

モノポール研究の思い出

荒船次郎

2008年に「非可換ゲージ理論におけるモノポールのトポロジ的性質の研究」で素粒子メダルを頂いた時は突然のことでとても驚いた。亀淵迪先生、吉川圭二先生、若い山崎眞見さん(功労賞は山口嘉夫先生)という尊敬する方々と同年に頂いたのは身に余る光栄で感謝している。その研究の一コマを紹介したい。

1973年のことだが、私はシカゴ大学のエンリコ・フェルミ研究所の南部陽一郎先生の下で助手をしていた。ある日先生から「面白い論文が来ています」と't HooftのSU(2)モノポールのプレプリントを紹介された。確かに面白く、それは従来の素粒子と異なりソリトンを扱っていた。そして保存量である磁荷は従来の電荷などの保存量と異なり、微小変換に対する不変性に伴うNoether Currentが無かった。感激していると同研究所のPeter Freundさんが、「Goebelがこれはホモトピーだと言っていたんだが、」と言う。私はまだホモトピーを知らなかったが、図書館で高校生向けの易しいトポロジーの本を読むと「頭を球として毛髪を頭皮上の連続ベクトルとすると、つむじか禿が必要になる」などの面白そうな話と共に、「Jordanの定理」が紹介されていた。それは「2次元平面内にベクトル場があるとき、平面に1つの閉曲線を描く。この閉曲線上を1周するとき、出発点から一周して元の点に戻るまでに周上でベクトル場の向きの回転する回転数は、閉曲線の内部にあるベクトル場の全てのゼロ点の指数の和に等しい」という主旨の定理だった。ゼロ点の指数とはゼロ点を囲む微小円を描きその円周を1周する際のベクトル場の向きの回転数を言う。ベクトル場をヒグズ場として見ると、これはモノポールに似ている、と思い Freundに見せると「これだ！これが3次元ならよい！」と言った。彼が同研究所の数学に強いGerchmannさんに尋ねたところJ. Milnerの初心者向けの講義録「Topology of Differentiable Manifold」を勧められたと言う。私でも読める易しい短い本で、聞き手に応じて必要最小限の本を紹介してもらえた幸運を喜んだ。それで2次元のJordanの定理を3次元にしたHopfの定理を知った。磁荷はトポロジ的整数のHopf指数となり、トポロジーは微小変化に対して不変なので(微小変化である時間推移に対して不変であり)保存するという磁価保存の原理を整理し、ホモトピーとモノポールの位置に対応する場のゼロ点の関係をつけるHopfの定理の応用でモノポール・反モノポール対のソリトンの近似解を求め、それらを「Topology of Higgs Field」として論文にした。重要なヒントをくれたGoebelさんに共著者になってもらい3人で、Journal of Mathematical Physicsに投稿した。Goebelさんとは10年後に猪木慶治先生と福来正孝君と一緒にWisconsin大学へ数か月滞在したとき再会を果たせた。論文提出直後にはプレプリントを読んだOhio州立大学のW.W. Wada先生からセミナーに呼んで頂き、ご自宅に招待して頂いたり、また後に国際会議で話をする機会も得たり、南部先生からはWeinberg模型でモノポール・反モノポール対のダンベル解に応用するお話を伺うことができた。 Freundさんとは親しくなり退職パーティーには出席できなかったが声が大きく冗談好きな Freundさんの思い出を綴った電報はRosnerさんが読み上げてくれたそうだ。このトポロジ的保存量は後に、理論を不変にするコンパクトな群Gが自発的に破れて部分群Hになるとき遠方でHiggs場/ゲージ場の自由度はG/Hとなるが、その遠方球面上の2次元的振

る舞いから H の 1 次ホモトピー群が整数ならそれが磁荷になりモノポールが存在するという形でかなり一般化され、大統一理論や少し異なるが物性理論にも応用されたが、そこまでは未だ知らないのどかな楽しいひと時だった。また後に、V.A.Rubakov が大統一理論のモノポールは陽子崩壊の触媒になるという面白い指摘をし、世界各地でそれを利用したモノポールの探索が大いに刺激された。福来正孝君とその（モノポール速度と標的原子核の電荷・磁気能率に依存して何桁も異なる）反応断面積の独特の振舞いを計算したことがあった。そして今は亡き Rubakov さんが我々の宇宙線研究所に数か月滞在してくれたことも、モノポールについては間接的だが、もう一つの懐かしい思い出となっている。（完）