

イノベーションの 軌跡

The trajectory of the innovation

全国発明表彰受賞者にきく



平成27年度 21世紀発明賞

ビッグデータの超高速処理が新たな価値を創出する

「非順序型データベースエンジン」の発明（特許第4611830号）

国立大学法人東京大学 生産技術研究所 教授

国立情報学研究所 所長

喜連川 優

I. 今回の発明に至った経緯

「ビッグデータ」という言葉が大きく注目され始めたのは、2012年の米国政府の施策表明が契機といえる。我々はそれ以前から「情報爆発」という名称で、大量データからの価値創出がITの中核となる時代の到来を描いてきた。実際、近年のサーバ市場の伸び率とストレージ市場のそれを比べると後者が大きく、まさに、データ中心の世界が拡大していることが分かる。

膨大なデータを処理する場合、データ全体を読み出すというやり方では破綻が生じる。多様なデータを組み合わせながら処理することが必須であり、根源的に従来とは異なる手法による、圧倒的な高速性を実現できないかと熟考を重ねてきた次第である。日々、データが増大する時代においては、データアクセスの抜本的高速化が不可欠であるとの考えが、今回の発明をドライブした。

ビッグデータは今日、その価値が広く認識されるに至っている。東京大学の研究室では、医療情報に関し、レセプト解析システムを開発している。約350億レコード／年のデータ量をインタラクティブに処理可能とする快適な環境が生まれつつある。多様な角度から膨大なデータを見ることができシステムは、大きな価値を生み出す。

また、看護師が装着したセンサーからの膨大なデータを解析することにより、看護行動の中で何が最も負担となっているかが判明した。

さらに、トラックからの大量のプロローブ情報を解析することにより、「ヒヤリハット」がいつ多いかが一目瞭然となり、ドライバー間で当該情報を共有することにより、安全な運転につながることも分かった。

このように実世界から生み出される大量データを蓄積し、解析可能となったことは、今世紀のITに大きな躍動感を与えるもの

であり、そのご利益を享受するためにも、超高速なデータベースエンジンの開発は不可欠と考えた次第である。

II. 受賞技術の概要

「非順序実行方式」と名づけた新しいデータベース実行手法を採用した「非順序型データベースエンジン」は、従来のデータベースシステムがプログラムで指定した順番で逐次的に処理を行っていたのに対し、実行順序が実行のたびに異なるという非順序性を有する点に大きな特徴がある。

通常、データベースソフトウェアは、ストレージに対して同期入出力命令を発行し、これによって実行順序は決定的なものとなる。対して、非順序実行型データベースエンジンでは、非同期入出力命令を大量に発行する。この際、ストレージからの応答の順序は、データベースソフトウェアからの要求順序とは異なることとなる。

すなわち、ストレージシステム内で都合の良いアクセスが実現されると同時に、これまでの方式と比べてはるかに大量の入出力命令が処理可能となり、処理性能の著しい向上が達成される。

図2 (p.20) は、この概念を図解したものである。左側の図は従来のデータベースエンジンを示し、右側は非順序型のデータベースエンジンを表している。緑の四角いサーバから青いディスクの形状をしたストレージシステムに対して上から下へ向かう矢印はデータ要求を、反対に、下から上へ向かう矢印は、要求に対する応答を示している。

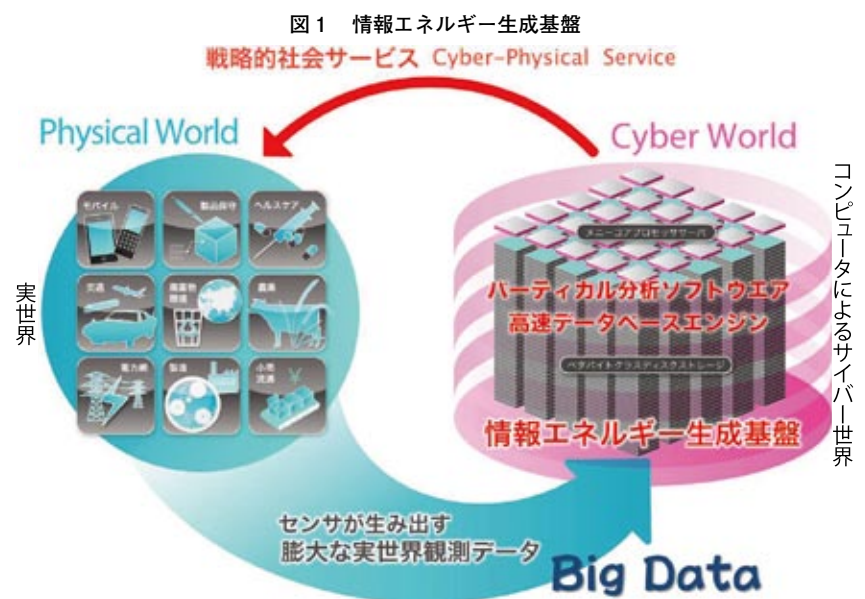
前にも触れたとおり、従来型データベースエンジンでは同期型の入出力命令が利用されており、図のように命令とそれに対する応答が順次処理される。

これに対して非順序型のデータベースエンジンでは、非同期入出力を利用することから、発行の順序（赤、黄、緑、空色、青、紫）とは全く異なる順序でストレージから応答が戻ってくる（青、赤、空色、緑、紫、黄）。

この順序は非決定的に定まり、一見、無秩序のように感じられるかもしれないが、すべての応答がそろった時点ではつじつまが合うため全く問題はなく、むしろ、この方式により入出力命令の密度が大きく向上する。

発案当初、大学の研究室で、実際のデータベースソフトウェアに適用する実験を進めたところ、どんどん手応えが得られた。

その後、内閣府の「FIRST」という研究



※1) HADB
Hitachi Advanced Data Binder プラットフォーム。東京大学と日立製作所の共同研究成果である超高速データベースエンジンを基に、日立製作所が製品化を行った。

※2) TPC-H
Transaction Processing Performance Council (TPC) が仕様を定めるITシステムの性能評価テストの一つ。巨大なデータベースを備えた意思決定支援システムの動作を模擬する。TPCに正式に登録されたテスト結果は、TPCのWebサイトに公開されている (<http://www.tpc.org>)。

※3) ベンチマーク
ITシステムの性能を測定するための指標。

※4) Hadoop
大量のデータを複数のマシンに分散して処理するための、オープンソースのソフトウェアフレームワークの一つ。

※5) 非SQLデータベース
リレーショナルモデル以外のモデルに基づくデータベース。

フレームワークのご支援を得て、研究を大きく展開させることができた。

当該技術は、日立製作所のHADB^{*1}に採用され、64コアのサーバと1ペタバイトのストレージから構成されるシステムにおいて、同社の旧来ソフトウェアに比べて約1000倍の性能向上を達成した。

また、同データベース製品は、TPC-H^{*2}という解析系データベース業界の標準ベンチマーク^{*3}における最大規模のクラスである100TBに世界で初めて挑戦し、登録を果たすことができた。

当該技術はディスクストレージだけを対象とする技術ではない。フラッシュメモリに対しても有効であり、同様に当社によって製品化されている。通常、フラッシュメモリはディスクに対して、100倍程度高速であり、その性能に対して非順序実行型データベースエンジンはさらに大幅な高速化を実現する。

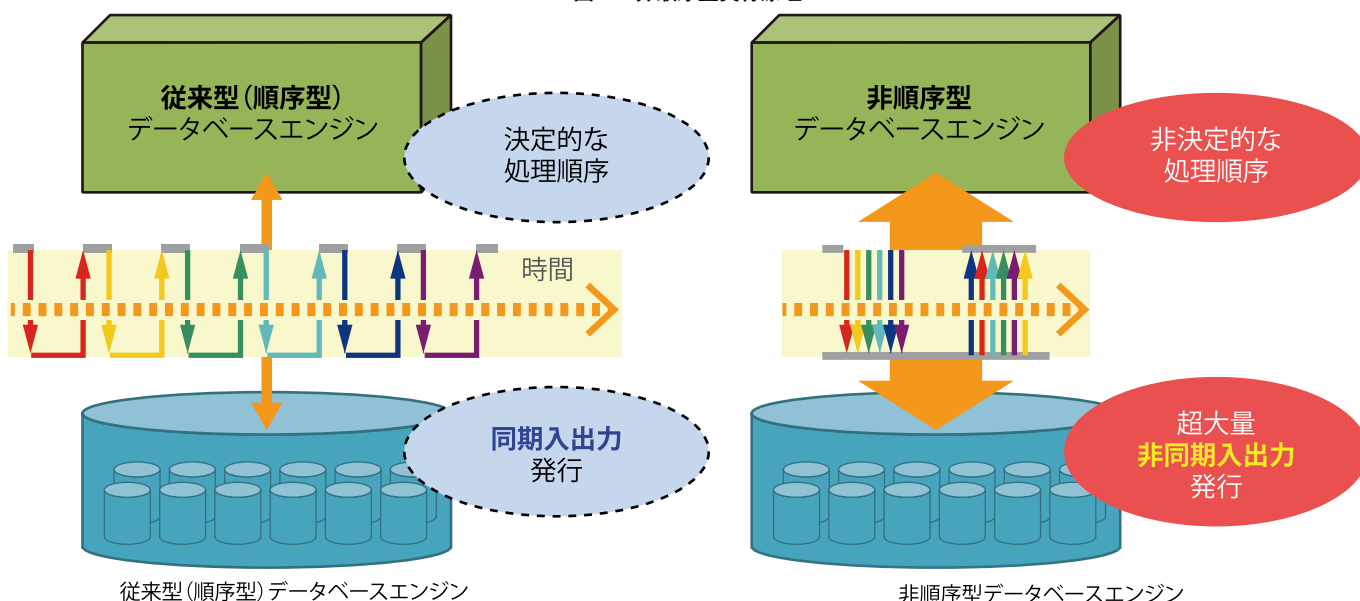
また、本技術は日立製作所固有のデータベースソフトウェアのみならず、多様なリレーショナルデータベースに適用可能である。既に東京大学における研究室においては、オープンソースのデータベースに対しても当該技術を適用し、その有効性を確認している。

加えて、Hadoop^{*4}に代表される非SQLデータベース^{*5}においても有効であることを実証し、情報処理学会、電子情報通信学会より論文賞を得ている。

Ⅲ. 技術的課題をどのように解決したか

従来にない、根源的に新しい技術を開発する場合には、技術的課題が次々と生まれるものであり、それを丁寧に、一步一步乗り越え、圧倒的な性能を実現するに至った次第である。特段にとっぴな手法があるわけではなく、地道な作業の連続といえる。

図2 非順序型実行原理



IV. 研究・開発中に苦労したこと

東京大学生産技術研究所は、研究を本務としており、研究は常に楽しく、苦労と感じることは原則ない。強いて挙げるとすれば、研究開発時に、東日本大震災が起こったことである。しかし、使用可能な電力が限られるなか、研究開発速度を低下させるのではなく、むしろ、不自由さをバネに、夜間に集中的な開発を行った。

被災者の方々のご苦労に比べれば些細なことと考えて研究を加速させ、当初予定よりもソフトウェアの開発を早く達成することができた。

やや視点が異なるが、大学において最も悩ましい課題の一つは、基盤システムの研究を希望する学生がとても少ないという点にある。成果が出るまでさまざまな下積みとなる勉強をしなくてはならず、コンピュータサイエンスの中でも煙たがられる傾向にあることが非常に残念である。

このたびの発明に関していえば、研究を進めるためには、オペレーティングシステムの知識が不可欠であると同時に、データベース管理システムのコードを読破する必要もある。加えて、近年のハードウェアの特性も心得ておかなければならない。

このような深いスキルを有する人材こそ、企業が最も求めるものであることは明白であるものの、学生の視点からすれば、最初の論文が書けるようになるまでに時間がかかり、孤独な研究がつらく感じられるのかもしれない。

情報分野全体を俯瞰して、システムの研究者は、とりわけ日本の大学には少ないの

が実情である。その面白さをより広く伝えていく努力の必要性を強く感じている。

V. 研究・開発のやりがいと心げ

長年にわたり大学で研究に取り組んでいる一研究者として感じるのは、「研究の喜びや満足感は、当事者にしか分からない」ということである。

第三者の評価が得られる場合もあるし、必ずしも評価されない場合もある。自分自身がどれだけエキサイトメントを感じられるかがすべてである。人生の早い段階で、そのような興奮に出会う人もいるが、それほど簡単ではないため、人生の後半になることも多いであろう。不断の地道な努力がその出会いの確率を上げる。そのような興奮を感じられる発明に巡りあえたことに感謝する次第である。

また、そもそも長期にわたる研究の場を与えてくれた大学、あるいは大学という存在そのものを認めているわが国の皆さまにも御礼申し上げたい。もちろん、研究の機会を与えてくれた恩師にもである。

そして、アイデアを現実のものとするには多くの仲間の努力が必須である。直接的、あるいは間接的に協力してくれた多くの人々に心からの感謝の念で一杯である。

一方で、科学の長い歴史を真摯に振り返れば、今回の発明もほんの小さな進歩でしかないことは明らかである。まさに一歩一歩の積み重ねであり、私どもはこれからも、地味な努力を重ねていきたいと決意を新たにしている。