

# 世界最大 LHC コンピューティンググリッド始動

坂本 宏 (素粒子物理国際研究センター 教授), 浅井 祥仁 (物理学専攻 准教授)

## LHC アトラス実験

物質の最小単位である素粒子やそれらの間に働く力は、素粒子の標準モデルとよばれる理論でよく記述されることが知られている。しかしながら、この理論の重要な一要素であり、素粒子に質量を与える役目をもつといわれているヒッグス粒子が現在にいたるまで発見されておらず、焦眉の問題となっている。また、重力も含めたすべての力を統一する可能性のある、究極の理論に必要とされる超対称性粒子も、宇宙の暗黒物質の観測から、存在する可能性が高まっている。同じく究極理論で要請される余剰次元の効果も、現在の高エネルギー加速器のすぐ上のエネルギー領域で見えてくる可能性が最近指摘され、ミニブラックホールが人工的に生成される可能性も出てきた。

これらヒッグス粒子や超対称性粒子を発見し、あわせてまったく未知の新粒子も探索しようというのが、CERN の LHC アトラス実験である。LHC 加速器は重心系で 14 TeV という高エネルギー状態をつくり出す陽子陽子衝突型加速器である。アトラス実験には、日本を含む 35 ヶ国からの研究者約 1800 人が参加しており、これまで約 14 年の歳月をかけて測定器建設が進められてきた。

## 大量データを扱うコンピューティンググリッド

アトラス実験では大量の実験データが生成される。320 MB/s のペースで生データが記録され続ける。1 年間で数 PB (ペタバイト) が蓄積される。それらの解析に必要な計算処理能力も膨大になる。1 事象のシミュレーションに最新の CPU で 5 分かかる。そういったシミュレーションを年間に数億事象分

行う必要がある。

膨大な量の記憶装置と計算処理装置を実験参加国が平等に負担し提供する世界分散解析のスキームが採用された。CERN で生成された大量のデータは国際ネットワークを経由して各国の解析センターに転送され、そこで処理され保管される。研究者は世界中に分散したデータにネットワーク経由でアクセスして解析を行う。

このスキームを実現するために導入されたのがコンピューティンググリッド技術である。解析センターに設置された計算機群にグリッドミドルウェアとよばれるソフトウェアを導入することで、それらの計算機がある仮想的な単一の計算機システムの一部であるように見せることができる。利用者からは仮想的な計算機システムが見えており、その上でデータファイルを開き、プログラムを走らせる。ミドルウェアはそれらの利用者の要求を分析し、ファイルの実体を探し、空いた計算機を見つけてプログラムを走らせ、その結果を利用者に返す。

LHC 加速器の実験チームは共同して WLCG (World-wide LHC Computing Grid) プロジェクトとしてコンピューティンググリッドを配備することを決めた。配備は 2005 年に本格的に開始され、現在では 33 ヶ国 69 研究機関を超えるサイトが CERN と交わした協定に基づいてグリッド解析センターを運用している。わが国では素粒子物理国際研究センターにグリッド拠点を設立し WLCG に計算機や記憶装置を提供している。

## 総合試運転の成功

アトラス実験では測定器の組み立てがほぼ完了し、信号の読み出しなどの調整作業が進められている。併行してデータ解析スキームが正しく機能することの確認も進んでいる。測定器から解析グリッドまでをすべて接続して総合試運転が 2008 年 3 月 3 日 (月) から 3 月 10 日 (月) まで行われた。宇宙線によるトリガー信号を受けてオンライン計算機が測定器からデータを取りだし、グリッドにデータを送る。東大の解析センターへはパートナーとなるフランス・リヨンの IN2P3 計算センターを経由して、ピーク時には 130 MB/s でデータが転送されてきた。それらを東大解析センターで解析することに成功した。

今回の総合試運転によって、測定器からデータ解析までの一連の流れを確認でき、今年夏の実験開始に向けて、アトラス実験の準備がほぼ整ったことになる。LHC 加速器はこの後いよいよ前人未踏のエネルギー達成に向けて試運転を開始する。

(2008 年 3 月 10 日プレスリリース)



素粒子物理国際研究センターで稼働中の地域解析センターシステムの計算機群

# 記憶形成に必要なタンパク質 CASY-1 の発見

池田 大祐 (生物化学専攻 学術支援専門職員), 飯野 雄一 (生物化学専攻 教授)

脳内で記憶形成時に働く、もしくはそれを保障するタンパク質はいくつも報告されているが、われわれは線虫 (*C. elegans*) を用いることにより、またひとつ新しいキー・プレイヤーを発見した。

通常、線虫は食塩の濃い方へ寄っていく。しかし空腹状態の線虫に食塩を与えると、線虫は食塩を嫌いになり、濃度の低い方へ逃げ去っていくように学習する。同じことは食塩の代わりに匂い物質を与えたときにも起こる。おそらく線虫は、食塩や匂い物質などの化学感覚情報を手がかりに餌を探しているものと推測される。しかし空腹の状態が続くと、そうした手がかりはむしろ好ましくない環境を示唆するものとして学習するのであろう。

この学習に関与するタンパク質を見つ

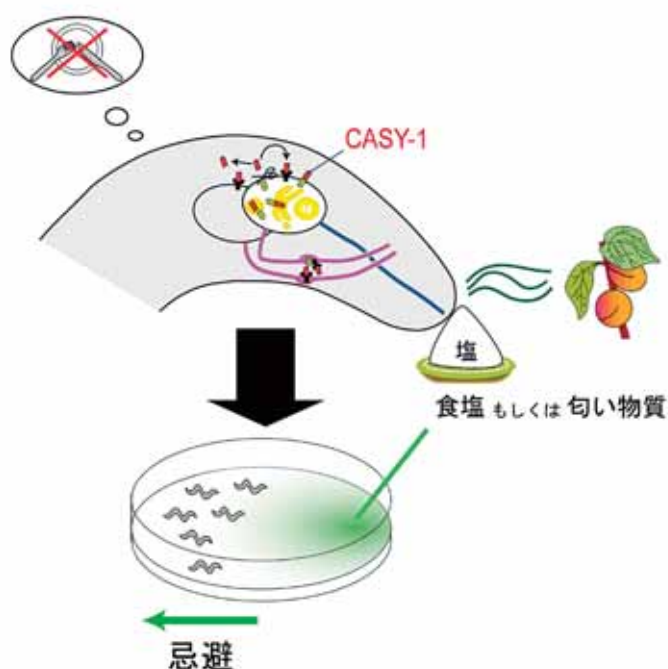
ける目的で、われわれは多数の変異体を用意し、その中から学習できなくなる変異体を探索した。その結果、CASY-1 (ケイシー・ワン) とよばれるタンパク質に変異があると学習できなくなることがわかった。この変異体の神経細胞で正常なタンパク質が作られるようにしたところ、学習ができるように回復した。

CASY-1 は、細胞膜を貫通するタンパク質である (図)。高等生物にもカルシネニンもしくはアルカデインとよばれる CASY-1 と相同なタンパク質が3種類存在する。たいへん興味深いことに、カルシネニン-2 遺伝子の個人差が記憶力と相関していることが報告されている。つまり、カルシネニンは人間の記憶形成にも重要な働きをしている可能性がある。さらにこのタンパク質は、

アルツハイマー病との関連性についても注目されている。アルツハイマー患者には老人斑とよばれる神経毒が多く蓄積されるが、これは APP という膜タンパク質より切り出されたアミロイド  $\beta$  がおもな成分であることが知られている。実はカルシネニンもまた APP と同様の機構で切断され、老人斑の中に含まれている。一方で、どのような生理作用があるのかよくわかっていない。

それでは、線虫のカルシネニンである CASY-1 も切断されるのか？ 蛍光タンパク質を用いた顕微鏡観察実験により検証したところ、答えはイエスであった。そこで次に、CASY-1 を短くした改変タンパク質を数種類つくり、それぞれ変異体に導入して学習が回復するかを調べた。すると驚いたことに、細胞内の領域を欠いたタンパク質でも学習を回復させることがわかった。一方で細胞外の領域が欠けるものを導入しても、学習は回復しなかった。以上の実験結果より、切り出された CASY-1 が細胞外に放出され、その断片が何らかの信号を送ることで学習ができるようになるのだらうとわれわれは考えている (図)。カルシネニンに限らず、タンパク質の切断と記憶との関係についてはこれまでほとんど報告がなく、新しい概念である。

今回の知見は、今後哺乳類カルシネニンと記憶、あるいはアルツハイマーとの関係性を詳細に調べていく上で、有力な手がかりとなるであろう。以上の成果は、D. D. Ikeda *et al*, *Proc Natl Acad Sci U S A.*, **105**, 5260-5265, 2008 に掲載された。



CASY-1 の作用のメカニズム。線虫の脳で作られた CASY-1 は切断を受け、細胞外断片が放出される。その断片がおそらく神経細胞に働きかけることで、特定の化学物質を嫌う学習が可能になる。

(2007年12月7日プレスリリース)