

巻頭言

今年のノーベル賞と計算機やJ-PARC

J-PARC センター長
永宮 正治



今秋、3人の日本人がノーベル物理学賞に輝いた。まことに慶ばしい限りである。まずは心よりお祝いを申し上げたい。

南部陽一郎先生は、陽子や中性子の質量がいかに生まれるかの原因について、原理的なことを提唱された。もう40年以上前のことである。世の中の物質の重さは、99%以上が原子核によって担われており、その原子核は陽子と中性子によって構成されている。一方、宇宙が始まった150億年前は、多量のクォークが自由に空間を動き回っていた。その後、宇宙が急速に冷却し始めた1万分の1秒後に、3つのクォークが集まって陽子や中性子といった粒子が生成された。クォーク自身はごく小さな質量しか持たないが、それが3つ集まって陽子や中性子が生成された瞬間に、不思議なことにクォークの100倍もの質量が創り出された。まさにこの世の中の質量創成の瞬間である。このような不可思議な現象の基礎理論を作られたのが南部先生である。この問題は、近々完成するJ-PARCにおいて大きな研究課題の一つになる。南部先生の理論は、古くてなお最先端の理論と言えよう。

小林誠氏と益川敏英氏は、60年代にK中間子の崩壊によって発見されたCP対称性の破れを説明した。いわゆる小林・益川理論である。この理論では、クォークは6つ存在しなければならず、6つのクォークの「まじり」を考えることによって初めてCP対称性の破れが説明されるという主張であった。宇宙創成時には、物質と反物質とがほぼ同数生成されたが、このCP対称性の破れがあると、物質の方が反物質よりわずかに多数生成される。そのため、我々の生きている150億年後には物質だけが残っていても不思議でない。宇宙進化の過程において、物質が反物質と衝突すると何もなくなってしまうが、物質が僅かでも多いと物質のみが残るからである。すなわち、CP対称性の破れがなければ、現在の地球は存在しない。今世紀に入って、Bファクトリーにおける実験により、この小林・益川理論は検証された。

話は飛ぶが、ここ半世紀以上に亘って「計算機」の進展は著しい。計算機の性能は1.5年毎に2倍になるという「ムーアの法則」に沿って上昇してきた。この法則によると、5年で性能は10倍に上がり、10年で100倍に、そして30年かけると6桁も向上するという。実際、ほぼそうなって進展してきた。さらに、20世紀の後半から、計算機は単一プロセッサの時代からスーパーコンピュータと呼ばれる並列プロセッサの時代に移行してきた。多数の計算機を同時に走らせることにより計算機の性能が格段に向上し、その影響で、現在もなお計算機性能はほぼムーアの法則に従って向上している。

このようなスーパーコンピュータの導入により、南部先生の理論は再び脚光を浴びてきた。

南部理論では定性的にしか分かっていなかった陽子や中性子の質量が、スーパーコンピューターを用いると実際に計算できるようになったからである。計算機の飛躍的な進展は、パソコン・携帯電話・デジタル機器・インターネット、等々、私達の日常生活に大きな変化をもたらした。しかし、このような物理学の基礎的研究にも革命的な進歩をもたらしたのである。

私はもっかJ-PARC加速器建設に従事している。加速器の世界においてもムーアの法則に似た「リビングストンの法則」というのがある。6年ぐらいかけると加速器の到達エネルギーが10倍になるという。すなわち、30年間で約5桁エネルギーが上がる。これは、計算機の性能向上よりはやや緩やかだが、ほぼ一致している。さらに、計算機と良く似た現象が、20世紀の後半に登場した。単一加速器のエネルギー性能を上げるのではなく、加速する粒子の「数」を増やすことにより加速器からの性能を向上させようという方向である。これを加速器の「大強度化」と呼ぶ。この大強度化は、何台もの加速器を同時に運転して得られる性能向上と同等で、ビーム粒子数上昇への転身とも言え、単一計算機でなく多くの計算器を並列的に走らせる方向と似ている。

電子加速器を大強度化した例は、小林・益川理論の直接検証となったBファクトリーやSPring-8の放射光施設である。重イオンビームを大強度化したのが理研等のRIビームファクトリーであり、そして、陽子ビームを大強度化するのがJ-PARCである。

J-PARCでは、K中間子などの中間子ビームを用いた南部理論の実験的な検証が企画されている。さらに、小林・益川理論が生まれる直接の動機となったK中間子の崩壊実験に関しては、その超精密測定がJ-PARCで予定されている。また、小林・益川理論は6つのクォークのまじりを扱った理論であるが、素粒子にはクォークと並んでレプトンが存在する。6つのレプトンが「まじる」と、質量の小さいニュートリノが別のニュートリノに変身する。これを「ニュートリノ振動」と呼ぶが、東海村で作ったニュートリノが300km先の神岡でいかに変身するかを観測する実験がJ-PARCにおいて進んでいる。小林・益川理論のレプトン版の実験と言えよう。加速器の大強度化は、今回のノーベル賞とも、こんな点で繋がっている。

今回の3氏とJ-PARCとは、別の繋がりもある。J-PARCやRIビームファクトリーが稼動し始めるのを機に、昨年、原子核物理学国際会議が開催された。私がお世話人を務めたが、南部先生が駆けつけて講演をして下さった。また、幸いにも天皇・皇后のご来臨があり、お茶会を催した。その折、南部先生が参加者を代表してご挨拶をして下さった。また、J-PARCは国の大きな計画なので、予算化される前に半年以上に亘る大々的な評価が行われた。その折、評価委員として益川先生が参加された。J-PARCは応用研究のみならず基礎科学のために有用なのだと、切々と語られた。小林先生は、KEKのメンバーとして、J-PARC建設期の委員会に何度も参加され、J-PARC主催者のお一人でもあった。

冒頭にも述べたように、今回の3名の方々のご受賞はまことに慶ばしい。それと同時に、J-PARCに対しても、大きな励みとなった。ご承知のように、J-PARCは予想より速いスピードでビーム強度が上がり、すでに質の良い中性子ビームが得られている。9月にはミュオンビームも発生した。来年早々には、K中間子ビームやニュートリノビームの生成が試みられる。しかしながら、加速器は、完成後にいかに素晴らしい成果を生み出すかによってその成否が決まる。成果創出は今後のJ-PARCにとって最大の課題である。今回のご受賞を励みとして、我々も全力を挙げて「良い成果の創出」に励みたいと、気の引き締まる思いである。