

自己管理型データベース: アプリケーションおよび SQL チューニング・ガイド

オラクル・ホワイト・ペーパー
2005 年 9 月

自己管理型データベース: アプリケーション および SQL チューニング・ガイド

概要	3
自動 SQL チューニング	6
自動チューニング・オブティマイザ	8
統計分析	9
SQL のプロファイリング:	9
SQL プロファイル	10
アクセス・パス分析	11
SQL 構造分析	12
SQL TUNING SET	13
SQL チューニング・インタフェース	14
ADDM SQL のチューニング	14
上位 SQL 文のチューニング	15
STS のチューニング	15
チューニング・オプション	16
SQL チューニング推奨の表示	16
DBMS_SQLTUNE パッケージ	17
チューニング・タスクの管理	17
SQL プロファイルの管理	19
SQL Tuning Set の管理	20
結論	21

自己管理型データベース: アプリケーション および SQL チューニング・ガイド

概要

この 10 年間に、次の 2 つの明白な傾向が見られました。a) データベース・システムは、新しいデータベース需要に伴い、電子商取引など様々な分野に進出すると共に、b) 多数のユーザーを同時にサポートすることにより、データベース・アプリケーションがますます複雑化してきました。その結果、データベース・システムのパフォーマンスが注目され、このようなアプリケーションを稼動する企業の成功にとって重要な要素となりました。

重要なデータベース・システムのパフォーマンス・チューニングの 1 つに、SQL 文のチューニングがあります。SQL 文のチューニングには、次に示す 3 つの手順があります。

1. システム内にある過去の SQL 実行履歴 (V\$SQL 動的ビューに格納されたカーソル・キャッシュ統計など) を参照して、アプリケーションのワークロードおよびシステム・リソースの多くを占める高負荷または上位 SQL 文を識別します。
2. これらの SQL 文の実行に、クエリー・ 옵ティマイザが作成した計画が適切に実施されることを確認します。
3. パフォーマンスの低い SQL 文に対して、より適切な実行計画を作成するために可能な対処措置を取ります。

前述の 3 つの手順を、システムのパフォーマンスが適切なレベルに達するまで、または対象 SQL 文がすべてチューニングされるまで、繰り返します。通常、このようなチューニング作業は、DBA またはアプリケーション開発者など、アプリケーションおよびデータベース・システムに精通した専門家がを行います。

対処措置には、次があります。

1. 実行計画を立てるために、クエリー・ 옵ティマイザで使用する統計を収集またはリフレッシュします。たとえば、偏ったデータを含む列に対しヒストグラムを作成します。
2. 옵ティマイザによる SQL 文実行計画が円滑に作成できるように、該当構成パラメータの値を変更します。たとえば、optimizer_mode の値を first_rows_10 に設定します。
3. 適切な SQL 構文で、該当 SQL 文を書き換えます。たとえば、可能ならば UNION を UNION-ALL 演算子に置き換えます。
4. 表のデータ・アクセス構造を作成または削除します。たとえば、索引またはマテリアライズド・ビューを作成します。

5. SQL文にオプティマイザのヒントを追加します。たとえば、表にINDEXヒントを指定して、*full table scan* を *index range scan* に置き換えます。

手動によるSQLチューニング作業は、アプリケーション開発者に対して様々な難題をもたらします。まず、複雑な分野での高度な専門知識が必要です。問合せ最適化、アクセス設計およびSQL設計。次に、各文はそれぞれ一意に指定され個々に処理する必要があるため、文の数が1000を超えてしまう場合があり、作業に時間がかかります。さらに、スキーマ構造（ビュー定義、索引、表のサイズなど）およびアプリケーションのデータ使用モデルに対する詳細な知識が必要です。最後に、たとえば新しいアプリケーション・モジュールが配布された場合など、SQLワークロードが常に変化するため、継続したSQLチューニング作業が必要です。また、データ・アクセス構造の変更では（索引またはマテリアライズド・ビューが削除または作成された場合など）、実行計画も変更される可能性が高いため、アプリケーション開発者は作業を最初からやり直す必要があります。図1に、手動によるSQLのチューニング作業を示します。

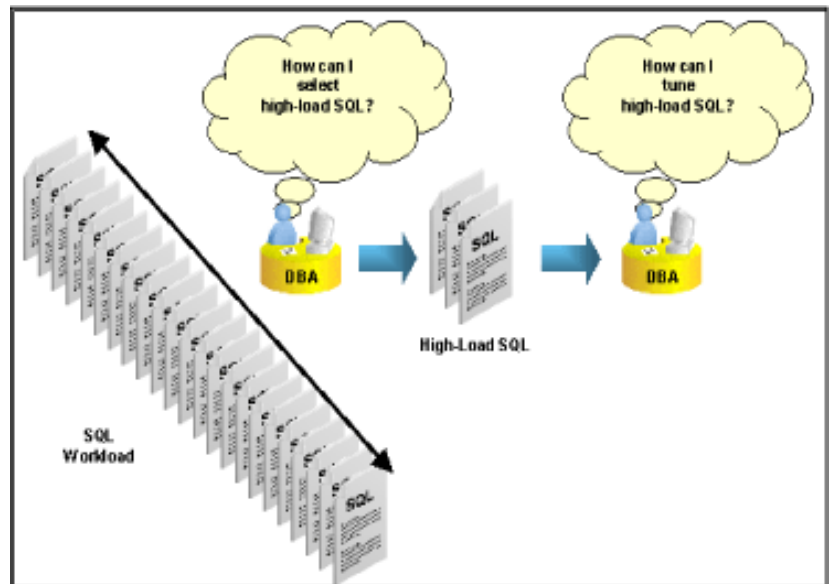


図1: 手動によるSQLチューニング

これらの難題に直面するデータベース管理者（DBA）およびアプリケーション開発者を支援するために、あるソフトウェア会社では、データベース・システム内でパフォーマンス・ボトルネックを識別し修正するパフォーマンス監視ツールおよび診断ツールを開発しました。一部のツールは、多くの場合に非常によく機能します。しかし、これらのツールはターゲットとなるシステム・コンポーネントとは一体化していません。たとえば、クエリー・オプティマイザは、SQL実行計画専用のシステム・コンポーネントです。これらのツールにとって、クエリー・オプティマイザは単にブラック・ボックスでしかないので、チューニングには、最適化情報をデータベース外で解釈する必要があります。したがって、チューニング結果はあまり有効ではなく、範囲も制限されます。さらに、一体化されていないため、外部のツールはクエリー・オプティマイザの最新の改善点や変化に対応していません。

Oracle Database 10g では、データベース・システムの自己管理に重点を置き、その開発に多大な労力が注がれました。(ホワイト・ペーパー、『Oracle Database 10g: 自己管理型データベース』を参照してください。)自動およびオンデマンドのシステム・パフォーマンスの監視およびチューニングを可能にするために、Automatic Workload Repository (AWR) という管理可能性機能が導入されました。AWR は、システム・パフォーマンスを 60 分 (既定値) 毎に調べ、過去のシステム・ワークロードとして保持します (既定値: 最大 7 日まで)。たとえば、AWR は、CPU 消費、バッファ取得、ディスク読み込み、解析コール、共有メモリーなど、リソース中心の上位 SQL 文をそれぞれ指定した時間間隔で識別します。また Automatic Database Diagnostics Monitor (ADDM) という別の管理可能性機能を導入し、システム・アクティビティの継続的な監視処理、システム・リソースの大量消費およびパフォーマンス・ボトルネックの識別処理を自動化します。(ホワイト・ペーパー、『自動管理データベース: 自動パフォーマンス診断』を参照してください。)SQL チューニングにおいて、ADDM は、高負荷 SQL 文を識別します。また、メンテナンス・ウィンドウでの統計情報の収集を自動化する管理性機能も追加されています。新しく作成された Oracle Database 10g データベースでは、デフォルトで Automatic Statistics Collection が有効です。

Oracle Database 10g では、SQL チューニング処理は、自動 SQL チューニングという新規の管理機能の導入によって自動化されました。これは、OLTP およびデータ・ウェアハウス型アプリケーションで同等に機能するよう設計されています。自動 SQL チューニングは、新しく追加された自動チューニング・オブティマイザというクエリー・オブティマイザの自動チューニング機能に基づいています。自動 SQL チューニングは、SQL Tuning Advisor というアドバイザを介して公開されます。SQL Tuning Advisor は、1 つ以上の SQL 文に対して最適なチューニング計画およびチューニング・アドバイスを生成します。SQL 文は、ADDM、AWR または手動処理で識別されました。手動処理には、未配布の一連の SQL 文のテスト、各パフォーマンスの測定、およびパフォーマンスが期待値以下の SQL 文の識別などが含まれます。このニーズに対応するため、Oracle Database 10g では SQL Tuning Set (STS) という新しい持続的なチューニング・オブジェクトを導入しました。STS の詳細は、「SQL チューニング・セット」を参照してください。図 2 に、Oracle Database 10g 下での自動 SQL チューニング機能に関する高レベルのビューを示します。

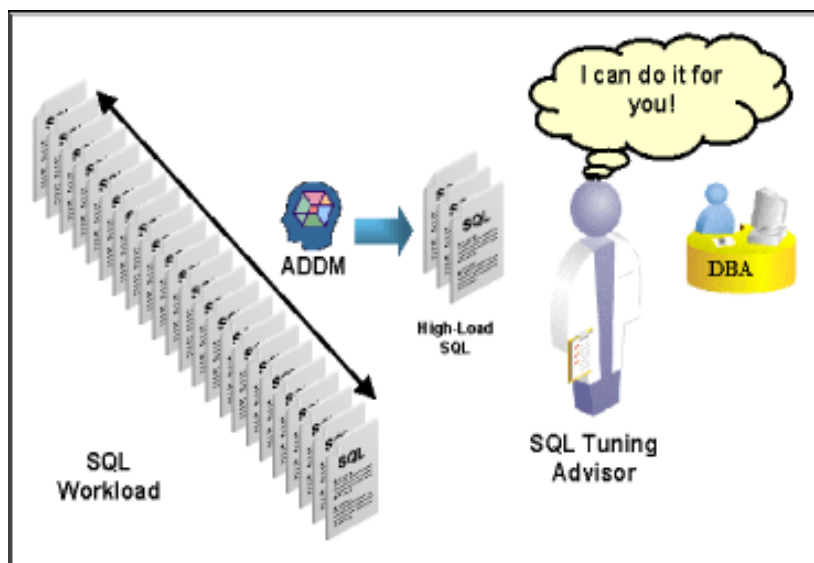


図 2: 自動 SQL チューニング

これ以降の本ホワイト・ペーパーの構成は次のとおりです。まず、自動 SQL チューニング機能、そして自動チューニング・オプティマイザの詳細を説明します。次に、ユーザーのカスタム SQL ワークロードの作成およびチューニングを可能にする SQL Tuning Set について説明します。さらに、Oracle Enterprise Manager を使用した自動 SQL チューニングとの主要インタフェースについて、例をあげて説明します。また、SQL Tuning Advisor API で使用される SQL のチューニング・プロセスをグループ化する DBMS_SQLTUNE パッケージおよび SQL Tuning Set と SQL プロファイルの管理について説明します。最後に、Oracle9i Database と Oracle Database 10g 間でパフォーマンスのチューニングを比較します。

自動 SQL チューニング

自動 SQL チューニングは、クエリー・オプティマイザと密接に統合されています。これには複数のメリットがあります。a) チューニングは、実行計画および SQL パフォーマンスに対して最終的な責任を担うシステム・コンポーネントによって行われ、b) チューニング・プロセスは完全にコストベースであるため、当然、クエリー・オプティマイザに対して行われる変更および拡張の理由となります。c) チューニング・プロセスは、SQL 文の過去の実行統計を参照して、その文に対するクエリー・オプティマイザの設定をカスタマイズし、d) クエリー・オプティマイザにより有用と考えられるものに基づき通常の統計とともにその他の情報を収集します。

実際に、自動 SQL チューニングは、クエリー・オプティマイザの拡張バージョンに基づいています。Oracle Database 10g では、通常のクエリー・オプティマイザの拡張により、SQL 文の実行計画の構築時、追加分析が行えます。通常の操作モードと区別するため、クエリー・オプティマイザのこのモードは、自動チューニング・オプティマイザと呼ばれます。(通常モードの)クエリー・オプティマイザには、指定した SQL 文の実行計画の的確な検出に必要な時間量およびシステム・リ

ソースに関する厳しい制約があります。十分な最適化時間は、通常 1 秒未満であり、長くても数秒はかかりません。この厳しい制約により、オブティマイザは、可能なかぎり経験則を使用して制限された計画の検索を行い、最適化時間を短縮します。したがって、クエリー・オブティマイザは、計画の生成中、時間を要する検査および確認作業は行えません。

それに対して、自動チューニング・オブティマイザでは、通常のチューニング・プロセスの一環として必要な検査および確認作業により多くの時間が費やされ、通常でも数分はかかります。したがって、自動チューニング・オブティマイザの方が、チューニングされた計画をより適切に生成できます。自動チューニング・オブティマイザは、動的サンプリングおよび部分実行（SQL 文の断片の実行）などの技法を使用して、コスト、選択性およびカーディナリティを確認する独自の予測を行います。また、SQL 文の過去の実行履歴も使用して最適な設定（例：オブティマイザ・モード）を判断します。

自動チューニング・オブティマイザの機能は、SQL Tuning Advisor というアドバイザを介して公開されます。SQL Tuning Advisor は、SQL 文を受け取り、他の入力パラメータとともに自動チューニング・オブティマイザに渡します。自動チューニング・オブティマイザは、実行生成処理時に次の 4 種類の分析を行います。

1. **統計分析:** Automatic Tuning Optimizer は、欠落または失効した統計がないか、各クエリー・オブジェクトを確認し、適切な統計の収集を提案します。また、この推奨が実行されなかった場合、欠落している統計を補完するための、または失効した統計を修正するための補助情報を収集します。
2. **SQL プロファイリング:** 自動チューニング・オブティマイザは、独自の予測内容を検証して、補助情報を収集し予測エラーを排除します。また、SQL 文の過去の実行履歴に基づき、カスタマイズされたオブティマイザ設定（最初の行対すべての行など）の形式で補助情報を収集します。補助情報を使用して SQL プロファイルを構築し、その作成を提案します。SQL プロファイルを作成すると、通常のクエリー・オブティマイザは、適切にチューニングされた計画を生成できます。
3. **アクセス・パス分析:** 自動チューニング・オブティマイザは、問合せ時、新しい索引により、各表のアクセスが大幅に改善できないかを調べ、適切な場合、索引の作成を提案します。
4. **SQL 構造分析:** ここでは、自動チューニング・オブティマイザは、計画が不適切とみなされる SQL 文を識別し、再構築に関連する提案を行います。再構築の提案は、SQL 文の構文的な変更の場合もあり、セマンティックな変更の場合もあります。

各分析の詳細は、「自動チューニング・オブティマイザ」を参照してください。

自動チューニング・オブティマイザによって生成された出力は、アドバイスとして SQL Tuning Advisor を介してユーザーに中継されます。アドバイスには、1 つ以上の推奨を含み、それぞれ理由および実行時の利点が含まれます。ユーザーには、アドバイスを受け入れるオプションが与えられ、該当する SQL 文のチューニングは完了します。

自動チューニング・オブティマイザと SQL Tuning Advisor はともに、Oracle サーバーの自動 SQL チューニング・コンポーネントを構成します。図 3 の自動 SQL チューニングのアーキテクチャは、自動チューニング・オブティマイザと SQL Tuning Advisor の機能的関係を示します。

自動 SQL チューニングは、Oracle の継続したアドバイス方式のデータベース管理モデルへの移行戦略の 1 つです。モデルは、重大なデータベース管理機能に関し、データベース・サーバーがその機能を実行する最適な方法を示したインテリジェントなアドバイスをユーザーに提供することを目的としています。Oracle ユーザーが最適な方法でデータベースを管理するために、サード・パーティのツールやソリューションに依存する必要がないよう、データベース・エンジン自体、よりインテリジェントに改善されています。

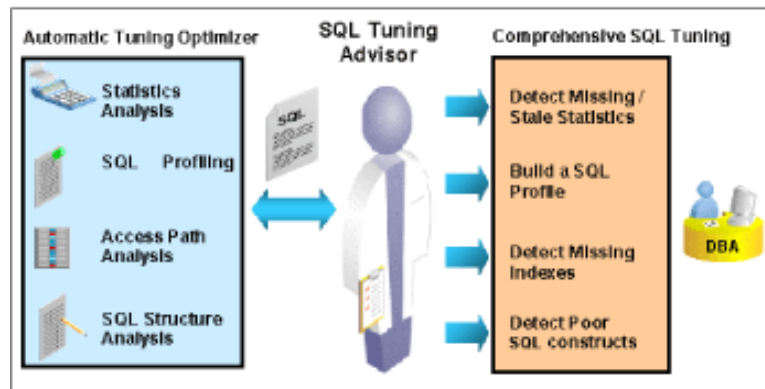


図 3: 自動 SQL チューニングのアーキテクチャ

自動チューニング・オブティマイザ

自動チューニング・オブティマイザは、特殊な自動チューニング・モードで実行されるクエリー・オブティマイザです。そのため、自動チューニング・オブティマイザは、通常のクエリー・オブティマイザと機能は同じですが、追加機能も可能です。追加機能には、独自の内部予測や供給された外部情報（データ統計など）を検証するための確認手順が含まれます。またその他の機能には、パフォーマンスを大幅に向上させる新しいアクセス・パスを調査する検索手順や、データの効率的な処理を可能にするような SQL 構文の変更を推奨できる可能性があるか調査する手順が含まれています。

SQL Tuning Advisor は、自動実行モードでオブティマイザを起動して、SQL 文のアドバイスを取得します。アドバイスには、統計、問合せ計画、（索引などの）アクセス・パスおよび SQL 構文に関する自動チューニング・オブティマイザからの様々な推奨が含まれています。推奨の作成に加え、独自に使用するための SQL 文固有の情報も収集されます。これは、通常のデータベース統計とともに使用される補助情報です。自動チューニング・オブティマイザは、統計分析、SQL プロファイリング、アクセス・パス分析および SQL 構造分析など、複数の分析をします。これらの分析は、それぞれ、SQL 文に対して推奨を個々に作成します。

統計分析

クエリー・オプティマイザが正常に機能するには、適切なデータ統計が必要です。与えられた SQL 文の最適化に必要な統計が収集され、常に最新に保たれることが重要です。統計分析の目的は、これらの統計が欠落または失効していないことの確認です。自動チューニング・オプティマイザは、計画の生成処理時、実際に使用された統計の種類を記録し確認します。たとえば、等式の述語に対しては、列の各値の統計を記録し、範囲述語に対しては、最小および最大の列値の統計を記録します。

実際に使用された統計の記録が完了すると、自動チューニング・オプティマイザは、これらの各統計が、関連するクエリー・オブジェクト（表、索引またはマテリアライズド・ビュー）で有効であるかをチェックします。統計が有効である場合は、精度（リフレッシュまたは失効など）を確認します。統計の精度を確認するために、対応するクエリー・オブジェクトからデータをサンプリングし、サンプリングの結果に従い精度を測定します。

統計の欠落が判明した場合は、その統計に対して補助情報を生成します。統計が選択可能であるが失効している場合は、統計がデータの現在の状態を反映するように、失効した統計に対する調整要因として補助情報を生成します。

統計分析では、次の 2 種類の出力が生成されます。1) 統計の欠落あるいは失効が判明したオブジェクトを分析する推奨および 2) 欠落している統計を補完または失効した統計を調整する補助情報。分析推奨を実装して Automatic SQL Advisor を再実行することをお勧めします。分析推奨が実行されない場合は、補助情報が使用されません。補助情報は、次に説明する SQL プロファイルに格納されます。

SQL のプロファイリング:

SQL のプロファイリング時における主な確認手順では、コスト、選択性およびカーディナリティに関するクエリー・オプティマイザ独自の予測を確認します。大きな予測エラーを引き起こす要因が数多く存在すると、オプティマイザは、不適切な計画を生成します。主な要因を次に示します。a) 統計情報が見つからない（たとえば、表が分析されない）場合、デフォルトの述語選択が選択された、b) 述語が複雑なため、クエリー・オプティマイザがこの述語でフィルタするデータ量を判断できない、c) 表の列間でデータが関連しているが、オプティマイザ側では関連性がないとみなしている、d) 表間の結合関係が無効または不正なため、そのデータを統計情報として取得するのが非常に難しい、e) 複数の表において、列間のデータに関連性がある（たとえば、スノー・シューズの販売数はニューヨークでは非常に多いがアリゾナでは非常に少ない（またはゼロである）場合の製品、場所および販売表の結合関係）。クエリー・オプティマイザが適切な計画を生成するためには、予測に大きなエラーが含まれていないことが重要です。そのため、自動チューニング・オプティマイザが独自の予測の精度を確認して、エラーを排除するか大幅に削減することが重要です。

不十分な計画が生成される別の重要な原因は、オプティマイザの不適切な設定です。たとえば、結果のデータ・サイズが非常に大きいかかわらず、ユーザーが数行のみを取得しようとする場合、すべての行の最適化ではなく、最初の数行の生成時間を最小限にする最適化を行うことが重要です。したがって、そのよう

な SQL 文には、オプティマイザ・モードを all_rows ではなく first_rows に設定します。

SQL のプロファイリング時に、自動チューニング・オプティマイザは独自の予測を検証する確認手順を実行します。検証では、データ・サンプルの採取および適切な述語がサンプリングされます。データ・サンプル結果から新しい予測が生成されます。この新しい予測は、高精度を保証するためサンプル・サイズが調整されるため、正確な検査結果が得られます。また、新しい予測は通常の予測と比較され、その差が大きい場合、新しい予測と一致するよう通常の予測に対して修正要因が作成されます。別の予測の検証方法では、SQL 文を部分的に実行します(部分実行)。部分実行方法は、各述語が効率的なアクセス・パスを提供する場合、サンプリング方法より効率的です。自動チューニング・オプティマイザは、適切な予測検証方法を選択します。

また自動チューニング・オプティマイザは、SQL 文の過去の実行履歴を使用して、正しい設定を判断します。たとえば実行履歴から、ほとんどのケースで SQL 文が部分的にのみ実行された場合、first_rows に対して適切な設定が行われます。これが、SQL 文をチューニングするカスタマイズ設定です。

統計分析(統計調整要因)または SQL のプロファイリング(予測修正要因、最適化されたオプティマイザ設定)時に補助情報が生成された場合、自動チューニング・オプティマイザは SQL プロファイルを構築します。SQL プロファイルの構築時に、SQL のプロファイルを作成するユーザー・推奨を生成します。

データ・サンプリングまたは部分実行方法の予測検証は、コストおよび時間を要する処理であるため、制限モードで SQL Tuning Advisor を実行した場合、SQL のプロファイリングは行われません。自動チューニング・オプティマイザでの SQL プロファイルの生成には、包括モードを使用する必要があります。

SQL プロファイル

SQL プロファイルは、SQL 文の自動チューニング時に構築される補助情報の集まりです。そのため、SQL プロファイルと SQL 文の関係は、統計と、表または索引オブジェクトとの関係に相当します。一度作成されると、SQL プロファイルは、(通常モードの)クエリー・オプティマイザによって既存の統計と関連して使用され、該当 SQL 文に対して適切な計画を作成します。

SQL プロファイルが作成され、データ・ディクショナリに永続的に格納されます。SQL プロファイルの作成後、該当 SQL 文がコンパイルされる(最適化される)たびに、クエリー・オプティマイザは、SQL プロファイルを使用して適切な計画を作成します。SQL プロファイルを管理する様々な機能が用意されています。(「DBMS_SQLTUNE パッケージ」を参照してください)。

図 4 に、SQL プロファイルの作成および使用時の処理の流れを示します。この処理は、2 つの異なるフェーズで構成されています。SQL チューニング・フェーズと通常の最適化フェーズです。SQL チューニング・フェーズでは、DBA は自動チューニングを行う SQL 文を選択し、Enterprise Manager GUI インタフェース(「SQL チューニング・インタフェース」を参照)またはコマンドライン・インタフェース(「DBMS_SQLTUNE パッケージ」を参照)を使用して、SQL Tuning Advisor を実行します。

SQL Tuning Advisor は、自動チューニング・オプティマイザを起動し、可能な限り SQL プロファイルを使用してチューニング・推奨を生成します。SQL プロファイルが構築された場合、DBA はそれを有効にします。有効になると、SQL プロファイルはデータ・ディクショナリに格納されます。次のフェーズでは、エンド・ユーザーが同じ SQL 文を発行すると、(通常モードの)クエリー・オプティマイザは、SQL プロファイルを使用して適切な計画を構築します。SQL プロファイルの使用は、エンド・ユーザーに対し完全に透過的です。

SQL プロファイルの作成および使用には、アプリケーション・ソース・コードの変更は伴わないことに注意してください。これが、パッケージ・アプリケーションによって発行される SQL 文のチューニングの主要点となります。

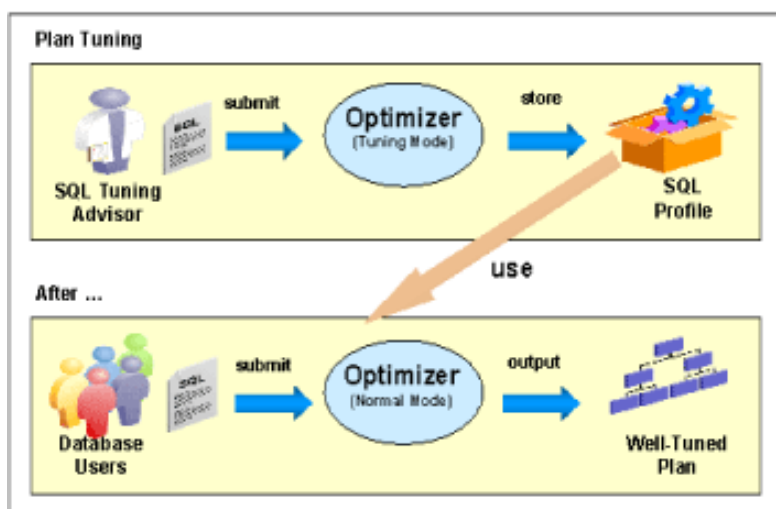


図 4: SQL プロファイルの作成および使用

SQL プロファイルに含まれる補助情報は、索引の追加や削除、表サイズの展開およびデータベースの定期的な収集など、データベースが変更された場合も関連性が保たれる方法で格納されます。ただし、SQL プロファイルは、データベースの大幅な変更または長期間にわたり蓄積された変更には適合しない場合があります。この場合、古い SQL プロファイルにかわる新しい SQL プロファイルの構築が必要です。たとえば SQL プロファイルが古くなった場合、対応する SQL 文のパフォーマンスが明らかに低下することがあります。そのような場合、該当 SQL 文が、高負荷または上位 SQL として表示され始める場合があります、再び自動 SQL チューニングのターゲットとなります。

アクセス・パス分析

自動チューニング・オプティマイザは、索引に対するアドバイスも提供します。効果的な索引付けは、全データのスキャン回数を削減し、SQL 文のパフォーマンスを大幅に向上させるチューニング技法として広く知られています。自動チューニング・オプティマイザが生成する索引推奨はどれも、チューニングされる SQL 文固有のものであり、そのため 1 つの SQL 文と関連したパフォーマンス上の問題を迅速に修正できます。

自動チューニング・オブティマイザは、索引の推奨により、SQL ワークロード全体が受ける影響を分析しないため、標準 SQL ワークロードで該当 SQL 文に対する Access Advisor の実行も推奨します。Access Advisor は、SQL ワークロードの各文に与えられたアドバイスを収集し、SQL ワークロード全体のグローバル・アドバイスとして統合します。(ホワイト・ペーパー『Oracle Database 10g SQL Access Advisor を使用したデータベースの強化』を参照してください。)

SQL 構造分析

SQL 文が適切に記述されていないために、高負荷の文となることがよくあります。これは通常、同じ結果を出す文の記述方法が (必ずしも意味的に同等でない) 複数存在する場合に起こります。たとえば、UNION 演算子が UNION-ALL に置き換えられても SQL 文は同じ結果を出す場合があります。重複する行を作成する可能性がない場合は、同じ結果を出すことが可能であり、その場合 UNION 演算子による重複の排除は冗長となります。このような場合、UNION-ALL と置き換えて、実行計画からコストの高い重複の排除手順を取り除くことが賢明です。別の例は、NOT EXIST 副問合せでより効率的に同じ結果が得られるにもかかわらず、NOT IN 副問合せを使用する場合です。

最も効率的な代替形を知ることは、データ・プロパティに関する深い知識 (たとえば列に NULL が存在しないなど) および SQL 構文のセマンティクス (意味) に対する深い理解の両方が必要とされるため、アプリケーション開発者にとっては困難な作業です。

また、開発段階では、開発者は一般的にパフォーマンスの向上よりも、必要な結果を出す SQL 文の記述方法に重点を置きます。単純な間違いが SQL 文のパフォーマンスを大幅に低下させる場合もあります。このような間違いの一例としては、列とその述語の値の不一致です。不一致は、基本的に索引が使用可能でもその使用を無効にします。

自動チューニング・オブティマイザは、SQL 構造分析を行い、記述が適切ではない SQL 文を検出して、ユーザーの結果の検証に従い、パフォーマンスを向上させる SQL 文記述の代替方法を推奨します。開発者は、事前に制限モードで SQL Tuning Advisor を実行して、より適切な SQL 文を記述できます。

SQL 構造分析モードでは、自動チューニング・オブティマイザは計画の構築時に多数の注釈および診断を生成し、実行計画に関連付けます。注釈には、オブティマイザの判断事項およびその理由が含まれます。自動チューニング・オブティマイザは、実行計画でのコストの高い演算子と関連する理由を基に、パフォーマンスを向上させる適切な SQL 文の再記述方法または必要なスキーマの変更について推奨します。

パフォーマンスの低下の原因となる SQL 文の構造に関連する様々な理由があります。構文ベースもあれば、意味ベースもあり、純粋に設計上の理由もあります。これらの理由は 3 つのカテゴリに分類されます。

セマンティクス・ベースの構成: NOT IN 副問合せのような構成の場合、一致するが意味的に同等ではない NOT EXISTS 副問合せに置き換えるとパフォーマンスが大幅に向上します。しかし、この置換えは、NULL 値が関連する結合列に存在していないため、どちらの演算子によっても同じ結果が得られる場合のみ可能です。

別の例としては、結果として重複する行が発生しない場合に限った UNION と UNION ALL の置換えがあります。

構文ベースの構成: これらの多くは SQL 文の述語の指定方法と関連しています。たとえば、col = :bnd のような述語を異なる型を持つ col および :bnd とともに使用した場合、そのような述語は索引ドライバとして使用できません。同様に、関数または式を含む述語（例: func(col) = :bnd, col + 1 = :bnd）は、式または関数自体に機能別索引が存在しないかぎり索引ドライバとして使用できません。

設計上の問題: たとえばデカルト積の偶発的な使用は、表の 1 つが SQL 文の他のいずれの表とも結合していない場合によく発生する問題です。これは、特に問合せに大量の表が伴う場合に起こりがちです。

SQL TUNING SET

ADDM は、高負荷の SQL 文を自動的に識別し、ユーザーはそこから選択してチューニングできます。AWR により、ある時間間隔における上位 SQL 文を選択できます。ただし、ユーザーが指定した優先順位で一連のカスタム SQL 文のチューニングが必要な場合もあります。このような状況は、たとえば、開発者が新しい SQL 文の開発およびテストを行っている場合です。SQL はまだシステムに配置されていないため、通常の SQL ソース（AWR など）が使用できません。ユーザーが独自のカスタム SQL 処理負荷を作成して自動 SQL チューニングを実行するメカニズムが必要となります。このような場合は、SQL Tuning Set (STS) を使用します。Oracle Database 10g では STS のサポートを導入して、ユーザーが関連する SQL 文のセットを単位として容易に管理できるようにしています。

SQL Tuning Set は、1 つ以上の SQL 文とその実行統計、および実行コンテキスト、また場合によってはユーザー優先順位ランキングを格納するデータベース・オブジェクトです。様々な SQL ソースから SQL 文を SQL Tuning Set にロードできます。SQL ソースには、Automatic Workload Repository (AWR)、カーソル・キャッシュおよびユーザーが提供したカスタム SQL が含まれます。図 5 に、代表的な SQL Tuning Set の使用モデルを示します。SQL Tuning Set が作成され、次に SQL ソースのいずれかから SQL 文がロードされます。図に示すとおり、SQL Tuning Set へのロード前に、SQL 文が選択され、ランク付けされ、フィルタリングされます。

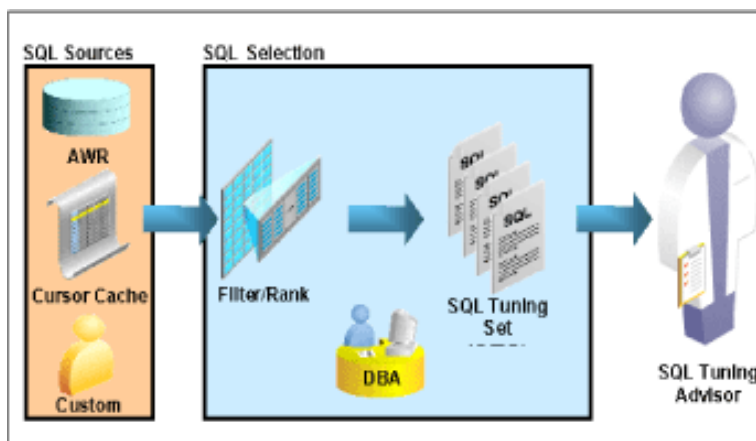


図 5: SQL Tuning Set の使用モデル

各 SQL 文とともに格納される実行コンテキストには、ユーザー・スキーマ、アプリケーション・モジュール名およびアクション、バインド値のリストおよびカーソル・コンパイル環境が含まれます。格納される実行統計には、経過時間、CPU タイム、バッファ取得、ディスク読み込み、処理済の行、カーソル取得、実行数、実行完了数、オプティマイザ・コストおよびコマンド・タイプが含まれます。SQL 文のフィルタには、アプリケーション・モジュール名およびアクションまたは任意の実行統計が使用できます。次に、実行統計の任意の組合せに基づき SQL 文をランク付けできます。

SQL Tuning Set は、データベースに永続的に格納できます。SQL Tuning Set の内容は更新でき、オブジェクトとしての STS は、DBMS_SQLTUNE プロシージャを使用して操作できます。ロードされた SQL Tuning Set は、SQL Tuning Advisor への入力として渡すことができ、SQL Tuning Advisor はユーザーが指定した他の入力パラメータに従い SQL 文の自動チューニングを行います。他の入力には、制限時間やチューニング分析の範囲などが含まれます。SQL Tuning Set はこのように、関心のある SQL 文のセットを収集および格納する強力な方法を提供し、チューニング処理を支援する多くの補助情報も提供します。

SQL チューニング・インタフェース

高負荷の SQL 文の識別に、Enterprise Manager (EM) を使用します。EM には、識別された SQL 文または SQL Tuning Set とともに SQL Tuning Advisor を起動できる箇所が複数存在します。

ADDM SQL のチューニング

次の EM 画面に、Automatic Database Diagnostics Monitor (ADDM) が識別した高負荷の SQL 文を示します。高負荷の各 SQL 文は、CPU タイム、バッファ取得、ディスク読み込みなど、1 つ以上のシステム・リソースの大部分を消費しています。この画面から、選択した高負荷の SQL 文について SQL Tuning Advisor を起動します。



図 6: ADDM による高負荷 SQL 文の検出

上位 SQL 文のチューニング

もう1つの SQL ソースとして、Enterprise Manager 画面(図7参照)に表示される上位 SQL 文のリストがあります。この上位 SQL 文のリストは、選択した時間帯に基づいて累積された実行統計情報により識別されます。上位 SQL 文は、CPU 消費などの関連する統計でランク付けできます。ユーザーは、SQL ID によって識別された1つ以上の上位 SQL 文を選択して、SQL Tuning Advisor を起動できます。

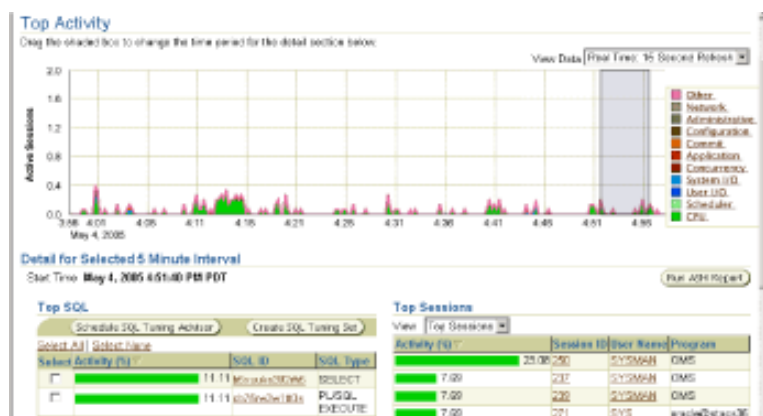


図7: 上位 SQL 文

STS のチューニング

Enterprise Manager では、異なるユーザーによって作成された様々な SQL Tuning Set も参照できます。STS は、上位の SQL 文のリストから、または Automatic Workload Repository(AWR)によって作成された様々なスナップショットから SQL 文を選択して、または独自に最適化した SQL 文から作成できます。図8に、Enterprise Manager で選択した STS に対して SQL Tuning Advisor を起動する方法を示します。

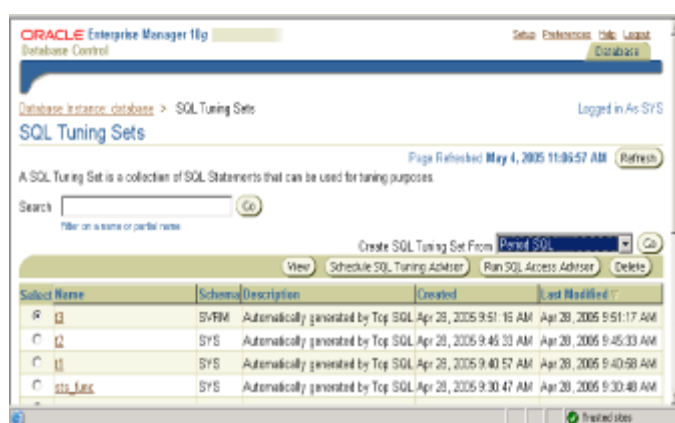


図8: SQL Tuning Set

チューニング・オプション

SQL Tuning Advisorの起動後、ユーザーが適切なADVISOR権限が付与されている場合には、Oracle Enterprise Managerは次にチューニング・タスクを自動的に作成します。図9に示すOracle Enterprise ManagerのSQL Tuning Options画面には、自動デフォルトと共にチューニング・タスクが表示されています。ユーザーは、この画面でチューニング・タスクに関する自動デフォルトを変更できます。重要なオプションの1つとして、チューニング・タスクの範囲を選択するオプションがあります。制限オプションを選択した場合、SQL Tuning Advisorは、統計チェック、アクセス・パス分析およびSQL構造分析に基づき推奨を生成します。制限オプションではSQLプロファイルの推奨は生成されません。総合オプションを選択した場合、SQL Tuning Advisorは制限オプションのすべての推奨を生成する他に、SQLのプロファイリング・モードでオプティマイザを起動して適切な場合はSQLプロファイルを構築します。また、包括オプションでは、チューニング・タスクの制限時間も指定できます。デフォルトは60分です。その他には、すぐにタスクを実行または後で実行するようスケジュールを組める便利なオプションがあります。



図9: SQL Tuning Advisor のオプション画面

SQL チューニング推奨の表示

チューニング・タスクの完了後は、SQL Tuning Advisor によって生成された推奨を表示できます。Oracle Enterprise Manager では、推奨の概要と推奨の詳細が表示されます。次の画面は、チューニングされた1つ以上のSQL文に対するSQL Tuning Advisorの推奨の概要を示します。図に示すとおり、ここではSQL文に対して索引を作成するという1つの推奨のみが存在します。SQL文を選択して「推奨の参照」ボタンをクリックすると、Oracle Enterprise Manager では推奨の詳細が表示されます。



図 10: SQL チューニングの推奨概要

この推奨を受け入れる場合は、「実装」ボタンをクリックして索引を作成します。



図 11: SQL チューニングの推奨詳細

DBMS_SQLTUNE パッケージ

自動 SQL チューニングの主要インタフェースは Oracle Enterprise Manager ですが、DBMS_SQLTUNE パッケージのコマンドライン・インタフェースを使用しても SQL 文のチューニングを行えます。DBMS_SQLTUNE は、Oracle Database 10g で新しく追加されたパッケージで、文の自動チューニングを行うタスクおよび SQL プロファイルと SQL Tuning Set の管理を行うタスクを含む、自動 SQL チューニングの機能に必要な API が含まれます。

チューニング・タスクの管理

SQL Tuning Advisor は、他の管理性アドバイザと同様、共通のアドバイザ・フレームワーク上に構築されています。アドバイザ・フレームワークは、SQL Tuning Advisor を含む様々な管理性機能によって生成されるアドバイスを構築、格納およ

び取得する共通のインフラストラクチャのサポートを提供します。したがって、すべての SQL チューニング・プロシージャは、チューニング・タスクというアドバイザ・タスク・オブジェクトとともに機能します。そのため、自動チューニングを行うには、チューニング・タスクの作成が必要です。チューニング・タスクの作成を含む SQL のチューニング・プロシージャの使用には、ADVISOR 権限が必要です。

DBMS_SQLTUNE パッケージを使用した自動 SQL チューニングには、まず、必ず `create_tuning_task` プロシージャをコールしてチューニング・タスクを作成します。このプロシージャは、アドバイザ・タスクを作成し、ユーザーが指定した入力引数に従って該当パラメータを設定します。

`create_tuning_task` プロシージャには、様々な種類があります。このプロシージャは、チューニング・タスクを作成し、SQL Tuning Set に格納された単一または複数の SQL 文をチューニングします。

次の例は、SQL 文のテキストを引数として直接渡すことができる `create_tuning_task` プロシージャの一形式を示します。この例では、文のテキストは CLOB として渡されます。

```
create_tuning_task(sql_text => 'select * from emp
where emp_id = :bnd',
                  bind_list =>
sql_binds(anydata.ConvertNumber(100)),
                  user_name => 'scott',
                  scope => 'comprehensive',
                  time_limit => 60,
                  task_name =>
'my_sql_tuning_task',
                  description => 'task to tune a
query on a specified employee');
```

前述の例では、ターゲット文はバインド変数 `bnd` を使用し、その値 (100) は型 `SQL_BINDS` の関数引数として渡される数字です。`SQL_BINDS` は、Oracle Database 10g で新規に導入されたオブジェクト型です。パラメータ `scott` は、文が分析されるスキーマの名前を表します。このタスクのチューニング範囲は、SQL Tuning Advisor で SQL プロファイルの生成を含む完全な分析を指示する `comprehensive` として渡されます。最後に、引数 `60` は、SQL 文のチューニングの秒単位の制限時間です。

このプロシージャには他に 2 形式あり、カーソル・キャッシュまたは Automatic Workload Repository (AWR) のいずれかから選択された特定の SQL 文に使用できます。いずれの場合でも、SQL 文は、SQL テキストのかわりに `SQL_ID` を渡すことにより識別されます。

チューニング・タスクの正常な作成は初期状態にあります。チューニング・プロセスの開始には、次にタスクが必要です。次のように `execute_tuning_task` プロシージャを起動します。

```
execute_tuning_task(task_name => my_sql_tuning_task');
```

実行開始後の任意の時刻に、ユーザーは適切なアドバイザ・プロシージャを使用して、タスクの取消、割込みまたはリセットを行えます。また、ユーザーは

DBA_ADVISOR_LOG パフォーマンス・ビューにある情報を確認して、タスクのステータスをチェックできます。または V\$SESSIO_LONGOPS ビューを問い合わせることで現在までのタスク実行情報を表示できます。この情報には、残りの実行時間、確認事項の数、利点、および SQL Tuning Set をチューニングした場合は処理された文の数が含まれます。

チューニング・タスクの完了後は、チューニング結果を、次のような *report_tuning_task* プロシージャをコールして表示できます。

```
set long 10000
select report_tuning_task(task_name =>
'my_sql_tuning_task')from dual;
```

前述の SELECT は、各推奨の根拠と利点および各推奨を実行するための SQL コマンドとともに、SQL 文の自動チューニングに基づくすべての確認事項および推奨の (CLOB 型) テキスト形式のレポートを作成します。ユーザーは、推奨と関連するコマンドを実行して推奨を受け入れることができます。

自動 SQL チューニングの結果も、DBA_ADVISOR_TASKS, DBA_ADVISOR_FINDINGS または DBA_ADVISOR_RECOMMENDATIONS, DBA_ADVISOR_RATIONALE などのような DBA アドバイザ・フレームワークを使用して表示できます。また、Oracle Database 10g 内のアドバイザはすべて、SQL 統計、関連バインドおよび実行計画のような特定の SQL チューニング情報を表示する新しいビューの追加により、フレームワークを拡張できます。それらの結果は、ユーザーが DBA_SQLTUNE_STATISTICS、DBA_SQLTUNE_BINDS および DBA_SQLTUNE_PLANS ビューに問い合わせることで確認できます。

SQL プロファイルの管理

SQL プロファイルを管理するためのプロシージャも、DBMS_SQLTUNE パッケージの一部です。SQL Tuning Advisor によって SQL プロファイルが推奨された場合、*accept_sql_profile* プロシージャのコールにより SQL プロファイルを作成できます。SQL プロファイルはデータ・ディクショナリに格納されます。SQL プロファイルの作成には、CREATE ANY SQL PROFILE 権限が必要です。一度作成されると、SQL プロファイルは同じ SQL 文の次の実行時、自動的に適用されます。たとえば、次のプロシージャ・コールは、チューニング・タスク *my_sql_tuning_task* と関連する SQL 文の自動チューニングにより作成された SQL プロファイルを格納します。この例では、SQL プロファイルには *my_sql_profile* という名前が指定されています。

```
accept_sql_profile(task_name => 'my_sql_tuning_task',
name => 'my_sql_profile');
```

SQL プロファイルについての情報は、DBA_SQL_PROFILES ビューで表示できます。また、ユーザーは、*alter_sql_profile* プロシージャを実行して、既存の SQL プロファイルの属性を変更できます。これには、ALTER ANY SQL PROFILE 権限が必要です。

次の例では、SQL プロファイル *my_sql_profile* のステータス属性は *disabled* に変更され、SQL プロファイルは対応する SQL 文の実行計画の生成には使用され

ません。

```
alter_sql_profile(name => 'my_sql_profile',
                 attribute_name => 'status',
                 value => 'disabled');
```

変更できる他の SQL プロファイルの属性は、名前、説明およびカテゴリです。最後に、*drop_sql_profile* プロシージャを使用すると、SQL プロファイルをデータ・ディクショナリから削除できます。これには、DROP ANY SQL PROFILE 権限が必要です。

SQL Tuning Set の管理

SQL Tuning Set (または *sqlset*) に対する DBMS_SQLTUNE パッケージの一般的な使用例は次のとおりです。まず新規の SQL Tuning Set を作成し、高負荷の SQL 文をロードし、手動分析の内容の選択、参照および絞り込み選択を行います。次に SQL Tuning Advisor を実行して SQL Tuning Set のすべての文を自動的にチューニングします。最後に、SQL Tuning Advisor の推奨を実行後、SQL Tuning Set を削除します。

次の例では、*create_sqlset* プロシージャは、*my_sql_tuning_set* という SQL Tuning Set を作成し、特定の期間に収集された I/O 中心の SQL 文をロードします。

```
create_sqlset(sqlset_name => 'my_sql_tuning_set',
             description => 'I/O intensive workload');
```

このプロシージャは、データベース内に空の SQL Tuning Set を作成します。SQL Tuning Set のプロシージャを実行するには、ユーザーは ADMINISTER SQL TUNING SET 権限または ADMINISTER ANY SQL TUNING SET 権限が付与されている必要があります。

SQL Tuning Set の作成後は、*load_sqlset* プロシージャを使用して選択した SQL 文を移入できます。SQL Tuning Set を移入するための標準ソースは、Automatic Workload Repository (AWR)、カーソル・キャッシュまたは以前に作成およびロードされた別の SQL Tuning Set です。各ソースには、新しい SQL Tuning Set へのロード前に、ソースの内容を抽出してフィルタする表関数が事前に定義されています。

たとえば、次のプロシージャ・コールは、10 回以上実行され、ベースライン時に 50% より大きい (ディスク読み込み/バッファ取得) 比率を持つ SQL 文を選択して、*peak baseline* という AWR ベースラインから *my_sql_tuning_set* をロードします。SQL 文は、(ディスク読み込み/バッファ取得) 比率によって順序付けられ、上位 30 の SQL 文のみが選択されます。

```
-- open a ref cursor to select from the specified
baseline
open baseline_ref_cursor for
  select value(p)
  from table (dbms_sqltune.select_baseline(
              'peak baseline',
              'executions >= 10 and
disk_reads/buffer_gets >= 0.5',
              null,
```

```

        disk_reads/buffer_gets,
        null, null, null,
        30)) p;
-- load statements and their stats from the baseline
into the STS
  dbms_sqltune.load_sqlset(sqlset_name =>
'my_sql_tuning_set', populate_cursor => baseline_cur);

```

SQL Tuning Set が作成および移入されたため、DBA は、次のように *select_sqlset* プロシージャを使用して SQL Tuning Set 内の SQL 文を参照できます。

```

SELECT * from TABLE(select_sqlset('my_sql_tuning_set',
'(disk_reads/buffer_gets) >= 0.75'));

```

この例では、SQL Tuning Set 内の 75%より大きな(ディスク読み込み/バッファ取得)比率を持つ SQL 文のみが表示されます。

作成およびロードされた SQL Tuning Set の詳細は、DBA_SQLSET、DBA_SQLSET_STATEMENTS や DBA_SQLSET_BINDS などの DBA ビューを使用しても表示できます。

また、検索条件に基づき SQL Tuning Set から SQL 文の更新・削除も行なえます。たとえば次の *delete_sqlset* プロシージャは、*my_sql_tuning_set* から、50 回未満実行された SQL 文を削除します。

```

delete_sqlset(sqlset_name => 'my_sql_tuning_set',
  basic_filter => 'executions < 50');

```

最後に、SQL Tuning Set が必要でなくなった場合(含まれるすべての文のチューニングが完了し、必要な推奨が実行された後など)、次の *drop_sqlset* プロシージャを使用して削除できます。

```

drop_sqlset(sqlset_name => 'my_sql_tuning_set');

```

結論

本ドキュメントでは、Oracle Database 10g で導入された自動 SQL チューニング管理性コンポーネントについて説明しました。自動 SQL チューニングは、一連の総合的なチューニング・推奨として SQL 文の自動チューニングを実現します。クエリー・オプティマイザと密接に統合されています。実際には、問合せオプティマイザが特殊な自動チューニング・モードで実行され、チューニング推奨が生成されます。推奨の他にも、それが適切な場合には SQL プロファイルも構築します。ユーザーは SQL プロファイルを含む推奨の実行を選択できます。SQL プロファイルの作成後、クエリー・オプティマイザはそれを使用して対応する SQL 文に適切な計画を生成します。また、ユーザーがチューニング用のカスタム SQL ワークロードを作成できる SQL Tuning Set というチューニング・オブジェクトも導入されました。自動 SQL チューニングとのインタフェースは Oracle Enterprise Manager を使用して作成されました。これには、SQL ソースから選択するオプションおよびチューニング・オプションで SQL 文のチューニングを行うオプションが用意され

ています。

結びに、自動 SQL チューニングがチューニングをどのように簡易化するかを示します。頻繁に起こる問題として、時間の経過とともにデータが大きくなるにつれて SQL 文のパフォーマンスが低下する問題があります。次の表では、パッケージ・アプリケーションに埋め込まれた SQL 文に対して、Oracle9i および Oracle Database 10g で行われる一般的な SQL のチューニング手順を比較します。

手順	Oracle9i	Oracle Database 10g
1	実行計画を取得します。	SQL Tuning Advisor を実行します。
2	クエリー・オブジェクトおよびそのサイズを調べます。	推奨を実行します。
3	実行計画統計と (V\$SQL ビューに格納された) 実行統計を再確認および比較します。	
4	大きな履歴を問い合せているにもかかわらず、最近のデータのみが表示されるため、「最初の行」の問題であると特定します。	
5	アプリケーション・ベンダーに連絡します。	
6	ベンダー用テスト・ケースを作成します。	
7	ベンダーから「最初の行」のヒントのパッチを入手します。	
8	次のメンテナンス・サイクルでパッチをインストールします。	

表に示すとおり、この比較的一般的なタスクにチューニングの専門家が費やす労力および時間は、Oracle Database 10g に比べて Oracle9i Database では、はるかに多いことがわかります。また、Oracle9i Database では、顧客はアプリケーション・ベンダーがパッチを提供するまで数週間または数か月待たされたのに対し、Oracle Database 10g では、問題はすぐに解決されます。自動 SQL チューニングは、包括的でありながら使いやすく、初心者から専門家のユーザーまで同じように効果的に使用できる、アプリケーション・チューニングに対するソリューションを提供します。



自己管理型データベース: アプリケーションおよび SQL チューニング・ガイド

2005 年 9 月

著者: Mohammed Ziauddin, Mohammed Zait, Mughees Minhas, Khaled Yagoub

寄稿者: Benoit Dageville

Oracle Corporation
World Headquarters
500 Oracle Parkway
Redwood Shores, CA 94065
U.S.A.

海外からのお問合せ窓口:

電話: +1.650.506.7000

ファックス: +1.650.506.7200

www.oracle.com

オラクル社は、インターネット上での活動を強化するソフトウェアを提供します。

Oracle はオラクル社の登録商標です。

このガイドで使用されているさまざまな製品名およびサービス名には、オラクル社の商標が含まれています。

その他のすべての製品名およびサービス名は、各社の商標です。

この文書はあくまで参考資料であり、掲載されている情報は予告なしに変更されることがあります。

オラクル社は、本ドキュメントの無謬性を保証しません。また、本ドキュメントは、法律で明示的または暗黙的に記載されているかどうかに関係なく、商品性または特定の目的に対する適合性に関する暗黙の保証や条件を含む一切の保証または条件に制約されません。オラクル社は、本書の内容に関していかなる保証もいたしません。また、本書により、契約上の直接的および間接的義務も発生しません。本書は、事前の書面による許可を得ることなく、電子的または機械的に、いかなる形態または手段によっても複製または伝送することはできません。

Oracle は米国 Oracle Corporation および関連会社の登録商標です。他の製品名は、それぞれの所有者の商標です。

Copyright © 2005 Oracle Corporation

All rights reserved.