



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	The effect of radiation pressure from massive stars and black holes in the dusty interstellar medium [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	一色, 翔平
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第13907号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78437
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Shohei_ISHIKI_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 一色 翔平

学 位 論 文 題 名

The effect of radiation pressure from massive stars and black holes in the dusty interstellar medium
(ダスト存在下での大質量星やブラックホールからの輻射圧の影響)

0.1 ミクロンの固形微粒子であるダストは、宇宙空間において重要な役割を果たすことが知られている。この学位論文では、特にダストに加わる輻射圧によるガスダイナミクスやダストの空間分布への影響について報告する。

1. ダストを含むガス雲への輻射の影響

大質量星からの輻射によるガスの駆動過程としては二通り存在する。一つ目は、光電離加熱によって引き起こされる圧力差による駆動、二つ目は輻射圧による駆動である。この二つのうち、先行研究では光電離由来の圧力差は輻射圧よりもずっと優勢であり、輻射圧はほとんど寄与しないとされる結果が報告された (Sales et al. 2014)。しかし、この研究では輻射圧を優勢にさせ得るダストの影響が考慮されていなかった。

故に、大質量星由来の光子によって引き起こされる、光電離加熱によるガス圧とダストに加わる輻射圧のどちらの影響がより支配的かを調べるため、ダストを含む星形成ガス雲について、一次元球対称数値輻射流体方程式を解いた。この時、輻射圧の影響をより正確に得るため、ダストへの輻射圧の影響を増やすダストからの赤外線再放射の影響も併せて考慮して数値計算を行った。数値計算の結果、質量 10^5 Msun、サイズ 17 pc、星形成効率 2% のガス雲では、輻射圧の影響はガス圧と比較して無視できる程度であることが判明した。星形成効率やダスト・ガス質量比を増やすことで、輻射圧の影響が大きくなることも判明した。ただし、ダスト・ガス質量比を増やすと、ダストがより多くの光電離に必要となる光子を吸収するため、光電離加熱と輻射圧の合計の大質量星からの影響は、小さくなることも示した。

2. 輻射圧による HII 領域におけるダストの空間分布について

Inoue (2002) は観測結果から、コンパクト HII 領域の内部にダストのない領域の存在を予測した。コンパクト HII 領域内部の大質量からの輻射による輻射圧や恒星風が原因と推測したが、理論的裏付けはなかった。

故に、輻射圧の HII 領域におけるダストの空間分布への影響を調べるため、1 と同様にダストを含む星形成ガス雲について、一次元球対称数値輻射流体方程式を解いた。1 と異なる点としては、ダストとガスの間の速度差を考慮するため、ダストとガスのそれぞれについて流体方程式を解いた点である。ダストとガスの間の速度差は、輻射圧とダスト・ガス間の抗力に強く依存している。故に、ダスト・ガス間の抗力をより正確に見積もるため、ダスト・ガス間の衝突による抗力とクーロン相互作用による抗力を考慮した。数値計算から、コンパクト HII 領域においては、ダストへの輻射圧により生じた速度差によって、大質量星の周囲にダストの存在しない領域を形成することがわかった。このダストの存在しない領域の大きさ (0.2 pc) は観測から得られた推定量とおおよそ同程度であった。これにより、輻射圧によってダスト・ガス間の速度差が生じていることが示すことができた。また、輻射圧によるダストサイズ分布への影響を調べるため、質量 10^5 Msun、サイズ 17 pc のガス雲において、ダストにサイズ分布 (0.1 micron と 0.01 micron の 2 サイズで近似) を持たせて、数値計算を行った。計算結果としては、HII 領域の中では、0.1 micron のダストが 0.01 micron のダストと比較してより吹き飛ばされることを示した。これにより、HII 領域内部では、初期条件と比較して、大きいダストの小さいダストに対する質量比は小さくなるこ

とが判明した。

3. ダスト・ガス間の速度差を考慮した巨大ブラックホールへの質量降着

初期宇宙の超巨大ブラックホールは、既に大量のダストに覆われていることが観測により示唆されている (e.g., Maiolino et al. 2004)。ダストは紫外線を効率良く吸収する事でガスダイナミクスに影響を与えるため、巨大ブラックホールの成長過程を理解する上で必要不可欠である。Yajima et al. (2017) は、ダストを考慮した輻射流体計算により、巨大ブラックホールへの質量降着過程を調べた。その結果、ダストに加わる輻射圧によって、ブラックホールへの降着率はダストがない場合と比べて一桁程度小さくなることが判明した。加えて、ダストの影響を考慮しない場合と比較して、降着率の時間変動も小さくなることも合わせて判明した。しかし、この計算では、ダストとガスは完全にカップルした一流体として扱っている。

ダスト・ガス間の速度差のブラックホールへの質量降着に与える影響を調べるため、2 と同様に大小 2 サイズのダスト (0.1 micron と 0.01 micron) とガスの 3 流体を考慮した一次元球対称数値輻射流体計算を行った。2 との大きな違いは、中心におく天体を大質量星からブラックホールに変更した点である。計算結果としては、速度差を考慮した場合、しなかった場合と比較して、ブラックホールへの質量降着が最大 1 桁程度大きくなることが判明した。また、ブラックホール近傍のダスト・ガス質量比が初期条件によっては、小さくなる、または大きくなることも判明した。これにより、ダスト・ガス間の速度差を考慮することは、Spectral energy distribution (SED) も特に波長約 10 micron での値に大きく影響を与えることも示した。