

特別記事

2008年ノーベル賞 自然科学3部門の受賞者決まる

2008年のノーベル賞自然科学3部門(生理学・医学賞、物理学賞、化学賞)の受賞者が決まった。10月6日にスウェーデン カロリンスカ研究所より生理学・医学賞が、同国王立科学アカデミーから7日に物理学賞、8日に化学賞が発表された。以下に受賞者と受賞理由について紹介する。

自然科学3部門受賞者と受賞理由の概要

(1)生理学・医学賞

Harald zur Hausen (独)：ドイツがん研究センター
Françoise Barré-Sinoussi (仏)：パスツール研究所
Luc Montagnier (仏)：世界エイズ研究予防財団

受賞理由

「子宮頸がんを引き起こすヒトパピローマウイルスおよびヒト免疫不全ウイルスの発見」に対して

性的接触により伝播して拡がる感染症、いわゆる性行為感染症(STD)とよばれる疾病のなかに、エイズや子宮頸がんがある。前者はヒト免疫不全ウイルス(human immunodeficiency virus:HIV)による疾病であり、世界中で3,000万人以上が感染(2007年推定)、我が国においては薬害としても問題になっている。後者はヒトパピローマウイルス(human papilloma virus:HPV)により引き起こされ、子宮頸がんのみならず、世界中で診断されるがんの5%以上はHPVの持続感染によるものとされている。3氏はこれら病原ウイルスを発見し、後の病原性解明、診断法や治療法の開発に貢献した業績が評価された。

Hausen氏は、ヒトの子宮頸がん組織に特定の型のHPVゲノムが高率に存在することを初めて突き止め、その成果は1983年に「異なる地域から採取した生検サンプルにおける、子宮頸がんからのパピローマウイルスDNAと有病率(A papillomavirus DNA from a cervical carcinoma and its prevalence in cancer biopsy samples from different geographic regions)」の論文で報告した(Proc.Natl.Acad.Sci.USA 1983,80:3812-5)。

一方、Sinoussi氏とMontagnier氏は、後天性免疫不全症候群を呈した患者から原因ウイルスを分離、LAV(Lymphadenopathy-associated virus)と命名し、1983年のScience誌に「後天性免疫不全症候群のリスクを有する患者からのT細胞親和性レトロウイルスの分離(Isolation of a T-lymphotropic retrovirus from a patient at risk for acquired immune deficiency syndrome (AIDS))」として報告した。当ウイルスは後にHIV-1と改称された。

現在、HPVに対してはその感染予防ワクチンが開発されており、またエイズに対しても種々の治療薬が開発されている。これら疾病に対する治療法の開発は目を見張るものがあり、近い将来の撲滅が期待されている。

(2) 物理学賞

南部 陽一郎(米)：シカゴ大学

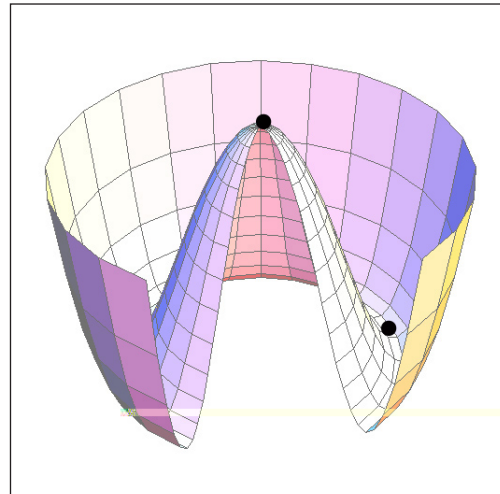
小林 誠(日)：高エネルギー加速器研究機構

益川 敏英(日)：京都産業大学

受賞理由

「対称性の自発的破れの発見(南部氏)および第3世代のクォークの存在を予言した対称性の破れの起源の発見(小林氏・益川氏)」に対して

自然界には、空間や時間の並進対称性といった連続的な対称性に加えて、時間の反転(T-対称性)や空間の反転(P-対称性、またはパリティ)という離散的な対称性が存在する。空間反転に関しては、鏡に写した時の対称性、あるいは右手系と左手系の対称性と呼んでも良い。また、全ての素粒子に対し反粒子が存在し、この粒子・反粒子の対称性を荷電対称性(C-対称性)と呼ぶ。この3つを合わせて、CPT対称性と言う。これ以外に、等方的な状態が相転移により任意の特定の方向を向くという対称性も存在する。強磁性相転移はこの例である。ポテンシャルで記述すれば図の様なワイン・ボトル型となり、中心部の状態が、“自発的に対称性を破り”、ワイン・ボトルの底の状態(基底状態または真空状態)に移る。この時、底の状態は一通りではなく、底の部分の円に相当する無数の基底状態が存在する。しかし、自然界はその等価な基底状態の中から1つを選ぶ。この様に、基底状態の配位が、全体系のポテンシャルの対称性を表さないという事情を、対称性は“自発的に破れている”という。



超伝導のBCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer)理論が完成した直後に、南部氏は超伝導理論を場の理論で定式化しようと試みた。そして、超伝導の基底状態は対称性が自発的に破れた状態であることを発見した(Quasi-Particles and Gauge Invariance in the Theory of Superconductivities, Phys. Rev. 117, 1960, 648)。しかし、ポテンシャルとしては対称性が破れていないので、この自発的対称性の破れを補う南部・Goldstone ボソンと呼ばれる粒子が発生する。これは、ワイン・ボトルの底をぐるぐる回る状態を表す粒子と考えてよい。南部氏は対称性の自発的破れという概念を素粒子の理論にも適用し、弱い相互作用では軸性カレントは部分的にしか保存しないことを発見した(Axial Vector Current Conservation in Weak Interaction, Phys. Rev. Lett. 4, 1960, 380)。これを、南部・Jona-Lasinio モデルとして発展させ(Dynamical Model of Elementary Particles Based on an Analogy with Superconductivity. I, Phys. Rev. 122, 1961, 345)、素粒子のクォーク・モデルや量子色力学(QCD)の礎を築いた。また、“ひもモデル”としても発展し、当初のモデルは“南部のひも”と呼ばれる。南部・Goldstone ボソンは、すべての物質に質量を与えるとされる未発見のHiggs粒子の原型ともなった。今回の受賞対象となった「対称性の自発的破れ」は、物理学のあらゆる分野の基本概念となった。

弱い相互作用ではP対称性が破れること(即ち左右非対称)はすでに知られていたが、空間反転と同時に荷電反転するCP対称性は保存すると考えられていた。しかし、1964年に、K中間子崩壊でのCP対称性の破れが観測され、新たな理論が必要となった。小林氏・益川氏の論文(CP Violation in the Renormalizable Theory of Weak Interactions, Prog. Theor. Phys. 49, 1973, 652)は、このCP対称性の破れの起源を明確に説明しただけでなく、新たなクォークの存在をも予言した。現在、次の6種類のクォークの存在が確認されている。

$$\begin{pmatrix} u(\text{アップ}) \\ d(\text{ダウン}) \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} c(\text{チャーム}) \\ s(\text{ストレンジ}) \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} t(\text{トップ}) \\ b(\text{ボトム}) \end{pmatrix}$$

左より、第1世代、第2世代、第3世代と呼ばれるが、第2世代までの4種類だけでは、自由度が足りずCP対称性は破れない。小林氏・益川氏は、第2世代までのクォークを混合するというCabibboのアイデアを拡張し、 d, s, b を混合する3行3列の行列を考えた。そして第3世代のクォークが存在する時にCP対称性が破れることを示した。これは同時に、第3世代の2種類のクォークの存在をも予言したことにもなる。その後、1977年にボトム・クォークが、1994年にトップ・クォークが実際に発見された。これは、CP対称性の破れは単にK中間子崩壊だけの問題ではなく普遍的な現象であることを意味し、宇宙開闢以来の粒子と反粒子の存在比の偏りもこのCP対称性の破れで説明できる。

(3) 化学賞

下村 脩(米)：ウッズホール海洋生物学研究所

Martin Chalfie (米)：コロンビア大学

Roger Y. Tsien (米)：カリフォルニア大学

受賞理由

「緑色蛍光タンパク質(Green fluorescent protein, GFP)の発見と開発」に対して

生命科学研究において、生体を構成する細胞や分子の動態をリアルタイムで解析することは極めて重要である。動態を連続的に測定し、正確に描写する有効なツールの一つにGFPというタンパク質が挙げられるが、3氏はこのタンパク質の発見・開発に貢献した業績が評価された。

下村氏は、北米西海岸沿岸を漂うオワンクラゲの体内からイクオリン(aequorin)というタンパク質とともにGFPを初めて分離・精製し、紫外線を当てると当タンパク質が緑色に光ることを発見した。その成果は1962年に「オワンクラゲという発光クラゲからの生物発光タンパク質、イクオリンの抽出・精製と性質(Extraction, purification and properties of aequorin, a bioluminescent protein from the luminous hydromedusan, Aequorea)」という論文で報告した(J.Cell.Comp.Physiol.1962,59:223-39)。

一方、Chalfie氏は、GFPを使って線虫などの細胞をラベルし、GFPが種々の生物学的な現象を解析する上で有用なツールであることを示した。それらの研究成果の一部は「遺伝子発現マーカーとしての緑色蛍光タンパク質(Green fluorescent protein as a marker for gene expression)」(Science 1994,263:802-5)の論文で報告した。

またTsien氏は、GFPが発光するメカニズムを解明するとともに、GFPを変異させることによって新たな発光タンパク質を開発した(改変型GFP)。その研究成果の一部は1998年に発表されている(The green fluorescent protein. Annu.Rev.Biochem. 1998, 67:509-44)。

GFPおよびその改変型は、特定のタンパク質と融合させて細胞内に導入することで、細胞内のタンパク質の挙動を知ることができる。また生きたままの細胞を観察することが可能なため、より実態に近い生体内の動態解析が可能であり、細胞生物学、発生生物学や神経生物学をはじめとした生命科学研究に多用されている。また各種疾患研究にも応用され、今後、更なる利用の展開が期待される。

参考文献：ノーベル賞ホームページ、<http://nobelprize.org/>