

理学博士早川幸男君の「宇宙放射線の研究」に対する

授賞審査要旨

早川君は天文学・物理学の広い分野にわたって数多くの優れた業績をあげているが、そのなかで素粒子、原子核理論を基とした宇宙線及び宇宙物理学への貢献が特に優れたものとして評価できる。ここでは、同君の宇宙放射線の研究を授賞の対象とし、それを宇宙線の起源、X線及び赤外線天文学研究の三つに分けて、審査結果を報告する。

一、宇宙線の起源に関する研究

一九五〇年代に宇宙線の研究が活発化するとともに、その起源が研究の対象として取り上げられるようになった。早川君はその起源について、早くからいくつかの論文を発表してきたが、一九五六年の論文7は、今日受け入れられている宇宙線の超新星起源について、世界で初めて明確に考察したもので、多くの研究者が着目する文献である。ここで、宇宙線中の元素組成に注目し、その中・重量核の存在比は超新星の爆発時に生成されるものと一致し、軽量核は宇宙線と星間物質の衝突によって生成されることを明らかにし、超新星の発生率とそのエネルギーの量から、超新星起源の結論に到達したものである。一方、ソ連のギンツブルグも同じ頃独立にその説を唱えたが、彼は電波天文学によるデータを依りどころとし、強い銀河電波は磁場中を走る高エネルギー電子のシンクロトロン放射であり、高エネルギー電子の起源が超新星であるとした。従って、この両者が相まって宇宙線の超新星起源論が確立したと云って

よ。

宇宙線には高エネルギー陽子や原子核と共に高エネルギー電子、 γ 線も含まれている。これらについても、宇宙線の起源の理論とその星間空間中での伝搬に関連した各種核反応に基づき、論文22でその強度を予測した。とりわけ、 γ 線は他の宇宙線と異なって星間空間を直進することから、銀河構造の研究に重要な役割を果たすことを指摘した。これは後に γ 線天文学の発展の端緒となった研究として、高く評価されている。

さらに、星間空間には 10^4 領域の低エネルギー陽子が大量に存在することを予測し、その電離・加熱の効果を考慮すると、星間ガスのH I領域の温度が良く説明できることを示した(論文16)。これは、星間ガスの二相構造理論の出現の先駆けとなった研究として知られている。

二、X線天文学の研究

X線を放射する天体の発見は、天文学研究に大きな衝撃を与えたが、早川君は当初からX線天体の性質と起源について理論的考察を行い、一九六三年には中性子星の熱輻射説、及び連星からのX線発生説を論文19などで提唱した。この考察の過程で、中性子星等の高密度星、連星系における質量降着現象、高温プラズマという、今日では通説になり、多くの研究者によって盛んに取り上げられている重要な概念を導入している。このように、X線天体の先駆的な理論を一連の論文で発表している。

また、X線源のなかでも、一様に空にひろがった背景放射を取り扱った論文36も、優れた業績の一つで、ここで宇宙論的な起源について世界に先駆けて言及した。これは、現在でも未解決な重要な問題である。

観測面では、軟X線測定比例計数管を開発し、それをロケットに搭載して軟X線強度の天空分布を観測した。その結果、約百万度の高温プラズマが星間空間の広い領域を占めていることを見いだした(論文46)、超新星爆発に伴う加熱による軟X線の生成を論じたこともよく知られている。

また、日本のX線科学衛星の計画でも、企画、観測を担当し、中性子星、ブラックホールからのX線放射機構について理論的に検討し、X線連星系における物質降着、パルサーの周期変動、X線バーストの発生機構等について大きな成果をあげ、日本のX線天文学を世界の第一級の水準に発展させる役割を果たした。

三、赤外線天文学の研究

早川君は、赤外線による天体の観測が、X線と並ぶ新しい重要な観測手段であることに早くから注目し、気球、ロケットを使用して観測を行うことを始めた。気球による観測は、日本とオーストラリアにおいて行われた。注目すべきものとしては、銀河系の近赤外表面輝度の観測を行い、銀河系の全体構造を知ること成功したことである(論文45)。その銀河系の輝度分布を理論的に検討し、銀河系中心から五パーセントに星の生成がかわめて盛んな領域のあることや、中心付近での活動領域の分布を見いだしたことは特筆すべき業績の一つである。

また、赤外線領域での宇宙背景放射の観測をロケットを用いて行った(論文64)。これは世界初のサブミリ波領域での宇宙背景放射の観測として注目された。その結果の理論的検討から、宇宙初期での激しい活動現象についての興味ある結論をえた。その結果については、これと反するデータもあり、更にその解明を深めるため、衛星による赤外線観測計画を提唱し、現在進行中の宇宙小型プラットフォーム搭載軌道赤外線望遠鏡(TRTS)計画の実現のために大

きな役割を果たしている。

早川君は、これらの課題をはじめ多くの問題について三百を越す研究論文を発表し、特に独創的な理論研究で新たな観測を促すことに大きな貢献を遂げた。現在でも新しい観測手段としての天体からの重力波の検出に関わるなど、常に世界の先端をゆく研究を行ってきた。従って同君の業績は日本学士院賞を受けるにふさわしいものと考える。なおこれらの業績により、中日文化賞（一九六九年）、朝日賞（一九七四年）、紫綬褒賞（一九八六年）、マーセルグロスマン賞（一九八九年）を受け、英国王立天文学会外国人客員（一九七三年）、国際宇宙科学アカデミー会員（一九八五年）に推されている。

主要な論文

1. On the Theory of Air Shower initiated by Secondary Soft Rays (with S. Tomonaga). *Prog. Theor. Phys.*, **2**, 161 (1947).
2. Cosmic-Ray Underground. *Prog. Theor. Phys.*, **3**, 199 (1948).
3. Cosmic-Ray Underground. I (with S. Tomonaga). *Prog. Theor. Phys.*, **4**, 287 (1949).
4. Propagation of the Cosmic Radiation through Interstellar Space. *Prog. Theor. Phys.*, **8**, 571 (1952).
5. Propagation of the Cosmic Radiation through Interstellar Space (with S. Kobayashi). *Geomag. Geoelec.*, **V**, 83 (1955).
6. A Possible Effect of Cosmic Rays on Celestial Chemical Composition. *Prog. Theor. Phys.*, **13**, 464 (1955).

7. Supernova Origin of Cosmic Rays. *Prog. Theor. Phys.*, **15**, 111 (1956).
8. Helium Capturing Reactions in Stars (with C. Hayashi, M. Imoto and K. Kikuchi). *Prog. Theor. Phys.*, **16**, 507 (1956).
9. High Energy Gamma-Rays from the Crab Nebula. *Prog. Theor. Phys.*, **19**, 219 (1958).
10. Origin of Cosmic Rays (with K. Ito and Y. Terashima). *Prog. Theor. Phys., Suppl.*, **6**, 1 (1958).
11. Neutrino and Gravity. *Prog. Theor. Phys.*, **21**, 324 (1959).
12. Origin of Cosmic Rays Revealed in the Rigidity Spectrum of Primary Particles (with M. Koshiha). *Prog. Theor. Phys.*, **21**, 473 (1959).
13. Possible Methods for Detecting Intergalactic Hydrogen. *Prog. Theor. Phys.*, **24**, 1131 (1960).
14. Rapid Thermonuclear Reactions in Supernova Explosion (with C. Hayashi and M. Nishida). *Prog. Theor. Phys.*, **16**, 169 (1960).
15. Effect of Solar Cosmic Rays on the Meteorite Radioactivity. *J. Geomag. Geoelect.*, **XIII**, 61 (1961).
16. Radiation from the Interstellar Hydrogen Atoms (with S. Nishimura and K. Takayanagi). *Publ. Astron. Soc. Japan*, **13**, 184 (1961).
17. Cosmological Implication of Physical Constants (with H. Tanaka). *Prog. Theor. Phys.*, **25**, 858 (1961).
18. On High Energy Cosmic Photons Originating in Intergalactic Space. *Phys. Letters*, **1**, 234 (1962).
19. Possible Mechanisms of Galactic X-Ray Emission (with M. Matsuoka). *Prog. Theor. Phys.*, **29**, 612 (1963).
20. Ultra-High Energy Gamma-Rays from Intergalactic Space (with Y. Yamamoto). *Prog. Theor. Phys.*, **30**, 71 (1963).

21. Cosmological Interpretation of Quantum Mechanics. *Prog. Theor. Phys., Suppl.*, **25**, 100 (1963).
22. Cosmic Electrons and Gamma-Rays, Part IV (with H. Okuda, Y. Tanaka and Y. Yamamoto). *Prog. Theor. Phys., Suppl.*, **30**, 153 (1964).
23. X-Ray Production in Interplanetary Space (with M. Matsuoka). *Rep. Ionosph. Space Res. Japan, XVIII*, 458 (1964).
24. Galactic X-Ray Emission due to Suprathermal Particles. *Space Research*, **IV**, 960 (1964).
25. Galactic X-Rays (with M. Matsuoka and D. Sugimoto). *Space Sci. Rev.*, **5**, 109 (1966).
26. Observation of Energy Spectrum of Galactic X-Rays (with M. Matsuoka and K. Yamashita). *Rep. Ionosph. Space Res. Japan*, **20**, 480 (1966).
27. Energy Spectra of Galactic X-Rays (with M. Matsuoka, H. Ogawa and K. Yamashita). *Space Research*, **VII**, 1306 (1966).
28. Infrared Observations of the Moon (with T. Matsumoto et al.). *Icarus*, **9**, 357 (1968).
29. Measurement of the Absolute Intensity of Cosmic X-Rays (with M. Matsuoka, M. Oda, Y. Ogawara and T. Kato). *Astrophys. Space Sci.*, **4**, 44 (1969).
30. Cosmic Background X-Rays Produced by Intergalactic Innerbremsstrahlung. *Prog. Theor. Phys.*, **41**, 1592 (1969).
31. Diffuse Component of the Cosmic Far UV Radiation and Interstellar Dust Grains (with K. Yamashita and S. Yoshioka). *Astrophys. Space Sci.*, **5**, 493 (1969).
32. A Rocket Observation of Cosmic X-Rays in the Energy Range between 0.15 and 20 keV (with M. Oda, S. Miyamoto et al.). *Non-Solar X- and Gamma-Ray Astronomy*, 121 (1970).

33. Infrared Observation of Zodiacal Light (with T. Matsumoto and T. Nishimura). *Space Research*, **X**, 248 (1970).
34. Observation of the Diffuse Component of Cosmic Soft X-Rays (with T. Kato, F. Makino, Y. Tanaka and K. Yamashita). *Space Research*, **XI**, 1359 (1971).
35. Observation of Cosmic Soft X-Rays (with M. Oda et al.). *Astrophys. Space Sci.*, **12**, 104 (1971).
36. Cosmic Background X-Rays (with D. Sugimoto). *Prog. Theor. Phys., Suppl.*, **49**, 148 (1971).
37. A Pulsation Mechanism of Stellar X-Ray Sources. *Prog. Theor. Phys.*, **47**, 1452 (1972).
38. Observation of Cosmic Soft X-Rays (with T. Kohno, K. Nishimura, Y. Tanaka and K. Yamashita). *Astrophys. Space Sci.*, **17**, 30 (1972).
39. Production of Metagalactic X-Rays by Relativistic Dust Grains. *Astrophys. Space Sci.*, **19**, 173 (1972).
40. Circumstellar Matter in the Accretion Model of Cosmic X-Ray Sources. *Prog. Theor. Phys.*, **50**, 459 (1973).
41. Interpretation of the X-Ray Spectrum of Centaurus X-3 (with Y. Tanaka). *Astrophys. J. Letters*, **183**, L 5 (1973).
42. Properties of Cosmic X-Ray Sources. *Space Research*, **XIV**, 487 (1974).
43. Observation of the Diffuse Component of Cosmic Soft X-Rays (with T. Kato, Y. Tanaka, K. Yamashita, J. A. M. Blecker and A. J. M. Deerenberg). *Astrophys. J.*, **195**, 535 (1975).
44. Energy Spectrum of Diffuse Component of Cosmic Soft Gamma-Rays (with Y. Fukuda, I. Kasahara, F. Makino, Y. Tanaka, and B. V. Sreekantan). *Nature*, **254**, 398 (1975).
45. Infrared Profile of Milky Way at 2.4 μm (with T. Matsumoto et al.). *Nature*, **261**, 29 (1976).

46. Distribution of Energy Spectrum of Diffuse Soft X-Rays (with T. Kato, F. Nagase, Y. Tanaka and K. Yamashita). *Astron. Astrophys.*, **62**, 21 (1979).
47. Hot Interstellar Medium. In *X-Ray Astronomy* (COSPAR) (ed. by W. A. Baity and L. E. Peterson), Pergamon Press, 323 (1979).
48. Near Infrared Surface Brightness of Galaxy (with T. Matsumoto, H. Murakami, K. Uyama, T. Yamagami and J. A. Thomas). *New Zealand J. Sci.*, **22**, 353 (1979).
49. Galactic X-Rays Observed with X-Ray Astronomy Satellite Hakucho. *Space Sci. Rev.*, **29**, 221 (1981).
50. Distribution of Near Infrared Sources in the Galactic Disk (with T. Matsumoto, H. Murakami, K. Uyama and J. A. Thomas). *Astron. Astrophys.*, **100**, 116 (1981).
51. A Model of the Rapid Burster. *Adv. Space Res.*, **1**, 145 (1981).
52. X-Ray Irradiated Accretion Disk. *Publ. Astron. Soc. Japan*, **33**, 365 (1981).
53. Radiation Processes in Stellar X-Ray Sources. *Physica Scripta*, **T 2/1**, 169 (1982).
54. Infrared Telescope in Space-IRTS. *Adv. Space Res.*, **2**, 107 (1983).
55. Secular Variation and Short-Term Fluctuations of the Pulse Period of Vela X-1 (with F. Nagase et al.). *Astrophys. J.*, **280**, 259 (1984).
56. Cyg X-2—An Accretion Neutron Star (with F. Nagase et al.). *Adv. Space Res.*, **3**, 67 (1984).
57. Cosmic Background Radiation from Pregalactic Objects. *Adv. Space Res.*, **3**, 449 (1984).
58. X-Rays from Accreting Neutron Stars. *Phys. Rep.*, **121**, 317 (1985).
59. Cosmic-Ray Study of Mesons. *Prog. Theor. Phys.*, **85**, 27 (1985).
60. Explosion in the Galactic Nucleus and Hot Interstellar Matter. *Prog. Theor. Phys., Suppl.*, **86**, 353

- (1986).
61. X-Ray Spectra of Various Bursts from the Rapid Burster (with Y. Tawara, H. Kunieda and D. Y. Wang). *Publ. Astron. Soc. Japan*, **118**, 317 (1986).
 62. Cosmological Implication of Cosmic Background Radiation in the Submillimeter Range (with T. Matsumoto, A. E. Lange, P. L. Richards et al.). *Publ. Astron. Soc. Japan*, **39**, 941 (1987).
 63. X-Ray Emission from SN 1987a (with H. Itoh, K. Masai and K. Nomoto). *Publ. Astron. Soc. Japan*, **39**, 529 (1987).
 64. Submillimeter Spectrum of the Cosmic Background Radiation (with T. Matsumoto, M. Matsumo, H. Murakami, A. E. Lange and P. L. Richards). *Astrophys. J.*, **329**, 567 (1988).