



Title	ダスト凝集に繊維状物質が与える影響：部屋の埃から微惑星形成まで
Author(s)	
Citation	令和3（2021）年度学部学生による自主研究奨励事業 研究成果報告書．2022
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/85604
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

令和3年度大阪大学未来基金「学部学生による自主研究奨励事業」研究成果報告書

ふりがな氏	たなかれな 田中玲奈	学部 学科	理学部物理学科	学年	1 年				
ふりがな 共 同 研究者氏名	いわのしおり 岩野志織	学部 学科	理学部物理学科	学年	1 年				
					年				
					年				
アドバイザー教員 氏名	桂木洋光	所属	大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻						
研究課題名	ダスト凝集に繊維状物質が与える影響 ～部屋の埃から微惑星形成まで～								
研究成果の概要	次ページ以降を参照								

○研究目的

惑星形成について学んだ際、微惑星を構成するダスト凝集体の形成にさまざまな問題があることを知った。現在の惑星科学では、観測結果や数値計算の結果を踏まえ、宇宙空間に存在するダスト凝集体は空隙率が高いと考えられているが、小さな粒子群が高い空隙率を保ったままこのような大きな凝集体となることは容易ではない。

一方身の回りに目を向けると、床や隙間にある埃は、毛髪や繊維くずの影響で空隙率が高く目に見えるサイズまで成長することが出来る。そこで埃の形成メカニズムをもとに、微惑星のダストにおいてもチェーンのようにつながった繊維状の物質があれば、高い空隙率を保ったまま絡み合いにより凝集しやすくなるのではないかとこの着想を得た。

本研究では、5 μm サイズのシリカ粒子と数十 μm の太さの絹糸を用いて、粒子と繊維、繊維どうしを混合し、真空に近い状態で気流を起こすことでダストの凝集体を形成する。この繊維状物質の種類・長さ・混合比率を変化させ、形成された凝集体の大きさとその関係性をそれぞれ明らかにすることを目的としている。そしてその関係性からダストが凝集するにはどのような繊維状物質が必要であるかを議論する。

○研究方法

予備実験において繊維と粒子の混合の様子を調べたところ偏析が起きており、凝集は難しいことが分かった。よって本実験では繊維どうしの凝集を調べた。詳細を以下に示す。

① 予備実験

[使用したもの]

- ・ 5 μm のシリカ粒子 (協力研究室から提供)
- ・ 絹糸 (細髪糸、髪糸、太髪糸)
- ・ 充電式クリーナーCL072DSH (makita 社製)
- ・ 埃 (理学部棟内の廊下で採集)

※気流を発生させるため下記のクリーナー (写真2) を使用した。

[方法]

シリカ粒子と繊維をシャーレ上に分散した後、クリーナーを使用しておよそ 2~3 分間凝集した。その後、紙パック内に残った凝集体を取り出し、繊維と粒子の絡まりを顕微鏡で観察した。

絹糸は直線状のものと、加熱によって曲げたものを用意した。

② 本実験

[使用したもの]

- ・ 細髪糸 (曲げたもの、太さ約 35 μm) 0.040g
- ・ 充電式クリーナーCL072DSH (makita 社製)

細髪糸の長さをパラメータとして凝集体を調べた。長さは2.5"cm (n=0.5,1,1.5,2,2.5,3)とした。数値を以下に示す。

表1 細髪糸の長さ

n	0.5	1	1.5	2	2.5	3
長さ(cm)	1.58	2.50	3.95	6.25	9.88	15.63

[方法]

トレー上に繊維を分散した後、クリーナーを使用して 3 分間凝集した。(写真1, 2)

その後、紙パック内に残っている凝集体を取り出し、電子ばかりで質量を測定した。また黒い布の上で凝集体の全体構造を撮影した。一つの長さにつき 10 回実験を行った。



写真 1 クリーナーで吸引する前の様子



写真 2 充電式クリーナー

○ 研究

経過・結果

① 予備実験

7月6日より実験を開始した。凝集体の構造を顕微鏡で確認した結果を以下の写真 3,4 に示す。



写真 3 直線状の繊維と粒子の絡まりの様子

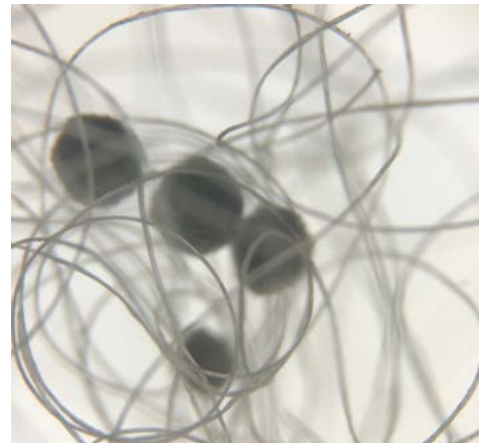


写真 4 曲げた繊維と粒子の絡まりの様子

直線状の繊維では、糸どうしが平面状に広がり、立体的な凝集はみられなかった。また熱によって繊維を曲げた場合も、繊維同士の絡まりが強く、粒子は重力や衝撃により容易に落下する様子が見られた。紙パック内では繊維と粒子が分離しており、偏析が起きていると判断した。また、実際に採集した埃では繊維が大部分を占めていたため、本実験では繊維どうしの凝集調べる方針に変更した。

② 本実験

9月2日から実験を開始した。本実験では繊維の長さとした凝集体の質量の関係を明らかにした。まず形成後の凝集体の画像を以下の写真 5,6 に示す。

写真 5 は $2.5^{0.5} \text{ cm}$, 写真 6 は $2.5^{3.0} \text{ cm}$ の長さの繊維を使用したときの凝集体の様子である。 $2.5^{0.5} \text{ cm}$ の繊維で作られた凝集体は積層構造をしており、糸が曲がっていることによる絡まりは見られない。衝撃に弱く、脆い構造になっていることが分かる。一方、 $2.5^{3.0} \text{ cm}$ の繊維で作られた凝集体は糸の曲げによって絡まり合い、立体的かつ空隙率の高い凝集体になっている。また絡まり具合は場所によって偏りがあることもわかる。

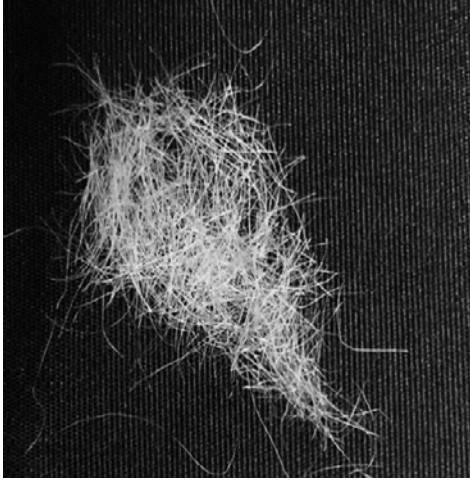


写真 5 $2.5^{0.5} \text{ cm}$ の繊維を用いた時の凝集体

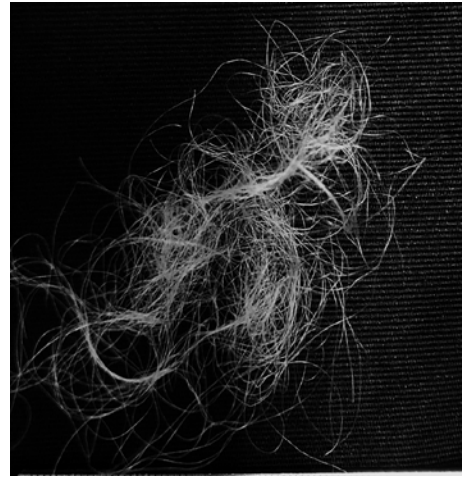


写真 6 $2.5^{3.0} \text{ cm}$ の繊維を用いた時の凝集体

写真 6 のような構造は、 $n=1.0/1.5/2.0/2.5$ の繊維を使った凝集体でも見受けられた。また、繊維の長さと凝集体の質量の関係を表したグラフは以下の図 1 のようになった。

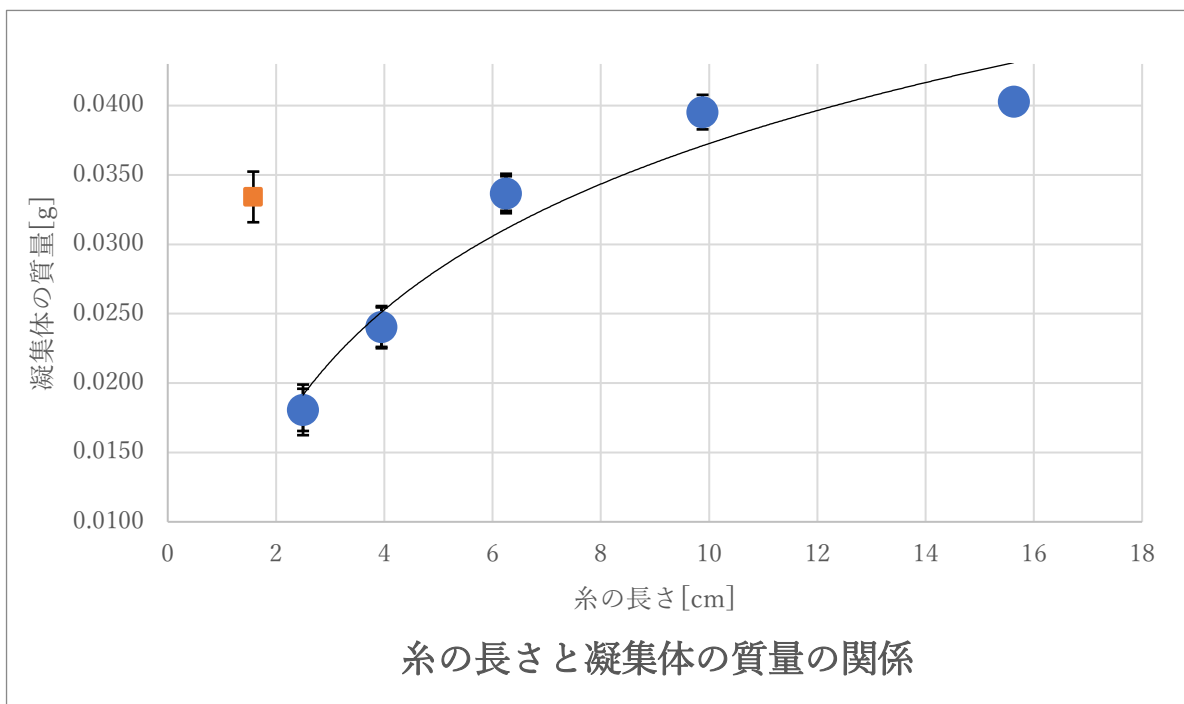


図 1 糸の長さと凝集体の質量の関係

このグラフからも、繊維の長さが $2.5^{0.5} \text{ cm}$ の凝集体だけがそのほかの繊維の長さのものとは違った特徴を持っていることが予想される。

さらに、 $n \geq 1.0$ において横軸の糸の長さを底を 2.5 として対数表示に変換したグラフを以下の図 2 に示す。

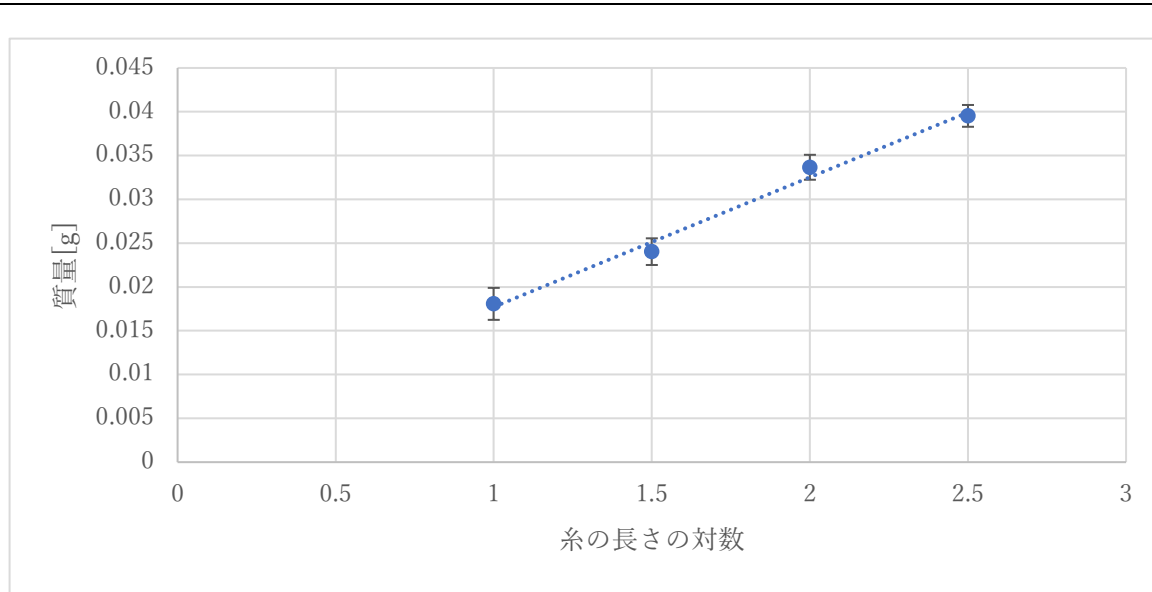


図2 対数グラフ

図2より、 $n \geq 1.0$ では糸の長さと凝集体の質量の関係に対数則がみられることがわかる。

以上より、今回の研究では繊維の長さが短いと「積層構造」に、ある長さを超えると「絡み合い構造」になること、さらに「絡み合い構造」では凝集体の質量と繊維の長さに対数的な関係がみられることがわかった。

また、この結果をもとに糸の弾性によって絡まると仮定して M が $\log_{2.5} l$ に比例する物理的意味を考察するためのモデルを検討した。以下の式(1)は今回の実験より得られたもので、さらに考察していくと式(2)が得られる。ここで M を凝集体の質量、 l を糸の長さ、 E を糸の弾性定数、 d を糸の太さ、 g を重力加速度、 c をと定数とした。

$$M = \log_{2.5} l \quad (1)$$

$$M = c \frac{Ed^2}{g} \quad (2)$$

○今後の展望

上記の理論モデルの検討より、太さの条件が導き出された。今回の実験は長さを変化パラメータとした実験だったが、今後太さをパラメータとした実験を行うことでこのモデルの正確性を検証したいと考えている。

また、本実験では宇宙空間と比較して真空、微小重力空間の再現に限界があり、より正確な結果を得るためには装置の改良が必要とされる。また、クリーナーで吸引するときの流速が凝集体のでき方に依存している可能性も考えられる。

微惑星形成とのつながりを考えると、粒子がチェーン状につながると空隙率の高い凝集体ができること、一定の大きさの凝集体をさらにこの手法で大きくするのは困難であることが分かった。惑星形成論に新たな示唆を与える結果であるが、組み込むためには他の理論との調整が必要である。

