

衝突勉強会総括資料

2013/03/14

前回の反省点と勉強会の新たな試み

- **反省点**

- 修士の学生がイマイチついて行けなかった…
- 採用されたテーマが自分の興味と合わない場合、参加するmotivationが湧かない…

- **形式の変更**

- 研究テーマ探し→基礎勉強
- 【「衝突研究をする以上知っておくべき教養」の全体像を提示し、衝突勉強会に参加する学生全員の知識レベルをその水準まで引き上げる】ことを目的に、【惑星科学の中で鍵となる問い】に対する答えを探す形式で論文の講読を行う。
- 後見人制度の創設

「問い」の設定

- **第一回: インパクトフラックス**
 - 地球-月系には何が降ってきたのだろうか? (長/東大D2)
 - インパクトフラックスはどのように推定されているのか? (巽/東大D1)
 - 後期重爆撃期、Nice modelとは何か? (松本/神戸M1)
- **第二回: 衝突体の大気突入過程**
 - 大気貫入中に破碎された衝突天体は地表面でどんなサイズ分布をとるのか? (羽村/東大D2)
 - 流星の観測から何がわかるか? (青木/神戸M1)
- **第三回: 衝突過程**
 - 複雑クレーターはどのような形状をしていて、それはどのように形成されるのか? (木内/神戸M1)
 - 衝突クレーターのスケーリング解析とは? (河本/神戸M1)
- **第四回: Ejecta**
 - ejectaの放出量と放出速度はどう記述できるか? (桑原/東大M2)
 - 実験的に予測されたejectaの放出過程は天然の衝突でも確認できるのか? (青木/神戸M1)
- **第五回: 衝突脱ガス/衝突の熱力学**
 - 地球大気と衝突との関係は? (松本/神戸M1)
 - 天体衝突時に物質はどのような挙動を示すのか? (古賀/東大B4)

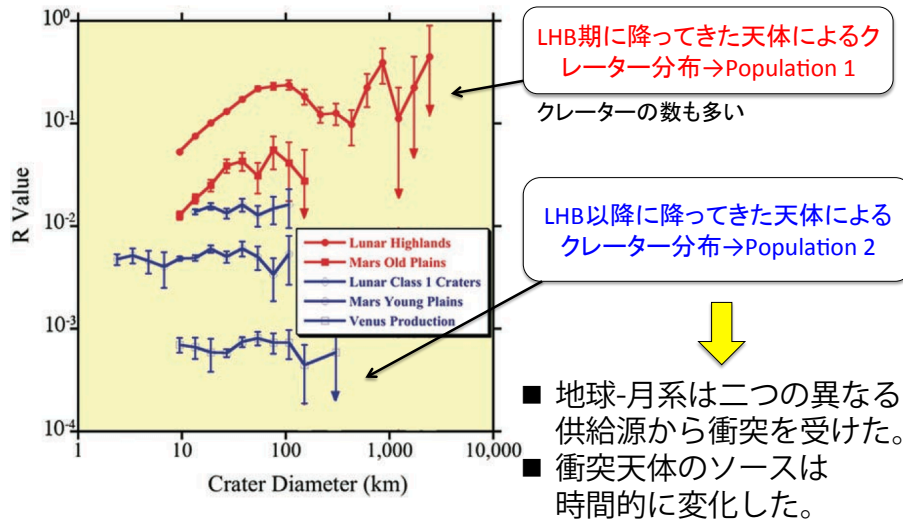
最初のmotivation

- 「とりあえず論文を読む会をやったけれど、最後に何も残らなかった…」というのを防止するために、最後に発表者全員のスライドを連結して、「これさえ理解しておけば衝突研究に関する大体のイメージがつかめる」というような一つのファイルや冊子にしたい。
- 勉強会参加者全員の共同作業の結果として「明確なアウトプット」を出す事を目指す。

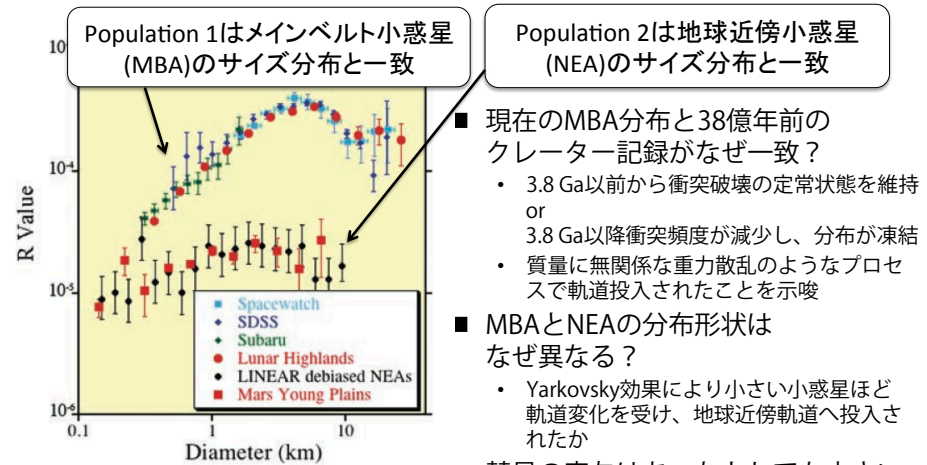
第一回: インパクトフラックス

1-1:地球-月系には何が降ってきたのだろうか? (長/東大D2)

内惑星のクレーターサイズ分布は時代によって2パターンに分けられる



クレーター分布と小惑星のサイズ分布とは符合する



※小惑星のR値は規格化済

※クレーター直径を π scalingによって衝突天体の直径に変換

- 彗星の寄与はあったとしても小さい。
- 外惑星への衝突のソースは内惑星とは異なる。

第一回: インパクトフラックス

1-2: インパクトフラックスはどのように推定されているのか?
(巽/東大D1)

Q. 地球-月系へのインパクトフラックスはどのようにして推定されているのか?

月サンプルから得られる
絶対年代×クレーター密度
関係



クレーターサイズ
×プロジェクティルサイズ
関係

- 現在のMass Fluxが分かっている
- Mass Fluxはクレーター密度分布の傾きに比例

- クレーターサイズからプロジェクティルサイズを推定
- プロジェクティル質量はすべて月に堆積

月へのMass Flux

地球へのMass Flux

第一回: インパクトフラックス

後期重爆撃期、Nice modelとは何か？(松本/神戸M1)

<問3: 後期重爆撃期、Nice modelとは何か?>

◆ ニース・モデルは、微惑星と巨大惑星の相互作用で巨大惑星の軌道が動いたことを表すモデル

▶ 最近観測された惑星軌道、LHB、メインベルト小惑星の現在の軌道分布、木星トロヤ群の起源を説明する

◆ LHBは太陽系の内側に激しく微惑星が降ってきた期間

▶ 月において、ある時期に衝突が頻発した原因を説明

▶ ニース・モデルによって、裏付けを得る

▶ しかし、後期重爆撃期はなかった、という人も…

▶ 月の岩石データや探査データが不十分

第二回: 衝突体の大気突入過程

2-1: 大気貫入中に破砕された衝突天体は地表面でどんなサイズ分布をとるのか？
(羽村/東大D2)

問いの答え【破片のサイズ分布】

- ・ 回収された破片のサイズ分布(の一部)はべき乗則で表せる (10-40 gの範囲で $s = 1.6$)
- ・ 回収のバイアスにより、サイズ分布全体を厳密に求めるのは難しいが、
低質量の”べき”は高質量側にも外挿できそう

(物質強度を考慮した実験を行えば、実験室→天然のスケーリングの可否を議論できるかもしれない)

破片サイズ分布を扱う上での本論文の重要性

◇ 実験室・数値計算で求める場合の唯一のReferenceデータ

第二回: 衝突体の大気突入過程

2-2: 流星の観測から何がわかるか？(青木/神戸M1)

流星体の元素組成

- 流星の分光観測による
- Naの存在度を比較し、熱進化を読み解く

流星体の特徴

- Naが熱輻射で減少していない($q \geq 0.14 \text{AU}$)ことと、先行研究より、流星体は黒体に近い粒子が密に詰まった小さなアグリゲイト(mm-cm)だと考えられる

母天体の熱変性

- 黒体付近温度の流星体は熱変性を受けにくいから、熱変性を受けたとすれば、それは母天体上である可能性がある

第三回: 衝突過程

3-1: 複雑クレーターはどのような形状をしていて、それはどのように形成されるのか？(木内/神戸M1)

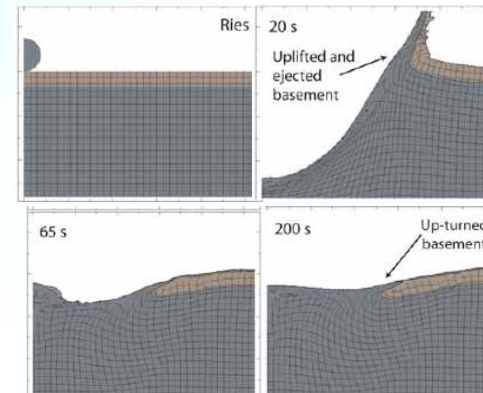
複雑クレーターの形状

- ◆ **底が平たい**
- ◆ サイズが大きくなるにつれ、中央に隆起をもつもの、リングをもつもの、同心円状に多重リング構造をなすものが見られる



複雑クレーターの形成のされかた

- ◆ 衝突直後に一時的にお椀形のクレーターが出来るが、**重力がクレーター孔の強度を上回ると崩壊、変形が起きる**
- ◆ 重力によって形成のされ方は変わるが、**標的の層構造**によっても変化はある



第三回: 衝突過程

3-2: 衝突クレーターのスケーリング解析とは？(河本/神戸M1)

クレーター形成における衝突角度と標的摩擦係数の影響を調査した

- 標的表面への 30° 以上での衝突は円形クレーターを作る
- 衝突角度と摩擦係数は π_v をはっきりと減少させる
- $f=0.7$ の標的への衝突では、クレーター形成に衝突速度の垂直成分だけが影響する
- π スケーリングは $f=0.7$ で結合をほとんど持たない砂に似た性質を持つ物質への、惑星スケール斜め衝突に適用できる

第四回: Ejecta

4-1: Ejectaの放出量と放出速度はどう記述できるか？(桑原/東大M2)

各空隙率におけるEjecta速度分布に関するべき乗スケールリング則を非べき乗則領域まで拡張した



Ejectaの放出量と放出速度はどう記述できるか？

●放出速度と放出位置の関係

$$\frac{v}{U} = C_1 \left[\frac{x}{a} \left(\frac{\rho}{\delta} \right)^v \right]^{-1/\mu} \left(1 - \frac{x}{n_2 R} \right)^p \quad (n_1 a \leq x \leq n_2 R)$$

●放出量と放出位置の関係

$$\frac{M(x)}{m} = \frac{3k\rho}{4\pi\delta} \left[\left(\frac{x}{a} \right)^3 - n_1^3 \right]$$

Ejectaの発生しない等圧コア領域のEjecta質量を補正

第四回: Ejecta

4-2: 実験的に予測されたejectaの放出過程は天然の衝突でも確認できるのか？(青木/神戸M1)

A. 数値シミュレーションの結果と観測結果はほどよく一致した

- 遠隔地の高カルシウムパイロキシンとエジェクタのシミュレーション結果
- 爆風による筋模様
- 二次衝突クレーター

第五回: 衝突脱ガス

5-1: 地球大気と衝突との関係は？(松本/神戸M1)

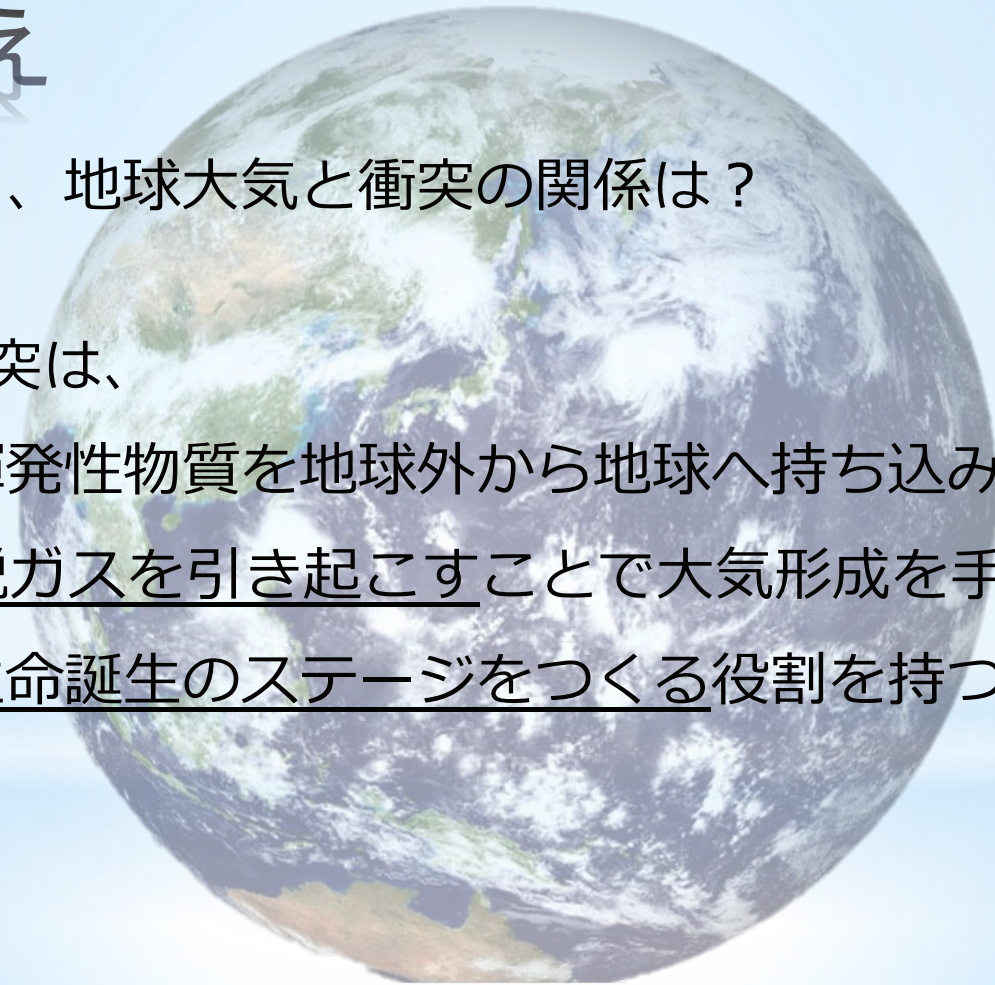
* 答え

◆ 問 1、地球大気と衝突の関係は？

➤ 衝突は、

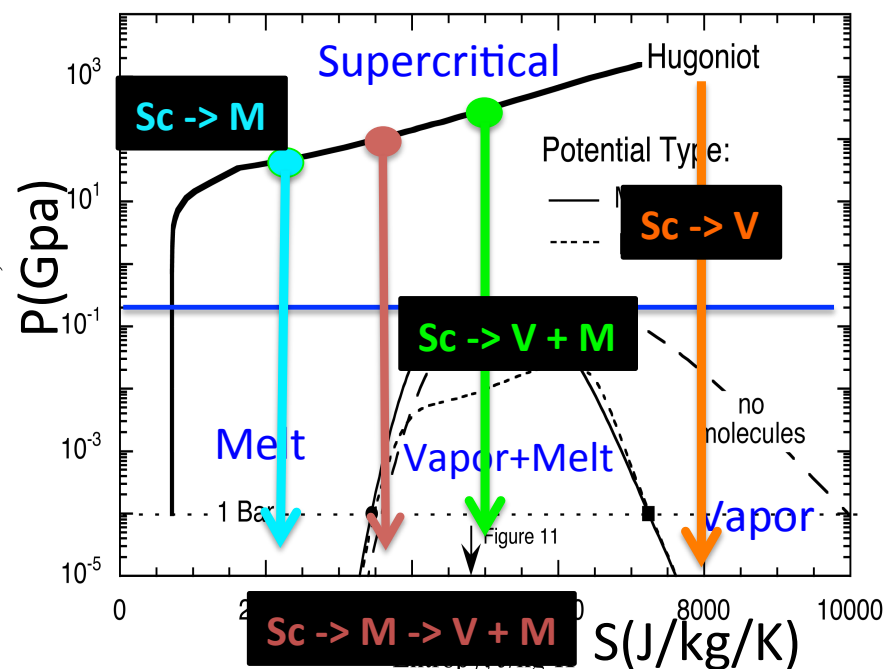
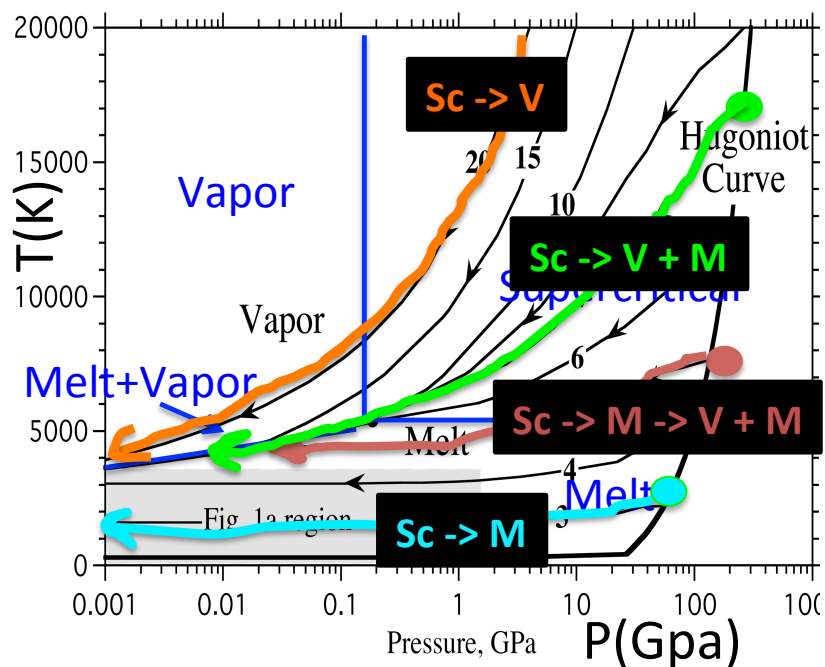
* 揮発性物質を地球外から地球へ持ち込み、
脱ガスを引き起こすことで大気形成を手伝う

* 生命誕生のステージをつくる役割を持つ



第五回: 衝突の熱力学

5-2: 天体衝突時に物質はどのような挙動を示すのか？ (古賀/東大B4)



衝突圧縮で、Hugoniot曲線上の1点にのる (典型的な衝突では臨界点を超える)

↓

低圧の周辺から希薄化波が伝わり断熱減圧 (s保存): 気相・液相の出現

断熱膨張の経路はEOSによって決まる
→ 最終状態の気相・液相の割合に影響

アンケート集計結果

1. 今回の進め方は適切だったか?
2. 来学期以降の勉強会のあり方は?

ご協力ありがとうございました

アンケート集計結果

回答数：11名
修士課程：5名
博士課程：3名
PD以上：3名

注意

- ・ 記名方式だったので、批判的なコメントが書きづらい？
- ・ 元々興味が無く参加しなかった層の声が取り込まれていない。

有意義だったか

・ テーマが一貫したものであったので話しの流れがイメージしやすかった

・ **各回「問い」が設定があり、何を課題としているのかがわかり易かった。**

・ まだこの分野についての理解も深められていない中なので、テーマ毎に行われていたことが良かった。

・ 同年代くらいの人々の発表は集中力が高まる。

・ 専門知識が不十分でも、ある程度理解しながら発表を聞くことができた。

・ 勉強する良い機会であった。

・ 学生・若手研究者による自発的な勉強会だったから。

・ **共通の言語、問題意識を持つということが、グループの発展には重要であり、それを学生の頃から養うことが、衝突研究会の中の学生組織である衝突勉強会に期待されていることであると思う。**

何が共通認識なのかを博士課程の学生が考えたこと、それを修士の学生に簡潔な言葉で示したこと、後見人制度を設けて理解をサポートしたこと、によりその目標を達成できるシステム作りに成功したと思う。

・ 自分の研究テーマと直接的・間接的に関連する幅広い「衝突」科学を学ぶことができた。

・ 普段交流することのない人たちと意見を交換するのは有意義だと思う。

・ この分野に明るくなかったので、衝突実験や観測について概要を知れたのはよかったです。ただ、もう少し自分で勉強してから臨むべきだったと思って少し反省しています。

・ 回数は適当。行けなかった日があったかもしれませんが。

	1	2	3	4	5	
参加回数	0	0	3	6	2	
非常に有意義だった	3	7	1	0	0	全く無意味だった
役立った	2	7	1	0	1	全く役立たなかった
非常に積極的に参加できた	3	2	4	2	0	非常に消極的だった

衝突にまつわる教養の全体像を知るのに役立ったか

・ 衝突現象全体を通して一通り理解は深まったような気がするため。

・ **テーマ全体が衝突前後の現象の流れにそって設定されていて理解しやすかった。**

・ 衝突に関する全体的なことを学べたと思うから。

・ さまざまな視点から衝突現象を俯瞰することができた。

・ 自分では読まない論文について勉強できたため。

・ 細かいテーマにわかれていて、それぞれのテーマにそって基本的な知識が知れて良かった。

・ 衝突現象を勉強するにあたってどういった論文を読めばいいかわかり、参考になりました。

・ これは、世話人みなさんへの非難ではありません。

・ 単に私が「教養の全体像」が何であるかを知らないがために、それを知るのに役立ったと言われると、「はいそうです」とは言えないだけです。

・ ただし、今回世話人の方々が提示してくださったものが全体像であるとすれば、それなりに理解はできている(=役だった)のだろうと思います。

積極的に参加できたか

- ・発表するときも、きいているときも真剣だった。
- ・頻繁にあるわけではないし、事前告知がしっかりとされていたので、忘れることがなかったから。
- ・ついていけなかった部分もあった。
- ・参加できない回があった。
- ・できる限り質問をした。
- ・自分の発表以外ではあまり意見を言うことがなかった。

各回の理解度

	1	2	3	4	5	
良く理解できた	1	6	3	0	0	全く理解できなかった
	0	6	3	2	0	
	1	9	1	0	0	
	2	5	2	1	0	
非常に興味深かった	6	3	1	0	0	全く興味を持てなかった
	6	3	1	1	0	
	5	6	0	0	0	
	7	4	0	0	0	
	6	0	2	0	0	

テーマの設定

- ・自分の研究内容に関わる内容だったため。
- ・自分でやって関心が深まったものや、人の発表で関心したものもあったため。

・どれも単純な問いながらも「そういえば、なんで？ どうしてだっけ？」と思うようなテーマばかりでした。基礎の根本的な話をじっくり考える機会となってよかったです。

- ・クレータ関連については興味があったため。
- ・クレータリングと放出物については、カバーすべき範囲が他のものより広い(気がする)ので、1回で網羅するのは難しいと感じた。しかし、その中でも良いポイントを選んでいただけだと思う。
- ・自分の研究に直結しないが関連するテーマだから。
- ・全体的に自分の研究に深く関ることが多かった。

・面白いテーマを選んでいました。ただし、紹介する論文が新しいものに集中していた気がします。00年代から始まった訳ではない研究分野ですので、「教養」というのであれば、より古くてもよりよい論文があったのではと思われれます。

各回の理解度

- ・発表がわかりやすかったため。
- ・難しすぎてチンプンカンプンということではなく、ちゃんと発表の話にある程度ついていけたので。
- ・自分の知っている分野は理解しやすかった。
- ・馴染みのあるテーマの方が理解しやすかった。
- ・理解できた部分と、そうではない部分の両方があった。全体的な流れは理解できるが、細かい部分になると難しかった。

『細かい事まで触れることはせず、「問いに対する 答え」に直結する部分のみ上手くまとめる』進め方は適切だったか

	1	2	3	4	5	
非常に適切だった	3	6	2	0	0	全く不適切だった
十分達成できた	1	5	2	2	0	全く達成できなかった

・各論文の論点全てが勉強会で取り扱うテーマに沿ったものではないから。
勉強会に一貫性をもたせるにはこの進め方は必要と感じた。

- ・何が問われているのかがわかり易かったため。全体像を把握するためには良い進め方だったと思う。
- ・その方が聞いている方は断然わかりやすいので。
- ・限られた時間内で、あれもこれもとつめて勉強するのは厳しいとおもいますし、大事な部分だけをしっかり理解したほうが有意義だと思うので、適切だったと思います。
- ・直感的に理解しやすいと思うから。
- ・ある種の論文の読み方として正しいが、なかなかセミナーなどでは教えない方法である。そのような練習になったと思う。

・短いセミナー時間の中での最適解だと思う。

- ・問いに答えるという形式はわかりやすく良かったと思う。
- ・直結すると考える部分が人によって違うような気がします。特に、どのくらいの知識を前提としているかという部分は人によって考え方が異なるところなので、まとめかたにも違いがあったかと思います。また、1題あたり30分というのは少し短いような気がします。
- ・これと次の質問は、修士(=これを通して知識0から増やした人)に譲ります。

『細かい事まで触れることはせず、「問いに対する 答え」に直結する部分のみ上手くまとめる』という目標は達成できたと思いますか。

・全体を通してまとめられたように感じますが、蛇足の部分が無きにしも非ずだったため。

・最後まで全然よくわからないまま発表が終わることはあまりなかったもので、一応達成できた、ということにしたいです。

- ・衝突現象の基礎的な部分に焦点を当てていると思うので、もう少し基本的な論文にした方がよかったと思う。例えば、第三回の二本目の論文は斜め衝突も入っていて理解しにくかった。
- ・話を聞いて、「全くわからない」ことはなかった。
- ・自分の発表に関しては、問いに対する答えを参考論文からあまり読み取れてなかったように思う。発表の内容として、論文の内容をまとめるのか、問いに対する答えを重視するのかで迷い、中途半端になった。

普段の研究室内での論文紹介と比べて、準備の負担はどうでしたか

	1	2	3	4	5	
非常に楽だった	0	2	5	0	0	非常に大変だった
非常に適切だった	3	3	0	0	0	非常に不適切だった
前期	3				後期	4

・論文発表は全体を通してやるので、長いが頭はあまり使わない。一方、今回の発表は論文をまとめると短いけれど、まとめるのに頭を使うので。

・論文紹介が目的ではなく、あくまでテーマとその回答を発表する、という形式だったのがやりやすかったので、**(読むのは相変わらず大変ですが)準備はしやすかった**と思います。

アドバイザーの人が気にかけてくれたり、お尻を叩いてくれたおかげもあると思います。

・慣れない形式での発表だったので、どういう表現にすればよいのか悩んだ。

・**論文紹介と比べて、問いに対する答えを示さないといけなかった**ので、時間がかかった。

後見人の指導は適切だったか

・忙しい中、何度も親切に教えていただいたため。

・どうしてもわかりやすくスライドや要旨をつくれた「つもり」になってしまうので、余裕をもって適切なチェックをいれていただけたので。

・**後見人の指導によって発表者の理解が深まった**。

・全体の流れから、スライド一枚一枚に至るまでアドバイスをもらった。

前期と後期の勉強会のどちらの進め方が参加・取り組みやすかったですか

(前期)

・趣旨が少し違うので何とも言えないが、後期はより基礎的な内容のために、前期の方が興味深かった。

・どちらでもよい。

・**問いの形式は、大きい流れでテーマにそった内容が知れるのはよかった。**
ただ、普通の論文紹介という形式でも良いとは思う。

(後期)

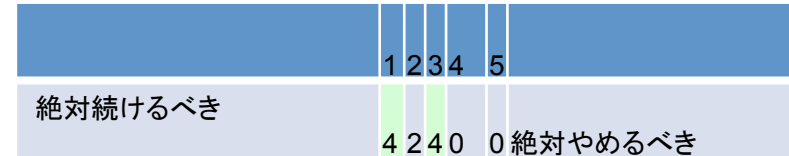
・**前期は衝突物理は知っているという前提で小惑星上の物理過程を議論したが、その知識に乏しい人間にとっては後期の衝突物理を勉強する会のほうが取り組みやすかった。**

・目標を持って発表した方が聞いている方もわかりやすかったので。

・勉強会の目的、やり方やテーマがはっきりとしてわかりやすかったのと、先生から教えてもらうのではなく、学生主体で勉強していく形だったので敷居も低く、取り組みやすかったと感じたので

・前期参加してないのでわかりません。

今後も勉強会を続けた方が良いと思いますか



- ・他の大学の人と知識・情報の共有ができる機会でもあると思うため。
- ・あるテーマにそって勉強するのは有意義ですが、忙しい時期と重なると両方中途半端になったり、無理やりすることになるのでそのような

忙しい期間に配慮してほしいと思います。

・**今回参加してよかったと思う**から

・**どれくらい身についたかと言われれば、微妙**なところがある。

・「有意義でしたか」の設問に書いた通り。

・もともと衝突科学に関連する全国の学生が交流できる場として発足したため、続いた方が面白いと思う。名古屋は消滅しましたが、

・**知識を得る助けになっている**と思う。ただ**発表回数が多いので負担も大きい**とは思う。

・自分ではちゃんと読まないような論文にもあたることのできる。また、いろいろな人の意見が理解の助けになるので。

・一つ上の質問と関係します。取り組みやすいとはなんでしょう？楽しいなら面倒でも作業をすることだって多々ありますよね。**楽しいと思える**

リターンのある会なら今後も続けられればよいし、そう思えないならやらなくてもよいのかもしれませんが、そして、リターンを得るためにはそれなりの作業を要するのが、むしろ普通ではないかと思います。いずれにせよ、多数にとってコスパが悪いなら、無理に続けなくてもよいと思います。

この勉強会をより良くするために改善してほしいことは何ですか

・後期でやったことと前期でやったこと両方を取り入れてほしい。前半である衝突物理に関する勉強をし、後半ではそれにまつわる最新問題を取り上げ、議論する。勉強・議論の範囲は狭くなるが、そちらのほうが、よりまとまる勉強会になると思う。

・最初の会議の接続がうまくいかないのはまずいと思うので、参加者全員が会議につなげられるよう訓練すべきだと思います(×2)

・改善ではないですが、論文ばかりではなく、natureやscienceなどの短い記事やコラムを取り上げてはどうでしょうか・・・

・趣旨に合った論文の選定。

・1回あたり複数本の論文を紹介するようにするとより理解が深まると思います。

・後見人をつけたおかげなのか、テーマの答えだけをまとめるというシステムがよかったのか、テーマに対する論文の選択がよかったのか、何が一番効いたのかわかりませんが、よかったです。ぜひ続けてほしいです。

・**修士学生からもっと質問してほしい。**

・問いに対する答えと参考論文の内容がリンクさせづらいと中途半端になってしまうので、形式を変えた方がありがたいかもしれない。

今期扱わなかったけれど、今後扱ってみたいテーマは何ですか

- ・火星のクレーター形状
- ・衝突による地震
- ・太陽や惑星の形成について
- ・隕石
- ・数値計算, 隕石
- ・今回は衝突現象という自分の研究に深く関連するものだったが、普段あまり扱わないテーマなどがあれば
- ・衝突の熱物理

誰のプレゼンが素晴らしかったと思いますか。(←ベスト1だけ発表☆)

桑原 秀治(東大) : 第四回 問1 : ejectaの放出量と放出速度

- ・わかりやすい話し方で、質問にも丁寧に答えていたからです
- ・うまくまとまっていたと思うから。
- ・エジェクタのスケーリング則に関してわかりやすい内容だったので。

総括

問いの設定、後見人の設置、初学者向けの難易度設定など、システムとしては一定の評価がされているものの、**積極的な参加、という点が実現できなかつた**ようだ。

今後、続けるのであれば、この点を吟味する必要があるかもしれない。

論文紹介でなく「問い」に特化したやり方は、負担は減らないものの、理解の促進には一定の寄与を果たしたようだ。

ただ、勉強会のメリットと負担のバランスは、決定的にどちらかが勝っていることはないようだ。今後も継続的な議論と、メリットを保ちながらも負担を減らす方法を考えるべきだろう。

今後の勉強会のありかた

- 勉強会の存続/廃止
 - 学生同士の交流・教育に対して一定の寄与をしていると考えられ、存続させる。
 - 負担を減らしメリットを最大化する方策を考える。
 - 修士の学生に質問・コメントを義務づける(1人最低1回)。
- 勉強会の位置づけ: 研究テーマ探索/基礎勉強
 - 研究テーマ探索型
 - メリット
 - PD・スタッフ以上のメンバーが興味を持って参加できる。新たな研究への発展性がある。
 - デメリット
 - 修士学生がついて行けなかったという反省も。
(ついてくるよう頑張るのも修士の務め、とも言えるが…)
 - 基礎勉強型
 - メリット
 - 衝突研究に関する共通言語の獲得。
 - 修士学生が当事者意識を持つことができた。
 - デメリット
 - PD以上の人の興味を得づらい？

提案: 夏学期は基礎勉強型、冬学期は研究テーマ探索型というのもありでは。

長いようで短かった一学期間、
どうもありがとうございました。

Special Thanks to

鈴木さん、しまきさん、鎌田さん、保井さん、荒川先生、
中村先生、寺居さん、古荘さん、山下さん

ご参加くださったみなさん

世話人一同
岡本 尚也 (神戸大)
岡村 奈津子 (東大)
長 勇一郎 (東大)
羽村 太雅 (東大)

これからは、博士課程の学生(岡本、巽、桑原、岡村、長、羽村)
が新世話人として運営して行きますので、宜しく願いいたします。