

日本学士院賞 受賞者

中井直正



専攻学科目 天体物理学

生年 昭和二十九年五月
略歴 昭和五五年 三月

同 六〇年 三月

同 六〇年 三月

同 六一年 四月

同 六三年二月

平成 元年一月

同 五年 四月

同 九年 九月

同 一六年 四月

関西学院大学理学部物理学科卒業

東京大学大学院理学系研究科博士課程修了

理学博士

東京大学東京天文台野辺山宇宙電波観測所研究員

東京大学理学部天文学教育研究センター助手

国立天文台電波天文学研究系助手

国立天文台電波天文学研究系助教授

国立天文台電波天文学研究系教授

筑波大学大学院数理物質科学研究科教授（現在に至る）

理学博士中井直正氏の「水メーザー源の VLBI 観測による活動銀河中心核と巨大質量ブラックホールの研究」に対する授賞審査要旨

一九六〇年代に発見されクエーサーと呼ばれた天体は、構造が明らかになるにつれ、その多くは活動銀河中心核 (AGN) と理解されるようになった。そして、我々の銀河系もふくめて、多くの明るい銀河には活動銀河中心核があり、その内部に巨大質量のブラックホールがあると考えられるようになった。

活動銀河中心核のさらに微細な構造を調べるため、超長基線干渉計 (VLBI) による非熱的放射の観測が行われるようになった。しかし、非熱的放射は輝度温度が一〇〇〇万度以上でないと観測が困難であるので、感度の低い VLBI では、もっぱらシンクロトロンによる連続的放射に頼って観測する時代が続いた。

それに対し中井直正氏は、活動銀河中心核の内部やその周辺にある水メーザー源の非熱的放射の線スペクトルに注目し、その VLBI 観測を行う計画を練り実施してきた。この結果、活動銀河中心核周

辺での水メーザー源の運動を、一ミリ秒という高い角度分解能で直接に観測できるようになり、以下に述べるように、巨大質量ブラックホールの検出や活動銀河中心核の解明が可能になった。

NGC4258銀河中心での巨大質量ブラックホールの検出

中井直正氏は一九九二年、国立天文台野辺山宇宙電波観測所の口径四五メートルの電波望遠鏡を、NGC4258と呼ばれる銀河に向けて水分子メーザー源を観測したところ、実験室で測定された水メーザーの周波数22.235GHz(波長13.5mm)から74.0MHz 離れて、+1000km/s と-1000km/sの視線速度に対応する電波を検出した。これは、1000km/s という高速度で回転する円盤内に、水メーザー源が分布していることを意味している。しかし、四五メートル望遠鏡では、その円盤の直径は測定できなかった。

その後、国内に広げられた VLBI 網を使って、その直径を測ることを試みたが、十分な精度がえられず、さらに高い精度の出るアメリカ国立電波天文台の超長基線配列干渉計 (Very Long Baseline Array) で測定することとなった。その結果、この円盤の内縁の半径は〇・四六光年、外縁の半径は〇・九一光年で、回転速度と公転周期はそれぞれ、1080km/s、770km/s、および七五〇年、二一〇〇年であることが分かった。

またこの円盤は、中心近くがより速く、外側になるほどゆっくり回転するケプラー回転運動を示しており、これは中心に非常に大きな質量の天体が存在することを意味している。円盤の半径と回転速度から計算すると、その天体は太陽質量の三九〇〇万倍という結論になる。そして、中心にこのような質量を持つ、密度の大きな星の集団があるとしても、星は衝突や散乱を繰り返すことによって、銀河の年齢約一〇〇億年よりもはるかに短い、数千万年程度しか寿命がないという結論になる。しかも、そこには星の存在の兆候が見られない。したがって、そこにはブラックホールが存在していなければならぬことになる。これは、巨大質量ブラックホールの初めての確度の高い検出であった。

この水メーザー源を含む円盤は、銀河の一〇万分の一以下の大きさで、厚さは〇・〇一光年と薄いことも明らかに、中心にあるブラックホールの回転などの力学的性質を解明する手がかりになると期待されている。

また、観測されたデータから、この銀河までの距離は二三〇〇万年と計算された。一般に、遠方にある天体の距離を求めるのは非常に難しいのであるが、これで、中井氏は銀河の距離を直接に求める、全く新しい方法を発見したことになる。

水メーザー源の観測による銀河中心核の研究

中井氏の巨大質量ブラックホールの発見以降、銀河中心での水メーザー源の観測に注目が集まり、日本はもちろん、アメリカやヨーロッパの研究グループもその観測に取り組んできた。その結果、六〇個ほどの活動銀河中心核に、水メーザー源が発見されている。そのうち、中井氏のグループとアメリカのハーバード大学スミソニアン天文台のグループが、VLBI観測により、七つの活動銀河中心核で巨大質量ブラックホールの存在を検出している。そのうちの四つ(NGC4258, IC2560, NGC3079, IC1481)が、中井氏のグループによるものである。それら七つのうち、銀河IC2560では、NGC4258に次ぐ二番目の巨大質量ブラックホールとの確証が、中井氏のグループにより得られている。

またこれら一連の研究から、ブラックホールの周辺の性質も明らかになってきた。中井氏のグループは、ブラックホールの周辺にたくさんあるガスがあるほど、活動銀河中心核から大量のエネルギーが放出されていることや、ブラックホールの周辺コンパクトなガス円盤の回転方向と銀河全体の回転方向が無関係であること、すなわち銀河の中心部の回転と外側の回転が一般的には独立であることを明らかにした。この水メーザー源の円盤は、ブラックホールを取り巻く降着円盤の一部であると解釈できる。以上述べた中井氏の発見

は、銀河の進化や活動銀河中心核の構造解明に、今後大きな寄与を
すると期待されている。

活動銀河中心核中の大質量ブラックホールの存在は、理論的には
予想されていたものとはいえ、中井氏のユニークな発想や観測で、
初めてその明確な証拠が見いだされ、銀河の形成やその合体による
進化などの理論発展に、大きな貢献をしている。

関連する分野での主要研究論文

- Nakai, N., Hayashi, M., Handa, T., Sofue, Y., Hasegawa, T. and Sasaki, M. A Nuclear
Molecular Ring and Gas Outflow in the Galaxy M82. *Publ. Astron. Soc. Japan*,
39, 685–708, (1987)
- Nakai, N. and Kasuga, T. H₂O Maser Emission in the Galaxies M51 and NGC253,
Publ. Astron. Soc. Japan, **40**, 139–145, (1988)
- Nakai, N., Inoue, M. and Miyoshi, M. Extremely-High-Velocity H₂O Maser Emission
in the Galaxy NGC4258. *Nature*, **361**, 45–47, (1993)
- Miyoshi, M., Moran, J., Herrnstein, J., Greenhill, L., Nakai, N., Diamond, P. and
Inoue, M. Evidence for a Black-Hole from High Rotation Velocities in a Sub-
Parsec Region of NGC4258. *Nature*, **373**, 127–129, (1995)
- Nakai, N., Inoue, M., Miyazawa, K., Miyoshi, M. and Hall, P. Search for Extremely-
High-Velocity H₂O Maser Emission in Seyfert Galaxies. *Publ. Astron. Soc.
Japan*, **47**, 771–799, (1995)
- Hagiwara, Y., Kohno, K., Kawabe, R. and Nakai, N. Detection of a Water Vapor
Megamaser in the Active Galaxy NGC5793. *Publ. Astron. Soc. Japan*, **49**, 171–
177, (1997)

- Herrnstein, J. R., Moran, J. M., Greenhill, L. J., Diamond, P. J., Inoue, M., Nakai, N.,
Miyoshi, M., Henkel, C. and Riess, A. A Geometric Distance to the Galaxy NGC
4258 from Orbital Motions in a Nuclear Gas Disk. *Nature*, **400**, 539–541, (1999)
- Ishihara, Y., Nakai, N., Iyomoto, N., Makishima, K., Diamond, P. and Hall, P. Water-
Vapor Maser Emission from the Seyfert 2 Galaxy IC 2560: Evidence for a Super-
Massive Black Hole. *Publ. Astron. Soc. Japan*, **53**, 215–225, (2001)
- Nakai, N., Sato, N., Yamauchi, A. Detection of Water Maser Flare in the Seyfert/
LINER, NGC 6240. *Publ. Astron. Soc. Japan*, **55**, L27–L30, (2002)
- Yamauchi, A., Nakai, N., Sato, N. and Diamond, P. Water-Vapor Maser Disk at the
Nucleus of the Seyfert 2 Galaxy NGC 3079. *Publ. Astron. Soc. Japan*, **56**, 605–
619, (2004)
- Sato, N., Yamauchi, A., Ishihara, Y., Sorai, K., Kuno, N., Nakai, N., Balasubramanyam,
R. and Hall, P. Water-Vapor Maser Survey for Active Galactic Nuclei: A
Megamaser in NGC 6926. *Publ. Astron. Soc. Japan*, **57**, 587–594, (2005)
- Yamauchi, A., Sato, N., Hirota, A. and Nakai, N. Detection of the Velocity Drift of
High-Velocity Water Maser Features of a LINER NGC 4258: Evidence of a
Spiral Maser Disk. *Publ. Astron. Soc. Japan*, **57**, 861–869, (2005)