

欧米における最近のデータベース研究開発事情

増永良文

図書館情報大学図書館情報学部

筆者は昭和六十三年二月から同十二月までの十カ月、文部省在外研究員として米国テキサス大学オースチン校計算機科学科に三カ月余り、西ドイツ・バイエルン州にあるミュンヘン工科大学計算機科学科に六カ月余り先進的データベース応用に関する研究に従事するため滞在する機会を与えられた。本報告ではこの間に見聞した欧米におけるデータベースの最近の研究・開発事情を報告する。

Status of the Recent Database Research and
Development in Europe and America

Yoshifumi Masunaga

University of Library and Information
Science, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

This reports the status of the recent database research and development in Europe and America which the author observed during his stay at the University of Texas at Austin, U. S. A., for three months (March-May, 1988) and the Technical University of Munich, Federal Republic of Germany (West Germany), for six months (June-December, 1988) as a visiting professor sponsored by a Japanese Ministry of Education, Culture and Science program.

1. はじめに

データベースシステムの歴史はかれこれ三十年になる。ネットワークデータベースやハイアラキカルデータベースに続きリレーショナルデータベースが提案されてからでも二十年近くになる。データベースの応用分野も拡大の一途をたどり、いわゆる庶務や財務のためのビジネスデータ処理用データベースからオフィスオートメーションやファクトリオートメーションのための非ビジネスデータ処理用データベースの効果的な構築が火急の課題と、して広く認識されるにいたっている。このような状況のなか筆者は昭和六十三年二月から同十二月までの十カ月、文部省在外研究員として米国テキサス大学オースチン校計算機科学科に三カ月余り、西ドイツ・バイエルン州にあるミュンヘン工科大学計算機科学科に六カ月余り先進的データベース応用に関する研究に従事するため滞在する機会を与えられた。本報告ではこの間に見聞した欧米におけるデータベースの最近の研究・開発事情を報告したい。

2. 研究の流れ

データベースの研究・開発は現在非常に微妙な時期にあると筆者は考えている。其の概略は、これまでの流れに大きなフィードバックループが形成されている一方、将来に向けての流れは多岐に分岐しようとしていると考えられるからである。その流れの方向にはオブジェクト指向データベース、論理型（演繹型）データベース、関数型データベース等がある。マルチパラダイムなデータベースサポートへと展開してゆくだろう。フィードバックはリレーショナル派の巻返しであるが、上記の影響を大きく受けながら、非第一正規形リレーショナルのサポートや拡張可能型データベースの研究・開発として当面続こう。データベースとプログラミング言語、そしてAI（人工知能）との垣根が無くなってゆくであろう事は従来から指摘されている通りである。また従来、明確な定義を持たなかった知識データベースという用語はその情緒的使用を止め、オブジェクト指向データベースや論理型（演繹型）データベースといった明確な用語を使用すべきであろう。

3. オブジェクト指向データベース

データベース応用がビジネス分野から非ビジネス分野に展開している現在、特に大事なことは実世界の事物をそのままの概念で計算機の中に如何に効率よく取り込むかである。また、いわゆる部品展開を記述出来る能力がこのような分野では特に重視される事とも相俟ってオブジェクト指向データベースの研究・開発が近年大変盛んになっている。既に米国ではGemStone [MSO.86]、ORION [WoKi87]、VBASE [AnHa87]等の先駆的研究・開発が報告されている。近年フランスではO₂ [BBB.88]が開発途上にある。問題点は幾つかあるが、オブジェクトの定義、クラスとタイプの違い、オブジェクト指向のための記憶構造、ユーザインタフェース、質問処理の最適化、トランザクション管理等に関連している。

米国MCC社（テキサス州オースチン市）のシステムORIONを例にとれば、Smalltalk-80流のオブジェクトとクラスの定義に従っている。インプリメンテーションはSymbolics3600を使って

いる。LISPを使った理由はエキスパートシステムとの整合性を考えたためという[BCG.88]。1987年5月にMCCのshareholder一社にシステムを初納入している。現在SUNワークステーション上にも移植され、一方分散型ORIONをインプリ中という。

フランス・アルタイヤ (Altair)社のO₂の目的はビジネス応用プログラムの生産性をあげる事だそうである。オブジェクトの定義は非第一正規形 (入れ子型) リレーションのそれに準じ、基本オブジェクトの概念とそれを使って再帰的に定義されるセットオブジェクトとタプルオブジェクトからなる。クラスと言わず、タイプと言う。マルチプルインヘリタンスは認めない。CO₂という強くタイプ化された言語をサポートしようとする。インプリメンテーションはIntertechiqueグループのIN-8000というフランス製のUNIXマシンで行なわれている。C言語がインプリメンテーションに使われている。

筆者らはOMEGA(Object-oriented Multimedia database Environment for General Application)を構築しようとしている[Masu87], [Masu88], [Masu88a]。

4. 演繹型データベース

ピークを過ぎはしたが、演繹型データベースの研究・開発は相変わらず盛んである。特にヨーロッパではエキスパートシステムへの適用を目的に、理論的かつ実践的にそれを進めている。そのなかでECRC(European Computer-Industry Research Centre)の活動を報告する[Ecre88]。

ECRCは1984年に西ドイツSiemens社、フランスBull社、イギリスICLの三社が共同して設立した、計算機援用型意志決定システム技術のノウハウを開発するための研究・開発機関である。年間数ミリオンドルの予算で、建物は西ドイツ・ミュンヘン市にあり、公用語は英語、所長やプログラムリーダは現在のところ皆フランス人である。約四十人の研究者からなり、四つのプログラムを持つ。

- (1) 論理型プログラミングと問題解決
- (2) 知識ベースとデータベース
- (3) 計算機アーキテクチャ
- (4) 人間-計算機インターアクション

J.N. Nicolasは(2)のリーダである。彼等は1987年春から1989年暮を目処にEKS(ECRC's Knowledge base System)というシステムを構築中である。これはオブジェクト指向と論理演繹能力を兼ね備えるという。アーキテクチャはデータベースカーネルの上に論理型(演繹型)の質問処理レイヤが乗る(最適化も行う)。一方、インヘリタンス階層をサポートする。ECRCの動きにも見られるように、データベースが推論能力を持っていますというだけでは魅力は弱く、データベース応用分野の拡大につれデータモデルの持つ実世界記述能力が問われるからこそオブジェクト指向データベース上の演繹概念に至る訳である。もし今まで推論能力が有るから普通のデータベースではなく知識ベースだと言っている人がいたとすればそれは大変な考え違いで、それは単に演繹型データベースにしか過ぎない。知識ベースという曖昧な表現はとらない方がよい。

関連して、これはSiemens社のデータベース担当者から伺ったのであるが、Siemens社は現在標準SQLの対応に追われており、演繹型データベースについてはECREで様子を見ている状況である。オブジェクト指向についてはSiemens社は情報収集の段階である。ただ、Siemens社はその大、中、小全ての計算機のOSをBS2000という自社製に統一しているので(カスタマベースが4000と

いう)、一旦動きだせば対応は早いと思われる。

5. 非第一正規形データベース、拡張可能型データベース、関数型データベース

従来のリレーショナルデータベースを先進的応用に耐えるように拡張したいという要求は少なくとも次の二つの観点から行なわれてきた。

(1) リレーションを非第一正規形にする。

(2) DBMSの機能を拡張可能とする。

(1) は古くは牧之内 [Maki77] や入れ子型リレーションのH.-J. Schek [ScPi82]の仕事があるが、現在は複合オブジェクトの概念も一緒になり [LoSc88]、オブジェクト指向への道を進んでいる。

一方、(2) はIBM Almaden Research CenterのStarburst [SCF.86]、カリフォルニア大学バークレー校のPOSTGRESS [StRo86]、ウイコンシン大学のEXODUS [CDF.86]等が報告されている。データ型やインデックス、あるいは手続き等での拡張が可能なDBMSを目指す。

関数型データベースはIFO [HuKi87]等の意味的データモデルと同根である。ヒューレット・パッカード研究所のIRIS [FBC.87]やテキサス大学オースチン校のGENESIS [Bato86]等がある。

6. IT (Information Technology: 情報科学技術)

今欧州で最も注目しないといけない情報科学技術関連の動きはECがスポンサーするESPRIT(European Strategic Programme for Research and Development in Information Technology, イズプリと発音)プロジェクトであろう [Espr88]。1992年のECの市場統合に向けてEC諸国間のIT、これを情報科学技術と訳そう、の振興を目的としている。(ECはIT分野の他にも医学や農学など様々な分野で研究・開発を支援している。)より具体的には次の三つのインテグレーションが目的なのだという。

(1) EC諸国

(2) ハードウェアとソフトウェア

(3) 産業と研究

これは日本には大変耳の痛い話だと思われるが、ESPRITの発想は従来EC諸国はお互を見るのではなく米国を見ており、その結果ECのIT関連会社間の同盟に欠けていたという反省に基づいている。ESPRITプロジェクトは1983年のパイロット期間を終え、本格的には1984年から始まり1988年にESPRIT-Iという第一期を終えたが、1983年から1986年までの間でECのIT関連会社間の国際協定の数は7倍になり、米国との間の数と同レベルになったという。半導体関連の新会社やECRCのような共同研究所が出来たり、共同して仕事を行う事への態度が変化したという(Philips社・社長)。ESPRITの研究組織は次の五のプログラムに分かれている。

(1) MEL: 先進的マイクロエレクトロニクス

(2) ST: ソフトウェア科学技術

(3) AIP: 先進的情報処理

(4) OS：オフィスシステム

(5) CIM：計算機統合型製造

此処でESPRITの研究・開発体制の概略を述べる。

- 1) 本部はベルギーのブリュッセルにある。
- 2) プロジェクトの数は約250。
- 3) プロジェクト参加機関は約340の企業と約140の大学等の研究機関の合計約480機関。
- 4) ESPRIT-Iは1984-88の5年間であったが、それに続いてESPRIT-IIは1989-91の3年間が計画されている。
- 5) 予算はESPRIT-Iで1.5ビリオンECU、そして半分はECが持ち、後の半分はプロジェクトの参加機関が持つ。
- 6) ソフトウェアの開発だけでは駄目で、必ずハードウェアも開発しないとイケない。ここでプログラムについて若干説明を加えれば、AIPではi) 知識工学の開発と応用、ii) 新しいコンピュータアーキテクチャの開発、そしてiii) 先進的システムインタフェースの開発がうたわれている。OSではi) 通信、ii) ドキュメント構造、iii) ワークステーションと人間機械インタフェース、そしてiv) 情報管理の統合がうたわれている。ii) ではODAとマルチメディアドキュメントの研究・開発に力点が置かれている。なお、日本では紀伊国屋(東京・新宿三丁目、電話03-354-0131)が窓口になっているようである。1988年5月にギリシャのアテネでFirst European Conference on Information Technology for Organizational Systemsが開催されたが、500を超える論文が投稿され約200の論文発表がなされた。目的はITの提供者側と利用者側の広範な対話のきっかけの場を作ろうというものであるが、ESPRITの言うITの概念が着実にヨーロッパに根付き、花開いてきていることが判る。(因にESPRITプロジェクトの論文であることを付記している論文が多く目につく。)日本は環太平洋諸国の一員として、そこでのITの振興に力を入れる必要があると思われる。

7. 大学における研究体制

日本、米国、西ドイツでは大学における研究体制に大きな違いが見られる。特に西ドイツからは大いに学ぶべきものがある。

米国：筆者が滞在したテキサス大学オースチン校は計算機科学科では米国のトップテンにはランクされるのではないかと人々は言っていたが、計算機科学科の大学院 (Graduate School) の学生数は約250である。普通は四、五年で博士号が取れるから、単純計算をすれば一学年50人位の大学院生がいることになる。最初の一、二年は普通のスカラシップを貰うがその後はResearch Assistantとして指導教官が取ってくる研究補助金からペイされるのが普通である。研究者の給与は一年で9ヶ月分しか支払われないから、残り3ヶ月分を補助金として貰ったりアルバイトをして稼ぐ。学部の上に大学院があるという大学における研究教育体制は日本と米国では基本的に同じであるが大学院の規模が比較にならないほど大きいし、又計算機科学科に於けるデータベースの教育が理論と実践にわたって完備しているから、出てくる研究結果のレベルは高くなるのが一般的である。なお、計算機の環境はシステム開発にはSUN、ドキュメントにはMacintoshを使うのがポピュラーとなっている。両者ともコストパフォーマンスが良いことと膨大なソフ

トウェアの蓄積によるものであろう。日本ではハードウェアのデイメンジョンで新しいワークステーション等の宣伝がなされているように見受けられるが、大事な点はその上で支えられるソフトウェアである。尚、米国でデータベース研究の盛んな大学を十程挙げれば次の様になろう。

- (1) 西海岸：カリフォルニア大学バークレー校、スタンフォード大学、南カリフォルニア大学
- (2) 中部：イリノイ大学、カーネギーメロン大学
- (3) 南部：テキサス大学オースチン校
- (4) 東海岸：マサチューセッツ工科大学、ウイスコンシン大学、メリーランド大学、ブラウン大学

カリフォルニア大学バークレー校はPOSTGRESS [StRo86]、スタンフォード大学のProf. Ullman、南カリフォルニア大学の意味的データモデルIFO [HuKi87]、テキサス大学オースチン校のGENESIS [Bato86]、マサチューセッツ工科大学のAthena プロジェクト [HoSA89]、ウイスコンシン大学のEXODUS [CDF.86]、ブラウン大学のIntermedia [Meyr86]等の活動を記しておく。

西ドイツ：『皮の半ズボンをはいた、変なドイツ語を話す、嫌なおじさんのいるところ』とトーマスマンが言ったという西ドイツ・バイエルン州の州都ミュンヘンにあるミュンヘン工科大学計算機科学科 (Informatik) を例として西ドイツの大学に於ける研究体制について述べてみる。西ドイツでは国民学校、ギムナジウム、兵役 (男子は1年半)、大学と進む道が最もエリートコースである。大学は日本と異なり4年で卒業出来ない。1年が2セメスタに分かれて、取得しなければならない単位の関係から大体12から13セメスタかかるのが最も一般的である。問題はこれからが日本や米国と大いに異なるのであるが、大学は博士号の審査権は持っているが大学院は無い。その代りMitarbeiter (英語に直せばcoworker、共同研究者) の制度を持っている。大学の教授には4つの区分がある。一番上のProfessor Ordinaireは中央集権的な権力をもつ。そのような教授が中心となり研究プロジェクトが計画され、DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft、ドイツ学術振興会、米国NSFに相当)、公的研究支援機関 (例えばEC)、私企業等にその支援を要請する。プロジェクトは概ね次の3項目に係る資金を申請する。

- (1) 装置
- (2) 旅費
- (3) Mitarbeiterの為のポジション

(1) と (2) は日本や米国でも同じであるが、(3) が全く異なる。プロジェクトの大きさに依るのは当然であるが、例えば普通のメンバの為のポジションを二つ、リーダー的役割をするメンバのためのポジションを一つ要求する。そのポジションは日本では文部教官助手ぐらいの感じで、準公務員的なものであり、同じポジションでも妻子持の給与は独身のそれよりも多い。プロジェクトは最初二、三年で走り、そのあと延長があり、大体四、五年続くのが普通の様である。さて、プロジェクトが認められると教授はメンバ探しに入る。大学の学部を卒業しようとする学生のなかで優秀な者を勧誘したり、博士号を取るためにMitarbeiterになりたいと思っている学生を採用したりする。Mitarbeiterは普通五年ほど研究・開発生活を送ることになり、旨くゆくとその成果を基にして博士論文を書くことが出来、博士号を取得することが出来る。ただ、大学を卒業するために約六年かかること、兵役で二年かかること、更に博士号まで五年位かかることで、順調にいてもその取得年齢が約三十二、三位になるので、Mitarbeiterのリスクは大きい。それは問題であろう。プロジェクトの研究テーマは『オブジェクト指向に基づく並行処理方式の研究』といった類のものであり、また必ずプロトタイプをインプリメントしないといけないという要請は無いようであるが、四、五年かけたプロジェクトの終了時には何等かのシステムが

出来上がっているようである。日本と違いバイエルン州では大学教授は一月に二日アルバイトをしてよいと法律で認められている。だから産学共同も行いやすく、研究室で作り上げたプロトタイプが企業で製品化され、それが翻って大学に持ち込まれ、次のプロジェクトのためのマシンになっていくという良いフィードバックループが形成されている。例えば、最初リレーショナルDBMSのプロトタイプを作り、それがリファインされ大学に戻り、続いてその上に演繹型のインタフェースを作り、或はオブジェクト指向型に改造してゆく訳であるが、何しろ元は自分達が手掛けたシステムなので中まで良く手が入り、研究・開発の進展は著しい。以前VLDB84の報告を筆者が行ったとき[Masu84]、西ドイツと日本から共に五件の発表があったが西ドイツの論文は理論と実践が良くバランスしていたのに日本のそれは筆者のも含めて皆理論のペーパーであった理由が良く理解できた。日本が本当に情報産業を振興し情報立国を国是とするのなら、日本は先ずプロジェクト制を中心に据えた大学における研究体制のあり方から問い、改革を推し進めるべきであろう。これからはヨーロッパから学ぶところが多いのではないか。

8. 終りに

文部省在外研究員として米国と西ドイツに計10ヶ月滞在した間に見聞したデータベースの研究・開発事情の一端を紹介させていただいた。計算機ハードウェアの分野では日本が大変進んでいる事は認めるとしても、ソフトウェアの分野の遅れはこのままでいけば取返しの付かない状況がそこまで来ているというのが実感であった。データベースの分野で日本は現在学界レベルでは四等国あるいは五等国位ではないか。米国、フランス、西ドイツ、カナダ、イギリス、イタリア等何れも地に足の着いた研究・開発を行っている。日本の大学において是非stableな研究体制を採りたい。所謂バラマキ行政では問題の解決にはならない。ソフトウェアの開発を含む計算機科学分野で欲しいのは有能な『人』である。近年はコンピュータ六社ですら有能な人材を集めるのに苦労するという。原因はこの金余りの世の中優秀な人間はサラリーのよい金融関連企業に就職するためと言う。世界で沢山の人間から日本で開発した世界に誇れるソフトウェアはアリマスかと聞かれて、予想はしている質問とはいえ、ほとんど答えに窮し暗い気持ちになるのであった。世は国際化の時代だとは念仏を唱えていればよいとは誰も思っていないのだからけれど、書き加える。

[謝辞] 文部省在外研究員制度に感謝する。一方、筆者出張によりご迷惑をお掛したにも拘らず御寛容な諸兄に心より感謝申し上げる。

[文献] 主なもの、出来るだけ新しいものを挙げる。

[AnHa87] Andrews, T. and C. Harris: Combining Language and Database Advances in an Object-Oriented Development Environment, Proc. OOPSLA87, pp.430-440 (1987).

[Bato86] Batory, D.S.: GENESIS: A Project to Develop an Extensible Database Management System, Proc. Int. Workshop on Object-Oriented Database Systems, pp.207-208 (1986).

[BBB.88] Bancilhon, F. et.al.: The Design and Implementation of O2, an Object-Oriented Database System, Proc. 2nd Int. Workshop on Object-Oriented Database Systems, pp.1-22 (1988).

- [BCG.88] Ballou, N. et.al.: Coupling and Expert System Shell with an Object-Oriented Database System, Journal of Object-Oriented Programming, 1, 2, pp.12-21 (1988).
- [CDF.86] Carey, M.J. et.al.: The Architecture of the EXODUS Extensible DBMS, Proc. Int. Workshop on Object-Oriented Database Systems, pp. 52-65 (1986).
- [Ecrc88] ECRC Projects 1987-1988, 33p., ECRC GMBH (1988).
- [Espr88] Esprit 1987 Annual Report, 95p., European Communities (1988).
- [FBC.87] Fishman, D.H. et.al.: Iris: An object-oriented database management system, ACM Trans. Office Information Systems, 5, 1 (1987).
- [GaKi88] Garza, J.F. and W. Kim: Transaction Management in an Object-Oriented Database System, Proc. ACM SIGMOD88, pp.37-45 (1988).
- [HoSA89] Hodges, M.E. et.al.: A Construction Set for Multimedia Applications, IEEE Software, pp.37-43 (January 1989).
- [LoSc88] Lorie, R. and H.-J. Schek: On Dynamically Defined Complex Objects and SQL, Proc. 2nd Int. Workshop on Object-Oriented Database Systems, pp.323-328 (1988).
- [HuKi87] Hull, R. and R. King: Semantic Database Modeling: Survey, Applications, and Research Issues, ACM Computing Surveys, 19, 3, pp.201-260 (1987).
- [Maki77] Makinouchi, A.: A Consideration on Normal Form of Not-Necessarily-Normalized Relation in the Relational Data Model, Proc. VLDB77, pp. 447-453 (1977).
- [Masu84] 増永良文: 1984年度第10回VLDB国際会議報告, 情報処理学会第44回データベースシステム研究会資料, 44-4, 12p. (Nov. 1984).
- [Masu87] 増永良文: マルチメディアデータベース総論, 情報処理, 28, 6, pp.671-684 (1987).
- [Masu88] Masunaga, Y.: Object Identity in OMEGA: An Object-Oriented Database System for Multimedia Data, Technical Report TR-88-19, University of Texas at Austin, 21p. (1988)
- [Masu88a] Masunaga, Y.: An Object-Oriented Approach to Multimedia Database Organization and Management, Proc. Int. Symposium on Database Systems for Advanced Applications, pp.190-200, Seoul, Korea (April 1989).
- [Meyr86] Meyrowitz, N.: Intermedia: The Architecture and Construction of an Object-Oriented Hypermedia System and Applications Framework, Proc. OOPSLA86, pp.186-201 (1986).
- [MSO.86] Maier D. et.al.: Development of an Object-Oriented DBMS, Proc. OOPSLA86, pp.472-482 (1986).
- [SCF.86] Schwaz, P. et.al.: Extensibility in the Starburst Database System, Proc. Int. Workshop on Object-Oriented Database Systems, pp.85-92 (1986).
- [ScBr82] Schek, H.-J. and P. Pistor: Data Structure for an Integrated Data Base Management and Information Retrieval System, Proc. VLDB82, pp.197-207 (1982).
- [StRo86] Stonebraker, M. and L.A. Rowe: The Design of POSTGRESS, Proc. ACM SIGMOD86, pp.340-355 (1986).
- [WoKi87] Woelk, D. and W. Kim: Multimedia Information Management in an Object-Oriented Database System, Proc. VLDB87, pp. 319-330 (1987).