

データベース技術の今後の動向

Future Trends in Database Technology

羽 生 貴 史

要 約 データベース技術は枯れた技術とみなされることが多い。しかしながら、調査・整理したデータベースベンダやユーザ企業の動向から、実際には現在でも絶え間なく進化を続けている技術分野であることが分かった。各データベースベンダが自社での技術開発や他の新興ベンダの買収により、新しい形態のデータベース製品を一体化して提供したり、既存のデータベース製品の機能拡張・改善を頻繁に行っている。一方、一般消費者向けに大規模 Web システムを運用している企業においても、従来の RDBMS とは異なる新しいデータベース技術を開発・適用している。これらの新しい技術はいずれも特定の目的を達成するために従来とは根本的に異なる発想で生み出されたものである。これらの技術の導入効果を十分に引き出すためには、データモデルやデータの信頼性の考え方の相違を考慮した活用が求められる。

Abstract A database technology is often considered to be a mature technology. However, a trend of database vendors and the client enterprises surveyed has shown that the database technology is a technological field that keeps still continuous evolution actually. Database vendors have been expanding and improving existing database products frequently by their own technological development and acquisitions of other startup ventures. On the other hand, the enterprises that operate a large-scale B2C Web system have been developing and deploying a new database technology different from traditional RDBMS. These new technologies were invented so far by fundamentally-different ideas to achieve specific purposes. Ensuring the effect of introduction of these technologies enough requires the application taking into account the difference in the concepts of the data model and the data reliability.

1. は じ め に

企業情報システムを構築する上で RDBMS の採用が一般的になってから 20 年以上経過したこともあり、データベース技術は枯れた技術と思われがちである。しかし、ORACLE CORPORATION（以降、Oracle 社）に代表されるデータベースベンダは自社での技術開発や他の新興ベンダの買収により、新しい形態のデータベース製品を提供したり、既存のデータベース製品の機能拡張・改善を頻繁に行っている。このことから分かるように、実際には現在でも絶え間なく進化を続けている技術分野である。一方、Google に代表される大規模 Web システムを運用している企業が、大容量のデータを高速に処理するために RDBMS とは異なるデータベース技術を自社開発した事例が多数報告されている。

本稿ではまず 2 章でシステムを利用する側であるユーザ企業の情報システムの課題、およびそれに対するデータベースベンダの動向について整理する。次に 3 章で一般消費者向け大規模 Web システムの運用に携わる企業で近年多数の事例が報告されている新しいデータベース技

術について、その特徴を整理する。4章でこれらの動向から企業情報システムの課題解決に向けて、どのような変化が生じているのかを考察すると同時に、データベース技術の今後の展望について述べる。

2. 企業情報システムの課題と業界動向

本章では、現在の企業情報システムが抱える課題を明らかにし、それに対するデータベースベンダの取り組み動向を概観する。

2.1 企業情報システムの現状

企業を取り巻く社会・経済状況の変化に伴い、ユーザ企業のビジネスモデルやビジネスプロセスモデルが急速に変化している。ユーザ企業は顧客ニーズ・需要の変化に対し、旧来の商品やサービスを改善し、新しい商品やサービスを短期間で迅速に提供することが不可欠となっている。そのために既存 IT 資産を最大限に活用した新しいアプリケーションを迅速に開発できる環境を整える必要がある。新しいアプリケーションでも、企業内で生成されたデータを取り扱うことから、既存のデータ資産をいかに継承し、利用していくかが重要なポイントとなる。

他方、システムの利用環境という面に着目してみると、パソコンよりも普及率が高く身近な携帯電話・PHS、薄型テレビなどの情報家電や、電子マネーや IC カードといった電子商取引の普及、RFID などの IC タグによる物流管理が出現している。このように多様化する端末・機器が発生源となるデータをも取り扱いたいというニーズが出てきているが、膨大なデータをどのようにしてリアルタイムに処理するかが問題になる。

こういった状況に対し、データベースベンダがどのような取り組みをしているかを概観する。データベース製品の市場は事実上、1990 年代後半から Oracle 社の Oracle Database、Microsoft Corporation（以降、Microsoft 社）の SQL Server、International Business Machines Corp.（以降、IBM 社）の DB2 の三つの RDBMS 製品の寡占の状態になっている。ここでは、上記3社の取り組みとその他注目すべき動きを見せている海外・国内ベンダの動向を概観する。

2.2 主要3ベンダの動向

Oracle 社は2005年から数多くの買収を手掛け、広範なソフトウェア製品群のみならずハードウェア製品も有する IT ベンダへと変貌している。ソフトウェアについては創業以来の中核事業である RDBMS を中心として、ETL/EAI ツール、データウェアハウスツール、マスタデータ統合ツール、BI ツールといったデータベースとの関連性が強い分野だけでなく、幅広く製品を揃えている。データベース関連の製品情報を表1に示す。

世界最大の総合ソフトウェア企業である Microsoft 社は多様な製品群を持ち、データベース技術に関しても様々な動きを見せている。その中でも特徴的なのは高い市場浸透率を誇る自社クライアント製品 Office との親和性の高さを武器にした情報活用のためのソリューションである。コンテンツ管理市場で優位な立場にある Microsoft® Office SharePoint® Server との連携機能や BI の機能を強化している。Microsoft 社のデータベース関連の製品情報を表2に示す。

表1 Oracle 社の製品

製品名	概要
Oracle Business Intelligence Applications	BIプラットフォームであるOracle Business Intelligence Suite Enterprise Edition 上に構築された包括的な分析アプリケーション群。企業内で広範囲に展開することが可能で、必要とする業務別や業種別に特化されているため、すぐに活用できる分析が行える。これらのソリューションは、既存の業務システムとの柔軟な連携が可能で、Oracle Applications をはじめ、サードパーティのアプリケーションやカスタム開発による業務アプリケーションにも、分析機能を追加できる。
Oracle Master Data Management Suite	顧客、サプライヤー、製品および財務といったマスタデータを統合管理し、業務用・分析用アプリケーションに共有サービスとして配信する。
Oracle Data Integration Suite	SOA構築のためのミドルウェア・ツールとデータ統合ソフトウェアをパッケージングしたもの。2008年2月に発表。「Oracle Data Integrator」、「Oracle Data Relationship Manager」、「Oracle Data Quality and Profiling」、「Oracle Enterprise Bus」などで構成される。
Oracle Database	RDBMS。2007年9月発表された11gでは、自己管理および自動化機能を中心に機能強化が図られた。
Oracle TimesTen In-Memory Database	2005年6月TimesTen買収により提供開始。最新バージョンは2007年4月に出荷。インメモリのRDBMS。高いリアルタイム性が求められるデータベース市場向けで、組込やエンタープライズが主な市場となる。
Oracle Berkeley DB	2006年2月Sleepycat買収により提供開始。最新バージョンは4.7。省リソースに特化した組込データベース。
Secure Enterprise Search	2006年3月発表。最新バージョンは10g Release1 (10.1.8)。企業向けの情報検索エンジン。ディレクトリ製品の「Oracle Internet Directory」と連携し、柔軟なセキュリティ設定が可能。2005年6月に買収したTripleHop Technologiesの分類および情報クラスタリング技術が組み込まれている。
MySQL	オープンソースで開発されたRDBMSの実装の一つ。2009年4月のSun Microsystems買収で獲得（2008年1月にMySQLの開発元のMySQL ABをSun Microsystemsが買収していた）。それに先立つ2005年10月にはMySQLで使われるストレージエンジンInnoDBの開発元のInnobaseを買収済み。
Oracle Coherence	2007年3月のTangosol買収により提供開始。分散オブジェクトキャッシュ製品。
Oracle Exadata	2008年9月に公表。DWHアプライアンス製品。

表2 Microsoft 社の製品

製品名	概要
PerformancePoint® Server 2007	本格的なBI向け。組織のビジネスのモニタリング、分析、および計画のために必要な機能を提供。
Microsoft® Office Sharepoint® Server	コンテンツやビジネスプロセスの管理、組織の枠を越えて情報を検索および共有する方法の簡素化、より良い情報に基づく意思決定の実現など、ビジネスに不可欠なニーズを満たせるように、企業規模の機能を用意。SQL Server Reporting Servicesが作成したレポートをシームレスに管理できる。2007年6月に買収したStratatureのMDM製品「+EDM」を統合し、2009年中に発売する予定。
SQL Server 2008	BI (Reporting Services) , DWH (Analysis Services) , ETL (Integration Services) およびDB 機能 (Relational Database) をワンパッケージで提供。2006年4月のProClarity、2007年5月のSoftArtisansの製品「OfficeWriter」、2007年6月のDundas Data Visualizationの買収などによりReporting Servicesを強化している。
SQL Server Fast Track Data Warehouse	2008年7月のDATAlegro買収により提供開始予定。
Velocity (開発コード名)	分散オブジェクトキャッシュ製品。2009年上期に出荷予定。

IBM 社は「Information On Demand (IOD)」というコンセプトのもと、社内に散在するデータを管理し、活用するために必要となる製品ラインナップを強化し、さらに広げている。IBM 社のデータベース関連の製品情報を表3に示す。

3社とも既存システムに分散しているデータ資産を統合化してフルに活用するために必要な機能・製品を取り揃えていることが分かる。まず分散したデータを1箇所にまとめるために、各社とも ETL と呼ばれる製品機能の強化を図っている。Oracle 社は従来有していた Oracle Warehouse Builder に加え、2006年10月のSunopsis 買収により Oracle Data Integrator を提供し始め、異機種サポート等機能を強化している。Microsoft 社は Integration Service という名称で SQL Server にバンドルしているが、機能向上を図っている。IBM 社は2008年9月に単なる ETL 機能を提供する DataStage® だけでなく、クレンジングやデータの整理・把握するための機能を有機的に結合したスイート製品 InfoSphere Information Server 8.1 を出している。また、Oracle 社が Hyperion、Microsoft 社が ProClarity、IBM 社が Cognos を買収し、機能を強化していることから分かるように、統合したデータを分かりやすく見せるために BI (Business Intelligence) 分野の強化を図っている。

さらに、Oracle 社が TimesTen と Oracle Complex Event Processing を、IBM 社が solidDB と System S といったインメモリ DB、ストリーム処理エンジンを提供し、リアルタイムに処理結果を返すことや RFID のように連続して発生するデータを処理する基盤を提供している。また、Oracle 社が Exadata、Microsoft 社が SQL Server Fast Track Data Warehouse、IBM 社が InfoSphere Balanced Warehouse を提供しているように、3社とも DWH 環境において高速に大量データを処理するための機能を強化している。

表 3 IBM 社の製品

製品名	概要
Cognos [®]	情報からビジネスの価値を引き出すビジネスインテリジェンスとパフォーマンスマネジメント ソリューション。2007年11月の Cognos 買収により提供開始。
InfoSphere Warehouse	BI と DWH の機能をワンパッケージで提供。情報活用を短期間、低コストで効率的に実現。
InfoSphere Master Data Management Server	マスタデータのドメイン（顧客、契約、商品）を管理。
InfoSphere Information Server	統合処理に必要な機能をトータルに提供し、オンデマンドの情報活用をかなえる情報統合基盤。
InfoSphere QualityStage	高品質なデータ ビューを実現するデータ クレンジングツール。
InfoSphere DataStage	データの抽出、変換、ロードを実現する、ETL ツール。2005年5月のAscential Softwareの買収により提供し始める。
InfoSphere Federation Server	分散した異種データソースを仮想統合。
InfoSphere Balanced Warehouse	2009年3月に発表されたデータウェアハウス構築に必要な各種HW・SWと導入設置サービスを組み合わせたパッケージソリューション。
solidDB [®]	高速なデータベース処理を実現するインメモリ データベース。2007年12月のSolid Information Technologyの買収により提供開始。
DB2 [®] 9.5	XML データとリレーショナル データの両方を最適化管理する次世代のハイブリッド データ サーバ。
WebSphere [®] eXtreme Scale	分散オブジェクトキャッシュ製品。
System S	ストリーム処理基盤エンジン。2009年5月発表。
FileNet [®]	企業コンテンツ管理製品。2006年8月のFileNet買収により提供開始。

2.3 その他のベンダ

主要3ベンダ以外のベンダとして、海外ベンダと国内ベンダに分けて、注目すべき企業の動きを概観する。海外ベンダについてはデータ統合市場を代表する Informatica Corporation（以降、Informatica 社）とビジネスアプリケーションパッケージ市場を代表する SAP AG（以降、SAP 社）に着目した。Informatica 社は、2008年11月にデータ統合プラットフォーム PowerCenter 8.6を発表。あらゆる企業システムに格納されているさまざまなフォーマットのデータを入手、検出、統合し、あらゆるスピードで全社に配布することのできる、「統一されたエンタープライズデータ統合プラットフォーム」であるとしている。SAP 社は、2008年11月に企業内のあらゆるマスタデータを柔軟かつ容易に統合するソリューション「SAP NetWeaver Master Data Management」の最新版「SAP NetWeaver MDM7.1」の提供を開始した。

国内ベンダについては、日立製作所と富士通と NEC に着目した。日立製作所は統合システム構築基盤「Cosminexus」をリリースしている。Cosminexus には XML や空間情報に対応した RDBMS である HiRDB やリアルタイムにデータを収集・解析するストリーム処理基盤、情報統合のための ETL 機能などが含まれており、一体性のある分かりやすい形で提供されてい

る。その他、グループ会社である日立システムアンドサービスが2008年6月にTPC-Hで世界最速のインメモリDB「EXASolution」を持つ独EXASOL AG社と提携を発表している。

富士通は2009年4月に企業のさまざまな現場で扱うデータを統合して収集・蓄積するためのソフトウェア Interstage Information Integrator と Interstage Information Storage を販売開始した。また、グループ会社である富士通ビー・エス・シーが2005年7月にインメモリデータベース製品 Oh-Pa 1/3 の提供を開始している。

NEC は情報管理ソフトウェア InfoFrame シリーズの InfoFrame DataCoordinator (異種プラットフォームの異種DB間データ連携製品) を中核としてデータ統合に取り組んでいる。2008年11月には Informatica 社との提携も発表している。2007年9月には、サービスプラットフォームの中核となる大規模、高速のトランザクション処理を実現するシステムアーキテクチャ「Parallel Stream Architecture」を確立、それに基づくミドルウェアを2種製品化(「WebOTX Parallel Stream Monitor」, 「InfoFrame Table Access Method」)し、販売開始している。

海外2社のベンダではデータ資産を統合し、利用者に分かりやすい形で見せる製品に力を入れている。国内3ベンダにおいてはインメモリDBやストリーム処理エンジンを提供し始め、データのリアルタイム処理に注力している。

2.4 データベース関連ベンダの動向のまとめ

ベンダにより取り組み度合いに細かな差はあるものの、以下の三つの問題に対応すべく機能の強化や製品を取り揃える傾向にある。一つが既存システムに分散しているデータ資産の統合化と活用、もう一つがセンサデータやログデータなど時間の経過に伴って変化しながらも途切れることなく提供され続ける情報への対応、さらにもう一つが大量データの高速処理である。

3. 大規模 Web システムを運用する企業から出現した新しいデータベース技術

企業情報システムを提供するITベンダからではなく、GoogleやAmazonの他、FacebookやLiveJournal, mixi, はてな等の大規模ブログ/SNSシステムを運用している企業から、近年新しいデータベース技術の事例が多数報告されている。これらの企業に共通するのは、一般消費者向けにITを積極的に活用したサービスを提供するにあたり、自社でそのためのWebシステムの開発を行っていることである。その中で急速に増加する利用者(およびそれに伴う処理データの増大)への対応をなるべく低コストで行いたいという課題がでてきた。そのため、処理能力を柔軟に変更できるシステムを構築・運用する必要に迫られ、自社で技術開発を行ったものと言える。

一般に、システムの処理能力の増強手段には、サーバを構成するCPUやメモリなどの部品の追加・交換により増強するスケールアップ(垂直スケール)と、サーバの台数を増やすことにより増強するスケールアウト(水平スケール)がある。スケールアップはスケールアウトと比較して高コストになること、最高性能の部品を使った場合にそれ以上処理能力を増強できないという物理的限界があることから、特に大規模システムではスケールアウトがとられることが多い。

多くのWebシステムはプレゼンテーション層(Webサーバ)・ビジネスロジック層(APサーバ)・データベース層(DBサーバ)の3層構造で構成される。このシステムにおいて、

システム処理能力の増強を図ろうとした場合、DB サーバがボトルネックになる。比較的単純にスケールアウトできる Web サーバ・AP サーバと異なり、システムの共有データを不整合なく読み書きできる機能を提供するという役割を DB サーバが担っているために、単純にスケールアウトすることが難しいからである。データベース分割やテーブル分割などによりスケールアウトは可能だが、データの整合性確保のための同期処理・ロック処理等により、クライアントの処理要求に対し遅延なく対応することが難しくなる。

そこで、抜本的にデータベース (RDBMS) の構造・あり方を見直し、自社のシステムに必要なものを追い求める中で新しいデータベース技術が出てきたと言える。この過程を説明する上で重要な概念として、2000 年 7 月に Eric Brewer が PODC (Principles of Distributed Computing) の基調講演で紹介した CAP の定理と BASE がある^[3]。

CAP の定理はデータ共有システムにおいて、Consistency (データの整合性: あるクライアントがシステムのデータを更新した後に別のクライアントがアクセスした場合、必ず更新後のデータが参照できること)、Availability (システムの可用性: クライアントはシステム側の都合に左右されずに常にシステムのデータにアクセスできること)、tolerance to network Partitions (ネットワーク分断への耐性: システムを構成するサーバの一つに障害が発生しても、システム特性は保持されること) の三つの要素は最大で二つまでしか同時に満たすことはできないという経験則を表したものである。

先の Web システムの例をこの定理に当てはめると、P と C を満たし、A を犠牲にしているといえる。まずスケールアウトでサーバの台数を増やすことから必ず P を満たさなければならない。次に DB サーバ上の RDBMS は ACID 特性^{*1}に代表されるようにシステムの共有データの整合性を第一義に守っていることから C を満たす必要がある。そのために、A が犠牲になる (クライアントの処理要求に対し、スケールアウトする前と比較して遅延する)。スケールアウトせざるを得ないため、P は必ず満たす必要があるが、C を犠牲にし、A を満たすシステムは考えられる。CAP の定理の C を犠牲にすることとはつまり、既存の RDBMS の前提となっている ACID 特性は保証できないこととなる。

従来の RDBMS を使ったシステムで前提となっていた ACID 特性に代わる、新しいトランザクションの概念が BASE である。BASE は以下のキーワードの頭文字をとったものである。

- ・ Basically Available
- ・ Soft-state
- ・ Eventual consistency

ACID 特性が厳密な整合性を担保するものであったのに対し、BASE は基本的には可用性を重視し (Basically Available)、そのために各サーバは定期的に自らが持つ情報を含むメッセージをやりとりし (Soft-state)、時間はかかっても最終的に処理結果が整合性をもったものになればよい (Eventual consistency) というものになっている。

本章ではこれらの新しいデータベース技術の中から代表的ともいえる BigTable と memcached を紹介し、それらの技術について考察する。

3.1 BigTable

BigTable は Google が開発した GFS (Google File System) 上のデータベース (分散ストレージシステム) である。Google などの Web 検索サイトは事前に世界中の Web ページを収集

しておき、利用者からの求めに応じ、収集した Web ページの情報を参照して適切な Web ページを案内する。このため、1 台のマシンでは取扱いが難しい大量の Web ページデータの保存や処理が課題となる。この課題解決のために GFS、MapReduce、BigTable という三つの技術が開発された。GFS は多数のマシンのディスクを組み合わせ、仮想的に一つのファイルシステムとして提供することで大量データの保存を可能にしている。MapReduce は多数のマシンを使って、大量データを効率的に分散処理するための基盤を提供している。GFS と MapReduce により大量のデータを一度に効率的に処理できる。そして、Web ページなどの構造化された（比較的）小さなデータを多数管理するために BigTable が提供されている。

BigTable は既存の RDBMS と異なり、複数のテーブル群ではなく、単一のテーブルでモデル化される。BigTable のテーブルは一つの行キーと複数のカラム、タイムスタンプから構成され、行キーとカラムキーとタイムスタンプをキーとして指定することで（構造化された）値を得られるような仕組みになっている。

GFS や MapReduce、BigTable は Google 独自の技術であり、論文等で一部が公開されているものの実装については非公開である。そこで、同様の技術をオープンソースソフトウェアとして実現しようとする Hadoop というプロジェクトが発足している。

Hadoop は米 Yahoo! が中心になって開発している分散計算フレームワークで、GFS 相当の HDFS (Hadoop Distributed File System)、MapReduce 相当の Hadoop MapReduce Framework、BigTable 相当の hBase から成る。hBase は Powerset (Microsoft 社が 2008 年 7 月に買収) のエンジニアが主導して開発したものである。

3.2 memcached

memcached は Danga Interactive 社が LiveJournal というブログサービスのために開発した分散型メモリキャッシュである。YouTube、Wikipedia、Facebook、mixi などの大規模 Web サイトで使用されており、memcached を改良して使用している Web サイトも多く存在する。

memcached は仮想的な一つの巨大連想配列を提供する。実態としては複数のサーバ上のメモリに分散して配置される。memcached を使用するアプリケーションはデータベースから読み出したデータやオブジェクトを memcached にキャッシュさせることで、データベースへのアクセスを回避し、処理能力を増強させる。

BigTable や memcached のように一意な識別子 (Key) とそれに紐づく単一の値 (Value) を保存することができるデータストアは Key Value Store (キーバリューストア、以下 KVS とする) と呼ばれる^{*2}。

3.3 大規模 Web システムを実現するための新しいデータベース技術のまとめ

一般消費者向けのサービスを提供している企業においては、ユーザの増加などに伴うシステムの処理能力増強をどのように行うかが大きな関心事の一つになっている。BigTable や memcached は共に一般消費者向けの大規模 Web システムを運用する企業において、急速に増加する利用者に対応すべく拡張性を有したシステムを構築・運用する必要に迫られ、自社で技術開発を行ったものである。

従来の RDBMS で前提となっていた ACID 特性によるトランザクションを保証せずに BASE という概念を導入している。それによって、スケールアウトを容易にし、大量のデータ

を高速に処理することを可能にしている。

4. お わ り に

本稿ではデータベースに関して、ベンダの動向やユーザ企業の動向を見てきた。ベンダの動向については、データベース製品の市場が事実上 Oracle 社、Microsoft 社、IBM 社の寡占状態であることから、この3社とその他注目すべき動きを見せている海外・国内ベンダの動向を概観した。これらのベンダでは、BI や ETL、DWH アプライアンス、インメモリ DB、ストリームデータ処理エンジン、分散オブジェクトキャッシュといった技術分野に注力している。ユーザ企業側においては、大規模 Web システムを運用する企業が高スケーラビリティを求めらる中で、ACID 特性を保証しないタイプのデータベースが多数出現している。従来の RDBMS は必ずしも可用性や拡張性という面で最適なデータベース技術ではないため、個々の企業のシステムに深く依存した形でより洗練された技術が多数出てくるとと思われる。これらの技術はベンダ動向で出てきた分散オブジェクトキャッシュやインメモリ DB といった技術と類似しており、相まって発展していくものと思われる。

インメモリデータベースやストリームデータ処理エンジン、KVS といったデータベース技術は今後も多数出現すると予想される。これらの技術は RDBMS に代表される旧来の技術の延長線上のものではなく、ある特定の目的を達成するために従来とは根本的に異なる発想で生み出されたものとする。そのため、これらの技術の導入に当たっては、その特長 (RDBMS と比べて大量のデータを処理できるなど) に惑わされることなく、用途・目的を考慮し、効果を十分に見極める必要があろう。これらの技術は段階的・限定的に導入され、既存システムの RDBMS と合わせ、企業内システムに並存することになると予想する。そうした中ビジネス変化に対応するために、こうした既存とは異種のデータベース技術を使ったシステムも含め統合し、活用することが求められるようになろう。そのためには、データモデルやデータの信頼性に関する考え方の相違がポイントになると考えており、そういった状況に対応すべく研究を進めている。

* 1 トランザクションと呼ばれる論理的には不可分の一つの操作単位で処理を行うにあたって、保証する必要がある四つの特性 (Atomicity (原子性), Consistency (一貫性), Isolation (独立性), Durability (永続性)) のこと。

* 2 複数の値を保持することのできる KVS も存在する。

- 参考文献** [1] 西田 圭介, 「Google を支える技術—巨大システムの内側の世界」, 技術評論社, 2008 年 4 月
- [2] 中田 敦, 「無いから作った人たち—記者の眼: ITpro」, 日経 BP 社, 2009 年 2 月, <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/OPINION/20090216/324752/>
- [3] Eric A. Brewer, “Towards Robust Distributed Systems”, PODC Keynote, July 19, 2000, <http://www.cs.berkeley.edu/%7EBrewer/cs262b-2004/PODC-keynote.pdf>
- [4] Werner Vogels, “Eventually Consistent”, December 19, 2007, http://www.allthingsdistributed.com/2007/12/finally_consistent.html
- [5] 結城 浩, 「EventuallyConsistent—結果整合性」, <http://www.hyuki.com/yukiwiki/wiki.cgi?EventuallyConsistent>
- [6] Dan Pritchett, “BASE: An Acid Alternative”, July 28, 2008, <http://queue.acm.org/detail.cfm?id=1394128>

- [7] 行成 敦, 「データベースの動向と課題—日本ユニシスの取り組みと今後の動向」,
ユニシス技報, 日本ユニシス, Vol.26 No.1 通巻 89 号, 2006 年 5 月

(上記参考文献の URL は 2009 年 8 月 28 日時点での存在を確認)

執筆者紹介 羽 生 貴 史 (Takashi Hanyu)

2003 年日本ユニシス(株)入社. ユビキタス関連の実証実験, .NET 開発の社内標準策定, .NET 開発プロジェクトの支援等に携わる. 現在, 総合技術研究所先端技術部データエンジニアリング室に所属.

