そういう意味では 95 年に国際数学連合の理事になったのですが、あれが伏線ですかね。

藤野：私が学生のころは、たとえばエジプトに行ってくるとか言われて、何をしに行くんですかと聞いたら、多数決の数を数えてくるとか (笑)。

森：そうそう。

藤野：Mumford さんに頼まれたんでしたっけ。

森：Mumford さんに頼まれたのは 95 年に理事になったときで、99 年にエジプトに行ったときは J. Palis さんに頼まれました。ブラジルの IMPA の所長さんで、彼が ICSU の副総裁のときの話です。

藤野：私が学生のころぐらいから珍しいところに出張していましたよね。

森：国際数学連合というのは国際科学会議 (ICSU) の下の組織だけれども、ICSU に国際数学連合

から委員を出しています。その委員に行けと言われて行ったわけです。ICSU のジェネラル・コミッティ (総務委員会) の委員としてエジプトに行ったのですが、そこでは組織替えて総務委員会を解散するというのがメインの仕事でした。

藤野：偉くなったらそんな仕事があるのか～とっていました。学士院のメンバーになられてからは、一生毎月 1 回、上野の学士院に行かないといけない。何があるんですか。

森：月 1 回例会がある。

藤野：終身会員は大変だなと思った記憶があります。

森：でも、定年になると、月 1 回そういう仕事があることはありがたいことです。

藤野：言い方は悪いけれども、定年になった偉い学者さんが月 1 回上野に行って昔を懐かしむのはいいと思うのですが、まだ 50 歳前でしたよね。50 歳ぐらいのときに毎月、名古屋か京都から会議のためだけに行くのはえらく大変な仕事だなと思った記憶があります。

森：でも、そういうところで偉い人と話ができるのは意外と楽しいものです。つまり、学閥もあまり気にせず、わけ隔てなく話してもらえるのでありがたいところです。

藤野：私には想像がつかない (笑)。だんだん雑用が増えてきた感じですが、90 年代はまだ余裕があったようで名古屋に頻繁に戻っておられたと思います。

森：本当に名古屋に頻繁に通えなくなったのは 2011 年、数理解析研究所の所長になってからです。

藤野：最初のころはお子さんも小さかったので、名古屋に帰りたいですよね。私は 2003 年に京都を去った³³⁾ので、その後は分からないですが。

森：名古屋で会ったでしょう。

藤野：はい、そうですね。お宅にも呼んでいただきました。

2000 年代になって、森先生は藤野-森で A canonical bundle formula ([22]) を書いて、その少し前には、Kollár-宮岡-森-高木 ([24]) を書いて、私との共著の後は斎藤夏雄³⁴⁾さんとですね ([25])。立てつづけに 3 本、若い人と共著論文を書かれたはずです。たぶんみんな 2000 年ごろだと思います。

森：そうですね。

藤野：そのあと何をされるのかなと思ったら、Y. Prokhorov さんと結構がつつり ([26]-[28], ...) と、5 つか 6 つ。もっとですか。あれは、意外だったのですが、あれはどうなんですかね。

森：もともとフリップの話はずっと前にほぼ分類し、それで片づけてほうっておいた部分があった。conic bundle の場合に Ishkovskikh 予想というものがあり、彼がそれを解きたいという話になった。最初は全然興味を持っていなかったんだけど、彼が 2002 年、数理研に 1 年間客員教授として来ていて、帰り際にそういう話が出た。それで興味を持ちだし、客員教授の任期が終わった後 1 カ月間、科研費で滞在してもらい、それで共同研究が始まったんです。僕はいつもワンテンポ遅れるんです。

藤野：私は全然読んでいないのですが、あれはもうほぼ完成の域に達しているんですか。

森：まだ少し残っていますね。

藤野：結構がつつりとやっていますよね。

森：それもそこまでやる必要はないのかもしれないけれども、きちっとけりをつけたいと思うと…。

藤野：やり始めた人は最後までやっておいていただかないと、今の状態で終了と言われても、他の人はきっと続きをやる気が起きないので…。

森：そうですね、きれいに分かっておきたいし。Ishkovskikh 予想というのは、分類を使うけれど

も、きれいに解けて、今のところ分類なしで一般論でというのは、なぜか全然できません。有界性というのは言えるけれども、実際にそれが Du Val 特異点だとかのレベルまでは行かない。

藤野：私も、森ファイバー空間のターゲットがどうのこうのというのは…。

森：対数的端末特異点しか持たないことは出るけど。

藤野：本当に一般次元で対数的標準対からどうのこうのとかもやりましたが、特異点のインデックスを押さえるとか、そんなのは一般論では扱えない問題ですよ。

森：トータル 4 次元でベース 3 次元にすると、conic bundle でやってもベースはいくらでも特異点のインデックスが悪いのが出てきうるので、トータル 3 次元の場合にしか成り立たない話です。特殊と言えば特殊だけれども、3 次元は理解せずに放置していい空間ではないので、3 次元は理解したいと思います。

藤野：3 次元に関しては森先生以上に分かっている人はいない…。

森：いや、いますよ。

藤野：最初から最後までずっと 3 次元にこだわっている人はいないですよ。

森：でも、最初からずっとそういうふうにしたわけではなくて、なんとなく流れに乗ってそうやってしまったという感じですよ。あんまり強い決意を持ってやってきたわけではないです。

藤野：私は結構早い段階で違う道を選ぼうと思って。

森：それはそれでいいですよ。

藤野：学生のころにいくつか問題をサジェストされたんですが、これは耐えられないと思ひまして(笑)。修士 1 年のとき、おそらくこれぐらいだったら解けるんじゃないかと思って‘こんな問題どう’とか言われるんですが、考えても全然分からないんです。これなら自分で違うところをやったほうがいやと思ったし、そもそも私はどちらかというところコホモロジー論を使う一般論のほうが好きで、細かい分類とかはちょっと無理と思ひました。

森：いろいろなタイプの人がいるからそれでいい。

藤野：いちばんよく分かっている人のそばで同じようなことを研究するのは無理だと思ひましたし。

森：それは正しいかもしれないね。

藤野：私が今やっているのは結構グロテスクなもので、可約な多様体とか非正規なものとかを扱っているんですが、最初に私が半対数的標準 (semi-log canonical) な曲面の話セミナーで発表すると言ったとき、何とおっしゃったか覚えておられますか。修士 1 年の秋、Kollár-森の原稿がいちおう終わって、次に何をやるんだみたいな話になったときか何かに、私が Flips and abundance ([29]) の半対数的標準のところ (12 章かな) をやりたいと言ったら、‘エーッ、こんなのやるの？ あんまり好みじゃないんだけど’ (笑)。³⁵⁾ そう言われたのは鮮明に覚えています、好みじゃないと言われ、たしかに森先生の好みじゃないよなと思ひたんですけど。結局、私はそのあとずっとやり続けていたわけではないですが、最初にやっていたものにまた戻って、断続的にずっとやっています。

森：その半対数的標準？ あの本の中では割と変な位置づけですよ。

藤野：あの本の中であそこがいちばん変と言ったら怒られるかもしれないけれども、あとで必要だから書いたという感じですよ。あそこは。

森：まあね。

藤野：使いたいから、使いたい分だけ必要に迫られて書いたという感じだから、それほど洗練され

ていなかった印象がありました。で、2次元とか1次元の特殊性を使って、ケース・バイ・ケースで行けるみたいな。だから、これはちょっとなと思って。

森：きれいな理論にしましたよね。

藤野：きれいかどうか。結構グロテスクですよ。

森：それをさらに権業³⁶⁾君 ([30]) がきれいにしたわけでしょう。

藤野：最終的には藤野-権業 ([31]) ですね。私の修士論文 ([32]) は3次元で解いて、一般次元ではよく分からないと予想していて、権業さんが少しやって、藤野-権業で完全にやりました。BCHMの結果を援用して修士論文の問題は完全に解決した。だから修士論文を書いてから10年ほどたって、やっと修士論文が本当に完成したという感じですね。あれはすっきりと行ってよかったです。

森：自分で興味を持った方向というのはいいよね。

藤野：そうですね。

森：君は可約とかそういうほうに結構興味があるわけね。

藤野：森先生と同じかもしれないですけど、みんながやっていないし、競争の激しいところに行くような性格ではないし。

森：ただ、言い方を気をつけないといけないけれども、競争がいやだからというのとたぶん違うんだよね。何だろう。

藤野：私は自分で一から十まで全部やりたいというような気があるので。他人が途中までやっていたのを…。

森：人がやっているところに入り込んでいってどうこうというのは、あんまり好きじゃないな。

藤野：師匠がこういう態度だから (笑)。セミナーのときなどのコメントで、流行に乗ってはだめだ！みたいな考えが植え付けられたんですかね。私の性格の問題のような気もしますけれども。

森：ノーベル賞受賞の大隅良典さんが競争は嫌いと言っておられたから、今はいいかもしれない。

藤野：でも、競争が嫌いとか何とか言っているけど、それなりの人はそれなりにされているんでしょうね。

森：競争か自分の興味かというその辺の究極の選択は、みんないつもやっているわけでしょう。だから、君は僕の研究者のDNAを引き受けちゃったわけだ。研究者として流行を追うのか自分の興味を追求するのか、それはやっぱりいちばん大事なところじゃないですか。

藤野：でも、私が言うと、流行に乗れないから負け惜しみを言っているんだとなってしまうので。

森：それはいろいろなレベルで起こっているんじゃないですか。君は違うかもしれないけれども、片岡さんでも僕でも、やりだしたときは‘数学なんて’と思われていたと思う。でも今は、数学はすごく大事だと認識されていますよね。

片岡：私も最初は素粒子論に行こうかというのがあったけれども、大学1年のときかな、行くとオーバードクターになるぞと言われたことがあって (笑)。

森：なるほど。お父さんに言われた？

片岡：数学科だと、結構いいよというのがあって。

森：それは書いちゃだめだ (笑)。

片岡：それで数学をやったというのはあります。

森：僕はそういうのはなくて、物理だめ、数学しかできない。数学に興味を持って、みんなは数学

なんか役に立たないとか言っているけれども、それにしか興味を持ってないからそれをやっていた。そうしたら、デジタル化だ何だかんだと言って、お金は来ないけれども、数学は大事だと認識されてきて、いつの間にやらそういう方向になっちゃう。研究をやっているときも、フリップの問題にしか興味がないと言っていたら、結局フリップが最後まで残ってしまうし、今、3次元でもまたそうだし、好きなことをやるしかないんじゃない？ 追いかけても、結局それは当てにならないでしょう。

藤野：まあ、そうですね。うまく行かないときのほうが多いので、好きなことをやっていないとくじけますよね。

森：うまく行かないときに自己責任というふうに自分を納得させられるかどうか。

藤野：まあ、そうですね。

森：そう思いますね。

藤野：成功した人の意見ですから (笑)。自分の人生をギャンブルに賭けるのはなかなか。

森：背水の陣でやるしかないよね。僕が最初にアメリカに行くときだってビビりながら、どうしようかな、行くのかなあと思いながら、えいやっという感じで行ったんですけどね。みんなそんなものでしょう。

5 雑談

片岡：先生は京都には単身赴任されているんですか。

森：いや、行ったり来たりです。子供が4人いますが、今はみんな独立しているので、いちばん下が大学院です。

片岡：お子さんが小さいころは？

森：小さいときは行ったり来たりです。遠距離通勤。

藤野：いちおう新幹線通勤だけれども、京都にも家を確保していましたよね。

森：それは途中から。

藤野：私が学生のときは京都にマンションを1室持っておられましたよね。

森：最初の1年ぐらいは本当に行ったり来たりしていました。時々遅くなってホテルに泊まろうとすると、冬は部屋がとれても春になるととれなくなるんです。

藤野：祇園祭とかのせいですか。

森：4月になると、もうだめ。早く予約しておかないとだめで、予定を変えられなくなってしまうので、これはいかんと言って。

藤野：私が学生のときはかなり名古屋比率が高かったの、来たときに全部仕事をしないといけない。だから、セミナーは7時からね、とか。もう帰りたいわと思って。

森：あっ、夜の7時ね。

藤野：もちろん、夜の7時ですよ。比較的夜型ですね。

森：比較的というか完璧夜型。

藤野：私は普通に早く大学に出てきて昼過ぎには帰りたいぐらいのタイプだったので、夜の7時からか～と思って。自分の発表が7時からだったらいいんですけど、川ノ上³⁷⁾さんのセミナーを聴くだけで7時からか～と思って。まあ、聴いていましたけど。大学院のセミナーは週に1回とかそんなものだから、実験系に比べればたいしたことないですし。

森：文句を言っではいけない(笑).

藤野：少なくとも20年前の感覚では、先生が7時からやると言えば、そんなものかなと、今許されるのかどうかは知りません。今同じことをやったら、学生に怒られるかもしれません、ハラスメントとか言って。

森：たしかに学生気質も変わってきましたね。

藤野：今日はどうもありがとうございました。

片岡：ありがとうございました。

注 釈

- 1) 森理論という言葉の厳密な定義はないと思われる。極小モデル理論と呼ばれることも多い。森理論という言葉のほうが極小モデル理論よりも少し広い意味で使われているかもしれない。
- 2) 隅広秀康広島大学名誉教授。隅広の同変完備化定理が有名である。
- 3) 広中平祐ハーバード大学名誉教授。日本人二人目のフィールズ賞受賞者。
- 4) その講義ノートが京都大学出版会から販売中。
- 5) 永田雅宜京都大学名誉教授。Hilbert (ヒルベルト) の14問題の解決で有名。
- 6) 上野健爾京都大学名誉教授、四日市大学関孝和研究所所長。
- 7) 小平邦彦東京大学名誉教授。日本人初のフィールズ賞受賞者。
- 8) 満洲俊樹大阪大学名誉教授。
- 9) 小林昭七カリフォルニア大学バークレー校名誉教授。
- 10) 丸山正樹京都大学名誉教授。
- 11) 永田先生はHilbertの14問題の反例に始まり、非常にたくさんの反例を構成したことで有名である。
- 12) K は代数多様体の標準因子のこと。
- 13) 飯高茂学習院大学名誉教授。
- 14) 川又雄二郎東京大学教授。
- 15) 藤野が調べたところ、1980年の7月の前半に城崎での代数幾何学シンポジウムで講演され、7月の後半に神戸で行われた第26回代数学シンポジウムでも講演されているようである。
- 16) 角田秀一郎奈良女子大学教授。
- 17) 宮西正宜大阪大学名誉教授。
- 18) 宮岡洋一中央大学教授。
- 19) Reidさんの“Projective morphisms according to Kawamata”のことと思われる。現在、Reidさんのホームページから $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ 化された原稿が入手可能である。
- 20) 後に[11]として出版。
- 21) 向井茂京都大学数理解析研究所教授。
- 22) 倉西正武コロンビア大学名誉教授。
- 23) この論文で、フリップの存在が一般次元で証明された。また、一般型代数多様体を含むかなり広いクラスの代数多様体に対して極小モデルの存在も証明された。応用として、非特異射影代数多様体の標準環の有限生成性が得られている。
- 24) 対数的端末特異点の有理性のような話題は特異点の局所的な性質なので、多様体に射影性を仮定せずに

証明するほうが望ましい。また、対談では、Kollár-森([18])は相対化の扱いが不十分であるという点も話題になっている。

森理論はそもそも射影代数多様体についての理論である。極小モデル理論から射影性の条件を外そうという素朴な試みは、理論の一般化ではなく、理論の希薄化をひきおこすように思える。非代数的な複素解析曲面までを同列に扱う小平先生の曲面論とは大きく異なる点である。森理論は射影的なものにはしか適用できないと見るのではなく、射影的なものに対象を限定したから内容豊かな森理論が展開できると見るべきであろう。実際、藤野によって、森理論の観点からは病的な性質を持つ完備だが射影的でないトーリック多様体が多数構成されている(一部はS. Payneさんと共同研究)。この脚注は、藤野の個人的な感想である。

- 25) 論文[20]で複素射影代数多様体の標準環の有限生成性が証明されたが、その証明には[22]の結果が不可欠である。その後、藤野によって、標準環の有限生成性はコンパクトKähler多様体にまで一般化されている。非Kählerな多様体に対しては標準環の有限生成性は必ずしも成り立たないので、藤野の結果により、コンパクト複素多様体の標準環の有限生成性の問題は意味完全に解決したことになる。
- 26) 高木寛通東京大学准教授。当時、高木さんと藤野は数理解析研究所の助手でオフィスを共用していた。
- 27) 川北真之京都大学数理解析研究所准教授。
- 28) 上原北斗首都大学東京准教授。
- 29) 正確に言うと、川北さんはすでに前の年からCortiさんのいるケンブリッジに滞在中で、高木さんは滞在先のウォリック(Warwick)からケンブリッジに移動してきた。
- 30) セミナーの成果は後に[23]として出版されている。
- 31) 簡単に‘予想にして’と書いたが、Shokurovさんのアイデアはかなりオリジナリティーが高く、どのような思考で様々な予想にたどりついたのかは、本人以外には十分理解されていないように思う。藤野の感想である。
- 32) 対談では藤野さんは悲観的な発言をしているので、ここで森から藤野さんの仕事についてごく簡単な補足しておきたい。彼は混合ホッジ構造の理論を用いて小平型の消滅定理の強力な一般化を確立した。その応用として、錐定理や収縮定理などの極小モデル理論の基本定理の適用範囲を限界まで拡張することに成功している。また、混合ホッジ構造の変動の理論を用いて、ホッジ束の半正値性を確立した(一部は藤澤太郎東京電機大学教授と斉藤盛彦京都大学数理解析研究所准教授と共同研究)。これらを用いて、任意次元にお

- いて安定多様体のモジュライ空間の射影性の証明を完成させた。その他にも、トーリック多様体のコホモロジー消滅定理に対する新しいアプローチ、小平型消滅定理の一般化への解析的なアプローチ (一部は松村慎一東北大学准教授と共同研究)、極小モデル理論の様々な予想の間の関係の解明 (権業善範東京大学准教授との共同研究) などがある。
- 33) 藤野は 2003 年 4 月から 2008 年 9 月まで名古屋大学に在籍していた。
- 34) 斎藤夏雄広島市立大学講師。
- 35) 藤野の修士 1 年のセミナーでは、Kollár–森 ([18]) の原稿をざっと読んだあと、Flips and abundance ([29]) を使って対数的フリップの話題を紹介していた。その流れで自然に半対数的標準曲面に興味を持ったのだと思う。
- 36) 権業善範東京大学准教授。
- 37) 川ノ上帆京都大学数理解析研究所助教。藤野より 1 年早く数理解に進学した大学院生であった。

文 献

- [1] S. Mori and H. Sumihiro, On Hartshorne's conjecture, *J. Math. Kyoto Univ.*, **18** (1978), 523–533.
- [2] S. Mori, On a generalization of complete intersections, *J. Math. Kyoto Univ.*, **15** (1975), 619–646.
- [3] S. Mori, The endomorphism rings of some Abelian varieties, *Japan. J. Math. (N.S.)*, **2** (1976), 109–130.
- [4] S. Mori, Projective manifolds with ample tangent bundles, *Ann. of Math. (2)*, **110** (1979), 593–606.
- [5] S. Mori and S. Mukai, Classification of Fano 3-folds with $B_2 \geq 2$, *Manuscripta Math.*, **36** (1981), 147–162.
- [6] S. Mori, Threefolds whose canonical bundles are not numerically effective, *Ann. of Math. (2)*, **116** (1982), 133–176.
- [7] Vik. S. Kulikov, Degenerations of $K3$ surfaces and Enriques surfaces, *Izv. Akad. Nauk SSSR Ser. Mat.*, **41** (1977), 1008–1042, 1199.
- [8] R. Friedman and D. R. Morrison eds., *The Birational Geometry of Degenerations. Based on Papers Presented at the Summer Algebraic Geometry Seminar held at Harvard University*, Cambridge, MA, 1981, *Progr. Math.*, **29**, Birkhäuser, Boston, MA, 1983.
- [9] S. Mori, On 3-dimensional terminal singularities, *Nagoya Math. J.*, **98** (1985), 43–66.
- [10] S. Mori and S. Mukai, The uniruledness of the moduli space of curves of genus 11, In: *Algebraic Geometry, Tokyo/Kyoto, 1982*, (eds. M. Raynaud and T. Shioda), *Lecture Notes in Math.*, **1016**, Springer, 1983, pp. 334–353.
- [11] S. Mori, On semistable extremal neighborhoods, In: *Higher Dimensional Birational Geometry, Kyoto, 1997*, (eds. S. Mori and Y. Miyaoka), *Adv. Stud. Pure Math.*, **35**, Math. Soc. Japan, Tokyo, 2002, pp. 157–184.
- [12] S. Mori, Flip theorem and the existence of minimal models for 3-folds, *J. Amer. Math. Soc.*, **1** (1988), 117–253.
- [13] J. Kollár and S. Mori, Classification of three-dimensional flips, *J. Amer. Math. Soc.*, **5** (1992), 533–703.
- [14] J. Kollár, Y. Miyaoka and S. Mori, Rationally connected varieties, *J. Algebraic Geom.*, **1** (1992), 429–448.
- [15] J. Kollár, Y. Miyaoka and S. Mori, Rational curves on Fano varieties, In: *Classification of Irregular Varieties, Trento, 1990*, (eds. E. Ballico, F. Catanese and C. Ciliberto), *Lecture Notes in Math.*, **1515**, Springer, 1992, pp. 100–105.
- [16] J. Kollár, Y. Miyaoka and S. Mori, Rational connectedness and boundedness of Fano manifolds, *J. Differential Geom.*, **36** (1992), 765–779.
- [17] Y. Miyaoka and S. Mori, A numerical criterion for uniruledness, *Ann. of Math. (2)*, **124** (1986), 65–69.
- [18] J. Kollár and S. Mori, *Birational Geometry of Algebraic Varieties, With the Collaboration of C. H. Clemens and A. Corti*, Translated from the 1998 Japanese Original, *Cambridge Tracts in Math.*, **134**, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1998.
- [19] H. Clemens, J. Kollár and S. Mori, *Higher-Dimensional Complex Geometry*, *Astérisque*, **166**, Soc. Math. France, Paris, 1988.
- [20] C. Birkar, P. Cascini, C. D. Hacon and J. McKernan, Existence of minimal models for varieties of log general type, *J. Amer. Math. Soc.*, **23** (2010), 405–468.
- [21] Y. Kawamata, K. Matsuda and K. Matsuki, Introduction to the minimal model problem, In: *Algebraic Geometry, Sendai, 1985*, (ed. T. Oda), *Adv. Stud. Pure Math.*, **10**, North-Holland, Amsterdam, 1987, pp. 283–360.
- [22] O. Fujino and S. Mori, A canonical bundle formula, *J. Differential Geom.*, **56** (2000), 167–188.
- [23] A. Corti ed., *Flips for 3-folds and 4-folds*, *Oxford Lecture Ser. Math. Appl.*, **35**, Oxford Univ. Press, Oxford, 2007.
- [24] J. Kollár, Y. Miyaoka, S. Mori and H. Takagi, Boundedness of canonical \mathbb{Q} -Fano 3-folds, *Proc. Japan Acad. Ser. A Math. Sci.*, **76** (2000), 73–77.
- [25] S. Mori and N. Saito, Fano threefolds with wild conic bundle structures, *Proc. Japan Acad. Ser. A Math. Sci.*, **79** (2003), 111–114.
- [26] S. Mori and Y. Prokhorov, On \mathbb{Q} -conic bundles, *Publ. Res. Inst. Math. Sci.*, **44** (2008), 315–369.
- [27] S. Mori and Y. Prokhorov, On \mathbb{Q} -conic bundles, II, *Publ. Res. Inst. Math. Sci.*, **44** (2008), 955–971.
- [28] S. Mori and Y. Prokhorov, On \mathbb{Q} -conic bun-

dles, III, Publ. Res. Inst. Math. Sci., **45** (2009), 787–810.

[29] J. Kollár ed., Flips and Abundance for Algebraic Threefolds, Papers from the Second Summer Seminar on Algebraic Geometry held at the University of Utah, Salt Lake City, Utah, August 1991, Astérisque, **211**, Soc. Math. France, Paris, 1992.

[30] Y. Gongyo, Abundance theorem for numerically trivial log canonical divisors of semi-log canonical pairs, J. Algebraic Geom., **22** (2013), 549–564.

[31] O. Fujino and Y. Gongyo, Log pluricanonical representations and the abundance conjecture, Compos. Math., **150** (2014), 593–620.

[32] O. Fujino, Abundance theorem for semi log canonical threefolds, Duke Math. J., **102** (2000), 513–532.

(2016年12月3日提出)

(もり しげふみ・京都大学高等研究院・京都大学数理解析研究所)
(ふじの おさむ・大阪大学大学院理学研究科)

年 表

昭和52年(1977年)

- 1月 志村五郎, コール賞受賞.
- 4月 河合隆裕に, 第5回彌永賞を授賞.
- 10月 東京数学会社(日本数学会の前身)の創立100周年記念行事を, 東京理科大学にて, 日本物理学会と共同で開催(‘数学’30巻2号に記念特集).
- 12月 名簿を初めてコンピュータ処理で作成.

昭和53年(1978年)

- 1月 伊藤清, 朝日賞受賞.
- 4月 新谷卓郎に, 第6回彌永賞を授賞.
- 6月 伊藤清, 日本学士院賞, 恩賜賞受賞.
- 8月 ヘルシンキにて国際数学者会議が開催される. 基調講演: 柏原正樹. セッション招待講演: 荒木不二洋, 福島正俊, 境正一郎, 志村五郎, 新谷卓郎, 塩浜勝博, 上野健爾.
- 12月 彌永昌吉, 日本学士院会員に選出.

昭和54年(1979年)

- 1月 永田雅宜, 国際数学連合(IMU)の副総裁に就任.
- 4月 西田吾郎に, 第7回彌永賞を授賞.
- 6月 岩澤健吉, 藤原賞受賞.

昭和55年(1980年)

- 4月 塩浜勝博に, 第8回彌永賞を授賞.
- 8月 加藤敏夫, ノーバート・ウィーナー応用数学賞受賞.
Encyclopedic Dictionary of Mathematics 第1版(岩波数学辞典第2版の英訳, 日本数学会編)がMIT Pressから出版される.

昭和56年(1981年)

- 2月 ニュージーランド数学会との交換会員制度を縮

結.

- 4月 柏原正樹に, 第9回彌永賞を授賞.
 - 6月 数学会の事務所を文京区本郷に移転.
- ### 昭和57年(1982年)
- 1月 竹内外史, 朝日賞受賞.
 - 4月 飯高茂に, 第10回彌永賞を授賞.
中国数学会の代表3名を, 広島大学における年会に招待する.
 - 6月 角谷静夫, 日本学士院賞, 恩賜賞受賞.
原亨吉, 日本学士院賞, 恩賜賞受賞.

昭和58年(1983年)

- 4月 森重文に, 第11回彌永賞を授賞.
- 7月 ‘数学’に‘修士・博士論文のタイトル’の掲載を開始.
- 8月 ワルシャワにて国際数学者会議が開催される. 基調講演: 佐藤幹夫. セッション招待講演: 飯高茂, 森重文, 西田孝明(キャンセル), 大島利雄, 渡辺信三.
- 10月 日本数学会創立100年事業の1つとして‘日本の数学100年史’が刊行される.

昭和59年(1984年)

- 4月 松本幸夫に, 第12回彌永賞を授賞.
- 5月 ICM90検討委員会を設置する(委員長: 伊藤清). これ以前からあったICM90ワーキンググループを改組して設置される.
- 9月 Japan Journal of Applied Mathematics(JJAM)が創刊される. 応用数学と数値解析の国際誌で, 日本数学会の支援のもとにJJAM刊行会より刊行された.
- 12月 広中平祐, 数理科学振興会を設立する. 数理科