

Title	データ圧縮を活用した分析クエリの最適化技術に関する研究
Author(s)	山室, 健
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/69724
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (山室健)	
論文題名	データ圧縮を活用した分析クエリの最適化技術に関する研究
論文内容の要旨	
<p>近年のDRAMの低価格・大容量化を背景に、DBMSで処理を行うデータの大半がメモリに載るようになり、結果として入出力以外のハードウェアの構成要素（例えばCPU内部の計算処理やメモリアクセス）がボトルネックになる事例が多くなってきている。そのためDBMSで用いる要素技術では処理データがメモリ上にある前提で、CPU内部の並列性（命令レベル並列性、データレベル並列性、スレッドレベル並列性）の考慮、処理データをCPUに転送する際に発生するメモリアクセスの遅延、CPUとメモリ間のバス転送の最大帯域など様々な観点を考慮した設計が重要になってきている。</p> <p>そこで本研究では、DBMSの要素技術として用いられる読み込み処理、探索処理、結合処理などに焦点を当てて、メモリ上の処理を前提とした計算で発生する技術的な課題の明確化、またその課題を解決する手法に関する研究に取り組む。具体的には、DBMS内部で用いるアルゴリズムとデータ構造におけるCPUの効率化とデータ表現（圧縮形式）を考慮した実行計画の列挙とコストモデルの確立を行うことで、大規模データをメモリ上でコンパクトに表現し効率的に処理を行うために、データ圧縮を活用しながらCPU効率の高いDBMSの実行方式を実現することを目的とする。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (山 室 健)			
	(職)		氏 名
論文審査担当者	主 査	教授	鬼塚 真
	副 査	教授	原 隆浩
	副 査	教授	下條 真司
	副 査	教授	藤原 融
	副 査	教授	松下 康之

論文審査の結果の要旨

近年のCPUの高度化やDRAMの低価格・大容量化を背景に、DBMSで処理を行うデータの大半がメモリに載るようになり、結果としてHDDなどの低速な2次記憶装置の入出力以外の処理がボトルネックになる事例が多くなってきている。そのためDBMSで用いる要素技術では処理データがメモリ上にある前提で、CPU内部の並列性の考慮、処理データをCPUに転送する際に発生するメモリ参照の遅延、CPUとメモリ間のバス転送の最大帯域など様々な観点を考慮した設計が重要になってきている。そこで本研究ではDBMSの要素技術として用いられる読み込み処理、探索処理、結合操作などに焦点を当て、メモリ上の処理を前提とした計算で発生する技術的な課題の明確化、またその課題を解決する手法に関する研究に取り組む。具体的には、DBMS内部で用いるアルゴリズムとデータ構造におけるCPUの処理特性を考慮した最適化と、メモリ上のデータ表現を考慮したコストモデルの確立を行う。これらの課題に取り組むことで、大規模データをメモリ上で効率的に処理可能なDBMSの実行方式を確立することが本研究の目的である。本論文の主要な研究成果を要約すると次の通りである。

- 1) 大規模データに対して空間コストが低くCPUの実行効率が高い木構造索引であるVAST木を提案している。VAST木ではSIMD命令を用いた比較処理のデータ並列度を高めるため、索引の分岐ノードに非可逆圧縮手法を適用する。また索引全体のサイズを削減することを目的に、葉ノードにはCPUに最適化された可逆圧縮手法を適用する。結果的にデータ数が 2^{30} の分岐ノードのみのサイズは既存手法に対して95%以上削減、索引全体のサイズとしては47~84%削減できることをそれぞれ確認している。
- 2) 圧縮データ全体を復元せずに任意の位置にある部分文字列データを高速に参照可能な圧縮表現であるLZE++を提案している。LZE++では共有辞書を用いた再帰処理の枝刈りと、平均 $(mK/N+1)$ 回の軽量の繰り返し処理によりLZEndと同等の計算量で高速な復元処理を可能にする。メモリ上の処理にもかかわらず64KiB以下の圧縮データの復元処理で3.3~58.2倍、64KiBより大きなデータの復元処理では最大で1439.0倍の大幅な改善が可能であることを確認している。
- 3) 圧縮データの復元時に発生するCPU計算量を考慮したコストモデルを提案している。本コストモデルの導出において、先行研究から妥当な列指向DBMSアーキテクチャに基づいたプロトタイプを構築し、様々な実行計画に対するコストの分析を行うために6種の物理プランとDBMSの内部データの圧縮表現4種の実装を行った。結果として先行研究で提案されているCPUのキャッシュミス回数から見積もられたコスト T_{Mem} だけでは実際の実行計画のコストを推定できないことが判明した。そこで本技術では各圧縮データ形式に対応したCPU計算量を表現するための補正項 T_{ms} を加算することを提案し、この提案したコストモデルを用いることでより精度の高い実行計画のコスト推定が実現できることを確認している。

以上のように、本論文は分析クエリの最適化手法に関する先駆的な研究として、情報科学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。