

国立天文台天文シミュレーションプロジェクト成果報告書

活動銀河中心における広輝線雲加速の輻射磁気流体数値実験

大塚淳輝(千葉大学大学院)

利用カテゴリ XT4MD

セイファート銀河等の活動銀河中心領域からの輻射スペクトルには幅の広い輝線が観測されている。広輝線は中心核ブラックホール降着円盤から放射される連続光を高速で運動するガス雲が再放射することによって放射されると考えられる。輝線幅から見積もられるガス雲の速度は 5000 km s^{-1} 以上に達する。ガス雲は連続光による放射圧によって加速される。しかしながら、加速されたガス雲は周辺ガスとの速度差に起因するケルビンヘルムホルツ不安定性と重力(加速)によるレイリーティラー不安定性によって壊される可能性があり、どの程度の速度までその形状を保って加速できるかが問題になる。そこでガス雲加速の輻射磁気流体数値実験を実施した。輻射場は輻射輸送方程式の1次までのモーメント式にM1クロージャー関係を適用した時間発展方程式を解き、磁気流体の時間発展計算にはHLLD法[15]を用いた。輻射輸送では電子散乱と吸収を考慮し、振動数積分した平均不透明度を用いた。ガス雲は初期に周辺ガスと圧力平衡にあるとし、境界から輻射を入射した。2次元シミュレーションを実施した結果、加速されたガス雲と周辺ガスとの相互作用によってガスが剥ぎ取られて質量が減少することが示された。ガス雲が初期に弱い一様磁場に貫かれている場合、周辺ガスとの境界面に沿って磁場が強められ、ケルビンヘルムホルツ不安定性による剥ぎ取りを抑制する可能性があることがわかった。

※本文略

参考文献

- [1] Arav, Nahum, Li, Zhi-Yun, Begelman, Mitchell C. Radiative acceleration in outflows from broad absorption line quasi-stellar objects. 2: Wind models. *ApJ* 432, 62–74, 1994.
- [2] Castor, J. L. On the force associated with absorption of spectral line radiation. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 169, 279–306, 1974.
- [3] Castor, J. L., Abbott, D. C., Klein, R. I. Radiation-driven winds in stars. *ApJ* 195, 157–174, 1975.
- [4] Chandrasekhar, S., *Hydrodynamic and hydromagnetic stability*. Oxford University Press 1961.
- [5] Ferland, G.J., Elitzur, M. Radiation pressure and the stability of broad-line region clouds. *ApJ* 285, 11–14, 1984.
- [6] Ferland, G.J., Peterson, B.M., Horne, K., Welsh, W.F., Nahar, S.N. Anisotropic line emission and the geometry of the broad-line region in active galactic nuclei. *ApJ* 387, 95–108, 1992.
- [7] Gondhalekar, P.M., Horne, K., and Peterson, B.M., editor. 1994, *Reverberation Mapping of the*

- Broad-line Region in Active Galactic Nuclei. ASP Conference Series, 69.
- [8] Harten, A., Lax, P.D., Van Leer, B. On upstream differencing and Godunov-type schemes for hyperbolic conservation laws. SIAM review 25(1), 35–61, 1983.
- [9] Hsieh, S.H., Spiegel, E.A. The equations of photohydrodynamics. ApJ 207, 244–252, 1976.
- [10] 福江純(著). 輝くブラックホール降着円盤. プレアデス出版2007.
- [11] Kanno, Y., Harada, T., Hanawa, T. Kinetic Scheme for Solving M1 Model of Radiative Transfer, submitted to ApJ 2012.
- [12] Krause, Martin, Burkert, Andreas, Schartmann, Marc. Stability of cloud orbits in the broad-line region of active galactic nuclei. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 411, 550–556, 2011.
- [13] Krause, Martin, Schartmann, Marc, Burkert, Andreas. Magnetohydrodynamic stability of broad line region clouds. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 425, 3172–3187, 2012.
- [14] Levermore, C.D. Relating Eddington factors to flux limiters. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer 31, 149–160, 1984.
- [15] Miyoshi, T., Kusano, K. An MHD Simulation of the Magnetosphere Based on the HLLD Approximate Riemann Solver. Journal of Computer Physics 208–315, 2005.
- [16] Peterson, B.M., Berlind, P., Bertram, R., Bochkarev, N.G., Bond, D., Brotherton, M.S. Steps toward determination of the size and structure of the broad-line region in active nuclei. 7: Variability of the optical spectrum of NGC 5548 over years. ApJ 425, 622–634, 1994.
- [17] Peterson, B.M.(著), 和田桂一, 栗木久光, 龜野誠二, 谷口義明, 寺島雄一, 長尾透(訳). ピーターソン活動銀河核. 丸善株式会社2010.
- [18] Proga, Daniel, Stone, James, M., Kallman, Timothy, R. Dynamics of Line-Driven Disk Winds in Active Galactic Nuclei. ApJ 543, 686–696, 2000.
- [19] Stevens, Ian, R., Kallman, Timothy, R. X-ray illuminated stellar winds - Ionization effects in the radiative driving of stellar winds in massive X-ray binary systems. ApJ 365, 321–331, 1990.
- [20] Takahashi, H.R., Ohsuga, K., Sekiguchi, Y., Inoue, T., Tomida, K. Explicit-Implicit Scheme for Relativistic Radiation Hydrodynamics. ApJ 764, 122–135, 2012.
- [21] Tombesi, F., Cappi, M., Reeves, J. N., Nemmen, R.S., Braito, V., Gaspari, M., Reynolds, C. S. Unification of X-ray winds in Seyfert galaxies: from ultra-fast outflows to warm absorbers. arXiv:1212.4851v1 2012.
- [22] Van Leer, B. Journal of Computer Physics 23, 263–275, 1977.