

内山龍雄(うちやま・りょうゆう)先生と一般ゲージ理論

成 相 秀 一*

小生は、天文月報第 79 卷 (1986) の 60~64 頁, 93~97 頁において、“我が国における宇宙論研究の 5 先達”と題して、松隈健彦先生、萩原雄祐先生、荒木俊馬先生、三村剛昂先生、及び鑄木政岐先生の 5 名の方々 (現在はいずれも故人になられた) をとりあげ、いろんな思い出や著書について語った。その折り、重力理論や宇宙論の研究について、もう少し若い二人の先輩、すなわち、阪大名譽教授で当時帝塚山大学長の内山龍雄先生及び京大名譽教授で昨年文化勲章をうけられた林忠四郎先生がおられること、及びそれらの方々には私以外に他日一文を草する人々が現われると思うので、ここでは省略する旨の話をした。このうちで、林先生については、やや似た研究分野に属する多数の優秀な御弟子さん方がおられるので、その予測は何時か実現するであろう。これに反して、内山先生については、素粒子論方面の御弟子さんは多いが、重力理論関係の御弟子さんは余りおられない。したがって、重力理論を通じて、極く親していただいた小生が一文を草するのが最もふさわしいと考えた次第である。

内山先生は、1916 年の 8 月、静岡市で生れられ、旧制静岡高校を経て、1940 年に大阪帝大物理学科 (伏見研究室) を卒業され、1955 年に同学科教授に昇格して基礎物理学講座を主催された。阪大理学部長を務められた後、1980 年に停年退官 (阪大名譽教授) され、直ちに帝塚山大教授となられ、1982 年から本年 3 月末辞任されるまで、同大学長を務められた。なお、湯川秀樹先生が所長であった京大基礎物理学研究所が設立されるや (昭和 28 年 2 月)、研究員や研究部員を 13 年間にわたって務められ、素粒子論や場の理論について、その蘊蓄を傾けられたことは皆の良く知るところである。また、同研究所の運営委員として、その運営に尽力された。なお、湯川先生のノーベル賞受賞を記念して阪大に創立 (昭和 28 年 4 月) された湯川記念室の運営委員及び運営委員長もされた。更に、1963 年から 1974 年にかけて、GRG (一般相対性と重力) の国際学会の常任委員を務めてこられた。国内では、GRG 研究班の班長を多年にわたって主催され、文字通り GRG 研究のボスであられた。

内山先生の人柄については、昭和 63 年 3 月に阪大教養部を停年退官された砂川重信名誉教授 (内山先生のご



帝塚山大学長時代の内山龍雄教授

く親しい御弟子の一人) に負うところが大きい。“先生は、豪快な方ではあるが、他方では細心なところが多々ある。” 例えば、何かの事でどなりつけられても、「おい、コーヒーでも飲みに行くか」といった次第で、しこりを後に残さない質である。なお、“先生は、他人の論文を follow するような論文は書かない主義であった。” また、“物理学に関しては、個々の現象よりも、その基礎をなす general covariance や principle により強い興味を示された。” したがって、“宇宙論に関しては、一般相対性理論の大きな応用としては認めるが、宇宙の物理学といった点はあまり評価されないところがある。” もう一つだけいうと、“他人の書いた本や重要な論文には殆ど全ての式をチェックしておられた。” (その点を文字通りに知っているのは自分一人かもしれないと、砂川名誉教授は言っておられる。) これを要するに、“内山先生は、物理学における理論の美しさに魅せられた方である。” 物理学者の系列で言えば、Einstein—Schrödinger—Dirac の系譜に入るといってよからう。内山教授は、湯川先生が監修された Schrödinger 選集 2 で、“時空構造”の訳をしておられるが、その訳者解説のところで、Schrödinger への傾倒振りを遺憾なく発揮しておられる。したがって、Heisenberg や Landau といった系譜の物理学者は、あまり好きでないようである。相対論の著書についていえば、Møller の本は好きでないとやってよからう。

内山教授の業績について少し詳しく述べることにする。同教授の業績は、論文 42 篇 (阪大時代が 38 篇、帝塚山大時代が 4 篇)、著書 6 冊、訳書 4 冊からなる。そ

* Shuichi Nariai:

れら(特に論文)は、量的にみればそう沢山とは言えない。そうになったのは、既に述べたように、他人の論文を follow するような論文は書かないという内山教授の信念によるところが大きいようである。しかし、同教授の書かれた論文には、珠玉の名篇も含まれている。以下においては、それらの論文について述べる。

何よりも忘れてはならないのは、次の 2 篇である。

① “Invariant Theoretical Interpretation of Interaction” (*Phys. Rev.* **101** (1956), 1957-1607). この論文は、今日のゲージ理論の嚆矢と言ってよい。(他の一つは、Yang-Mills による、“Conservation of Isotopic Spin and Isotopic Gauge Invariance” (*Phys. Rev.* **96** (1954), 191-195) である。) 現在の素粒子論の理論的枠組みは、Gauge Theory に基づく Yang-Mills-Utiyama 理論を元祖とする Glashow-Weinberg-Salam の電弱理論 (1960~1968) を基礎にしているといっても過言ではない。

特に内山教授は、“一般ゲージ場論序説”及び“物理学はどこまで進んだか——相対論からゲージ論——”において、現在の素粒子物理学におけるゲージ原理の重要性を力説しておられる。これら 2 冊の著書(特に後者)の中で、研究したものを発表しないままにいたために、Yang-Mills に先を越されてしまったことへの痛恨の記が述べられている。

② “Renormalization of a Classical Gravitational Field Interacting with Quantized Matter Fields” (Utiyama and DeWitt, *J. Math. Phys.* **2** (1962), 608-618). [DeWitt 教授は、北カロライナ大学の Institute of Field Physics からテキサス大学へ移られた重力理論や場の理論の専門家であり、量子重力理論における Wheeler-DeWitt 方程式の発見者の一人として有名である。日本へも再三来られ、京大の基研や小生のいた広島大の理論研へも来所された。奈良市の帝塚山大学で行なわれた“ゲージ理論と重力”に関する国際シンポジウム (1982 年の 8 月 20~24 日) では、重要な来日メンバーであった。]

彼等によると、量子化された物質場(輻射場も含む)からなる古典論的な重力場 [Planck time $t_p \equiv \sqrt{G\hbar/c^5} \sim 10^{-43}$ 秒 (宇宙が膨張をはじめた瞬間を $t=0$ として) 以後の宇宙では、そうだとすよい] は、次の Einstein 方程式で規定される:

$$G_{\mu\nu} \equiv R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = K_J \langle T_{\mu\nu} \rangle_J - A_J g_{\mu\nu}.$$

ただし、 $G_{\mu\nu}$ は古典論的な重力場 $g_{\mu\nu}$ に対する Einstein テンソル、 $\langle T_{\mu\nu} \rangle_J$ は量子化された物質場のエネルギー・運動量テンソルの真空期待値、 K_J や A_J はくりこまれた重力定数と宇宙定数である。この理論は、1964 年に宇宙初期の古典論的な重力場を扱うための定式 (Parker,

Fielling, Hu らの米国組と Zel'dovich 及び Starobinsky らのソ連組による研究結果)の原型である。この理論の宇宙論への応用に関しては、小生及び富田憲二君(長い間小生の共同研究者であった)の研究がある。

なお、砂川重信氏によれば、*Prog. Theor. Phys.* の 1950~1951 年に発表された、“場の理論における共変形式” (内山教授の学位論文) や *Prog. Theor. Phys.* **11** (1954), 291 に発表された今村・砂川・内山による“Lagrange 形式における S 行列の構成”も重要である。内山龍雄先生の著書や訳書については、次のとおりである。

○“相対性理論入門” (岩波新書 63, 1987 年 10 月 20 日, 480 円)

(この本は、小生が 1987 年 7 月及び 9 月の 2 回、独協大学で非常勤講師をした折り、再三、利用させてもらったものである。)

○“相対性理論” (岩波物理テキストシリーズ)

○“物理学はどこまで進んだか——相対論からゲージ論へ——” (岩波現代選書 NS 版, 1983 年 9 月 22 日, 1900 円)

○“一般ゲージ場論序説” (岩波, 1987 年 11 月 20 日, 5500 円)

○“一般相対性及び重力の理論” (裳華房, 1967 年 12 月 1 日, 2500 円)

(この本は、山内恭彦・内山龍雄・中野董夫 3 氏の共著である。)

○“一般相対性理論” (裳華房, 1978 年 7 月 25 日, 4000 円)

(物理学選書; これは、山内氏ら 3 氏による前述の書を全面的に書き改めたものである。)

○“空間・時間・物質” (H. Weyl 原著, 1973 年 6 月 28 日, 3400 円, 講談社)

○“相対性理論” (W. Pauli 原著, 1983 年 10 月 28 日, 2900 円, 講談社)

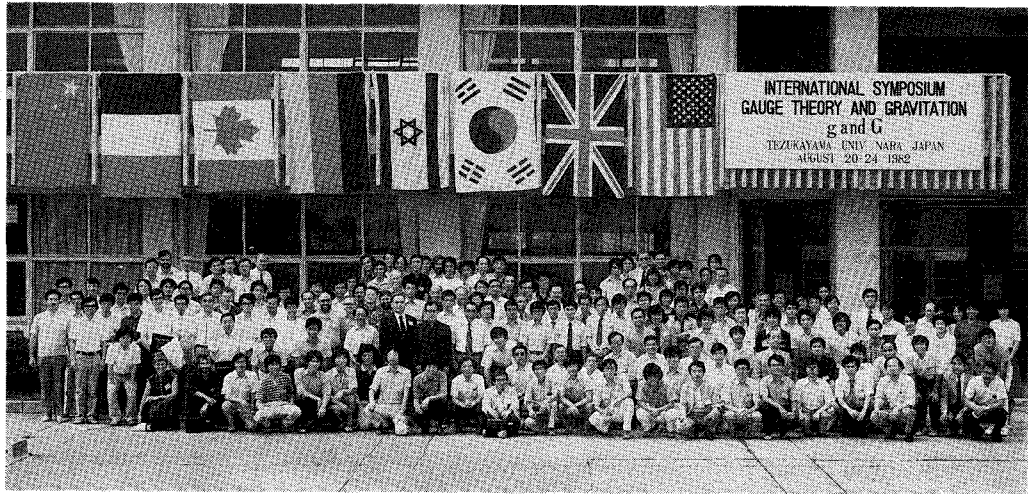
○“アインシュタイン選集 2” (1970 年, 共立出版)

○“シュレーディンガー選集 2” (1974 年, 共立出版)

内山教授の著書及び訳書は、以上の如く多々あるが、“一般ゲージ場論序説”が最も書きたいものであったと思う。その前に出版された“物理学はどこまで進んだか”と合わせて読むとよい。

最後になったが、内山教授が昭和 39 年から 10 年間にわたって GRG (一般相対性と重力) の国際学会の運営委員をしてこられたその国際学会の会議 (GRn と呼ぶ) について一言しておきたい。

第 1 回は Bern (1955 年), 準第 1 回は North Carolina (1957 年) で行なわれたが、第 2 回 (1959 年, Paris) からは 3 年毎に開催されている。その中で、内山教授は、



g and G (ゲージ理論と重力) に関する国際シンポジウム (於 帝塚山大学 1982.8.20~24)

写真の前から2列目で黒の洋服を着ているのが内山龍雄学長(左)及び森川志郎事務局長(右)。その両側は、左が藤井保憲東大教養学部教授と、右が筆者。内山学長の後にいる白髪の紳士は DeWitt 教授である。

準第1回・第4回(1965年, London)・第6回(1971年, Copenhagen)・第7回(1974年, Tel Aviv)の4回に出席しておられる。

第4回目の London 会議は、小生も出席したので、いろいろな思い出がある。特に、湯川先生の次男高秋氏(当時は、Syngge 教授が所長であった Dublin の Institute for Advanced Studies で、Lanczos 教授について相対論の研究中であった)も出席していた。同氏は不幸にして、若死された。湯川先生の退官記念歌集“深山木”(昭和46年8月23日)に、高秋氏の死を悼む歌が3首のっているが、ここでは、“幸うすき子なり異国に青春の愁をかたる友もあらず”だけをかかげたい。

1982年の8月20~24日の5日間、内山先生の一般ゲ

ージ場理論(1956)を記念する意味も兼ねて、g & G(ゲージ理論と重力)の国際シンポジウムが、帝塚山大学で行なわれた。参加者は国の内外から約180名であった。その折りの研究報告は、“Gauge Theory and Gravitation”(Lecture Notes in Physics, No. 162, 1982, Springer-Verlag, Berlin)の題目の下に吉川・中西・成相の3名が編集者となって刊行された。

最後に、この一文を草するに当って、いろいろお世話になった阪大の吉川圭二氏(内山先生の後任教授)及び辻芳子女史(内山先生が阪大の教授をしておられた頃から同研究室に務めておられる)に御礼を申し上げたい。また、貴重な助言をしていただいた砂川重信氏にも御礼を申し上げる次第です。

書 評

惑星のリングはなぜあるのか

—木星・土星・天王星—

J. エリオット/R. カー 著
中村 士/相馬 充 訳

(岩波書店 発行, 1987年12月, 288頁, 3,000円)

ここ10年の間に、太陽系の科学は大きく発展した。本書は、惑星の環というものに焦点をあて、過去の歴史から最新の観測結果や理論までをまとめたものである。特に、最近相次いで発見された天王星の環や木星の環、そして土星の環の微細構造について、その発見に至った行きさつが生き生きと描写されており、科学の本という

よりは物語的なおもしろさがある本である。しかし、本書に載せられている観測データや写真、理論などは現在我々が持っている最新のものであり、かなり専門的なものさえ含まれている。つまり、本書は科学史上の1つのノンフィクションであると同時に、惑星の環についてかなり専門的なことまで記述してある解説書ともなっている。

全体は11章に分かれている。第1章では、惑星科学における新しい時代の幕開けを象徴する出来事として、天王星のリング発見の瞬間の様子が、その時の実際の会話を中心に再現されている。天王星の環は星が天王星によって隠される現象(掩蔽: えんぺい)によって発見されたのであるが、著者らの観測チームの生の会話とおしてその瞬間の興奮が伝わってくる。この今までの常識を覆す“とほうもない大発見”が本書の基調となってい