

ORACLE®
Autonomous
Database Cloud

Automatic Indexingの補足

Oracle Database Technology Night

日本オラクル株式会社
データベースソリューション部
津島 浩樹
2019/08/20

Safe Harbor Statement

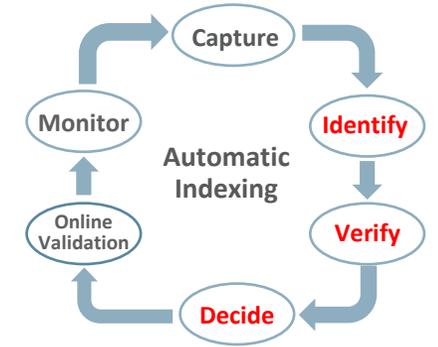
The following is intended to outline our general product direction. It is intended for information purposes only, and may not be incorporated into any contract. It is not a commitment to deliver any material, code, or functionality, and should not be relied upon in making purchasing decisions. The development, release, timing, and pricing of any features or functionality described for Oracle's products may change and remains at the sole discretion of Oracle Corporation.

アジェンダ

- 1 Automatic Indexingの検証と決定
- 2 オプティマイザ統計の収集
- 3 列統計
- 4 SQL計画管理

Automatic Indexingの検証と決定

- Identify Candidates (候補索引の特定)
 - オプティマイザ統計から判断する
- Verify (検証)とDecide (索引の決定)
 - 実際に索引を作成してオプティマイザ・コストで比較する
 - 性能が劣化する一部のSQLは索引を使用させない



最適な索引の作成

- オプティマイザ統計を最新の状態に(収集する頻度)
- 列統計の精度(拡張統計とヒストグラム)

SQLパフォーマンスの低下を防ぐ

- SPMの計画ベースライン(非効率な計画は使用しない)

アジェンダ

- 1 Automatic Indexingの検証と決定
- 2 オプティマイザ統計の収集**
- 3 列統計
- 4 SQL計画管理

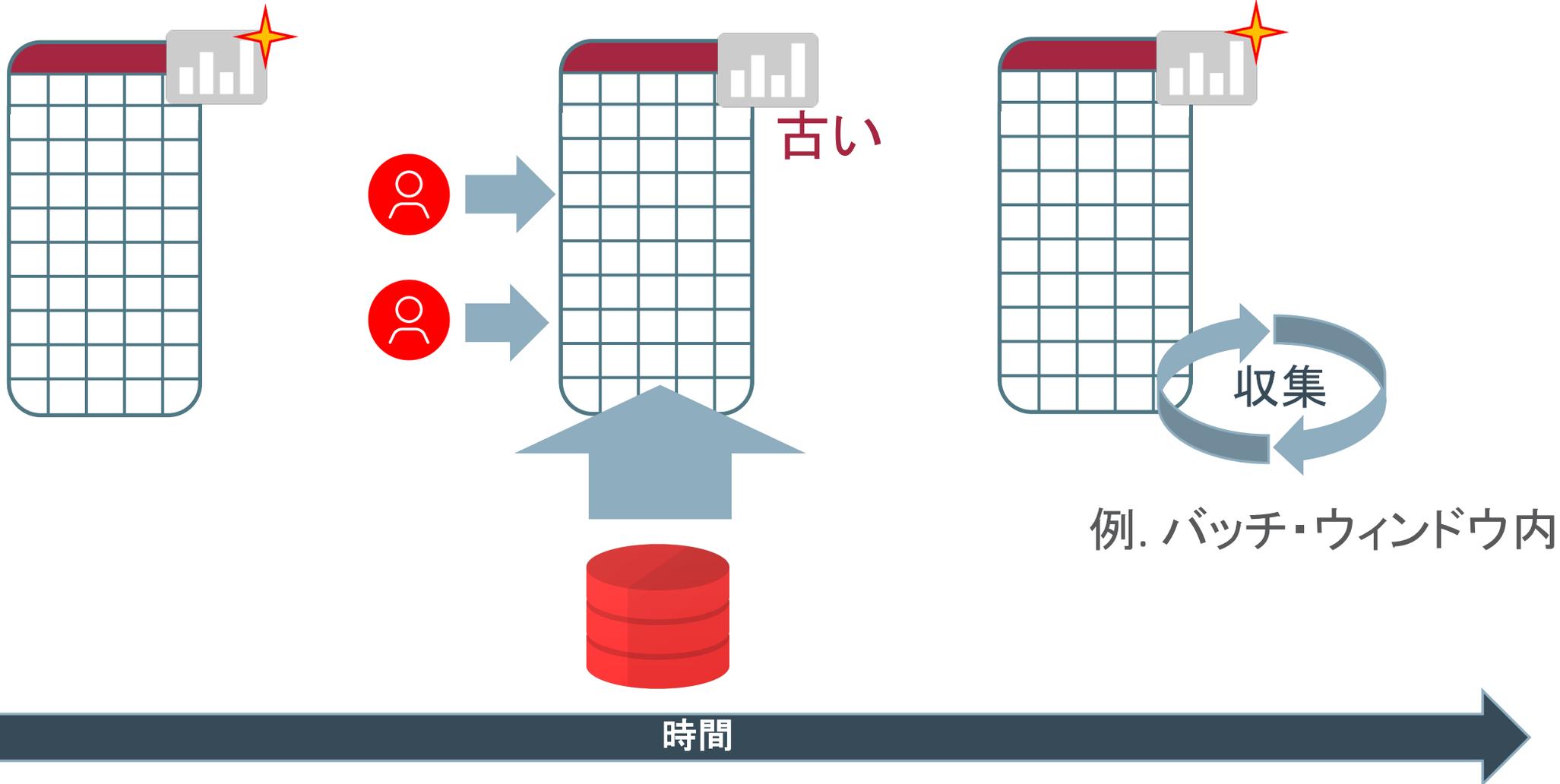
オプティマイザ統計の収集

オプティマイザ統計

- 統計は、基礎となるデータについてOracleオプティマイザに伝える
 - 最小/最大値, 行数, number of distinct values (NDV) など
- これにより、オプティマイザは最適なSQL実行計画を見つけることができる
- 統計は基礎となるデータを正確に表している
- ただし、
 - データは常に変化している可能性がある
 - 統計の収集はリソースを大量に消費し、時間がかかることがある
- 従って、
 - 統計情報は、基礎となるデータに表されている値よりも **古い** 可能性がある

オペティマイザ統計の収集

統計を維持するための伝統的なモデル



オプティマイザ統計の収集

最新の状態に保つように

- オンライン統計収集の強化
 - バルク・ロードのオンライン統計収集の強化 (ADW、19c)
 - パーティション表に対するExchangeパーティション(ロード)のグローバル統計収集
 - リアルタイム統計
- 自動オプティマイザ統計収集の強化
 - 高頻度自動オプティマイザ統計収集(デフォルトは動作しない)

オプティマイザ統計の収集

バルクロードのオンライン統計収集の強化

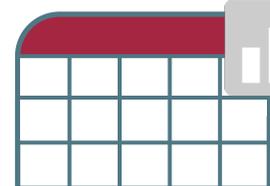
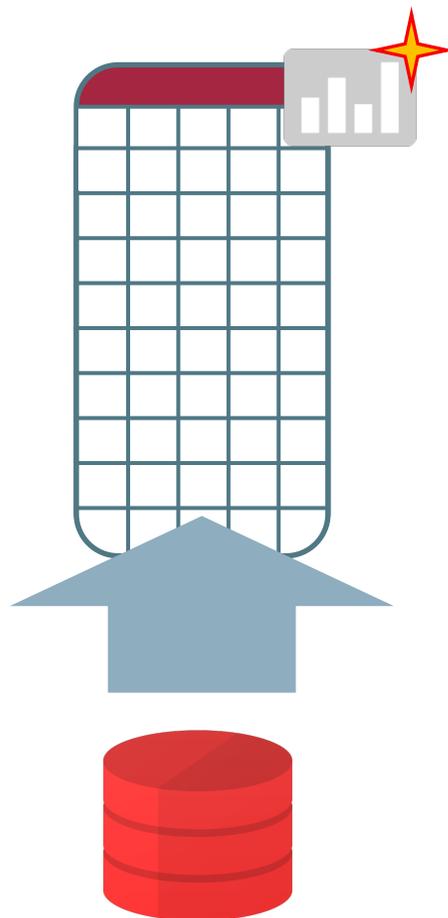
バルクロード中の統計の維持(direct path insert と create table as select)



Oracle Database 12c

空の表

索引とヒストグラムの収集
dbms_stats.gather_table_stats
(options => 'GATHER AUTO')

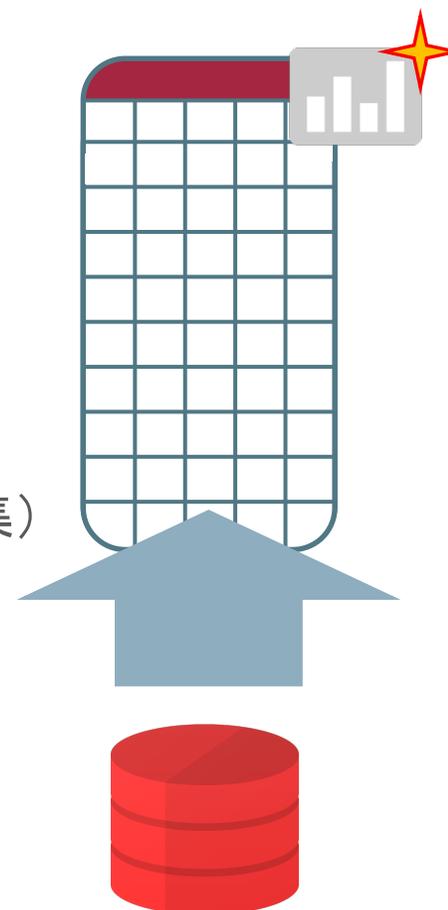


ADW (19cも)

空でない表

(索引とヒストグラムも収集)

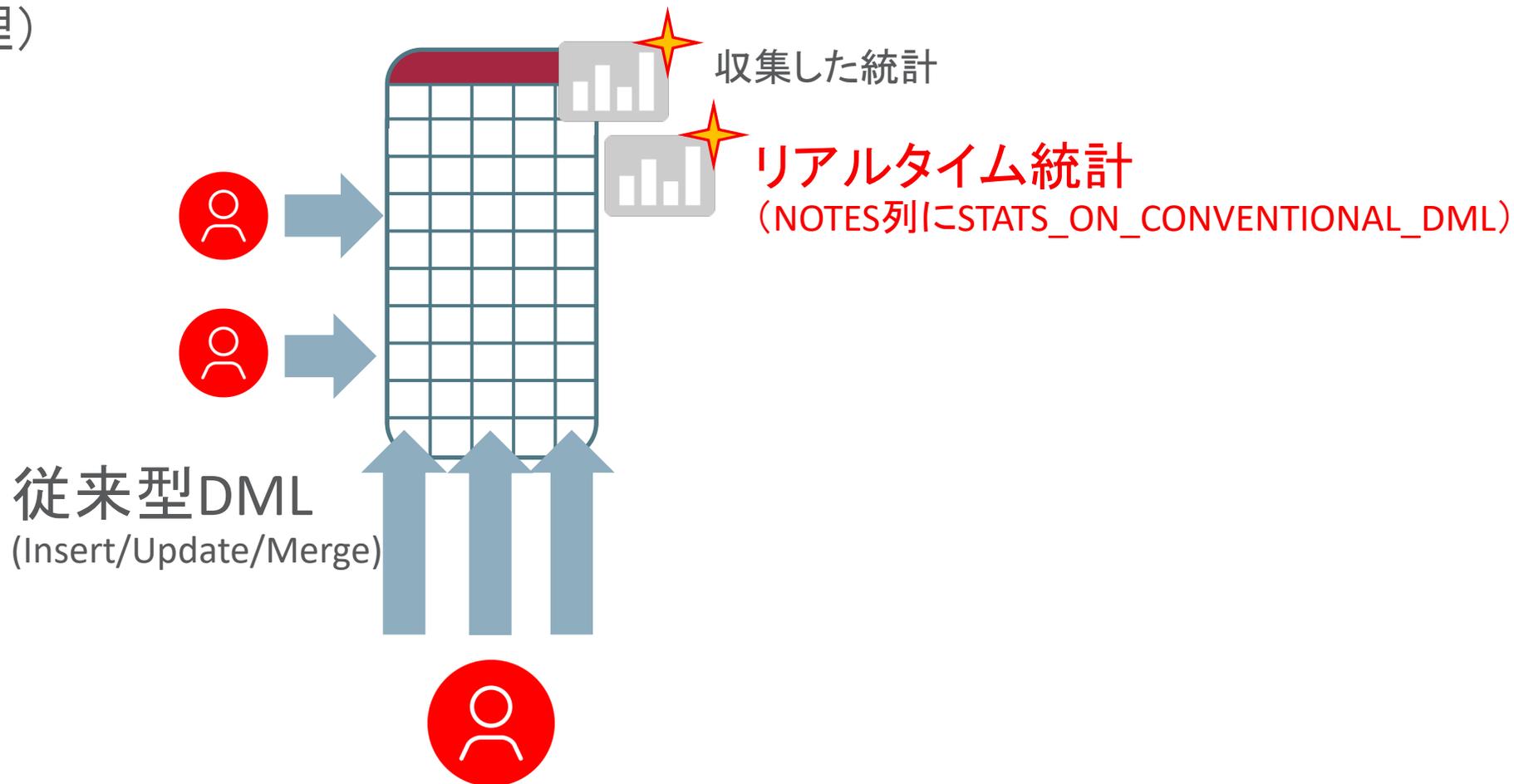
新規ヒストグラムの収集
dbms_stats.gather_table_stats
(options => 'GATHER AUTO')



オプティマイザ統計の収集

リアルタイム統計

統計は、「収集した統計」に対して従来型DMLでも収集される(DBA_TAB_STATISTICSビューなどで別行として管理)



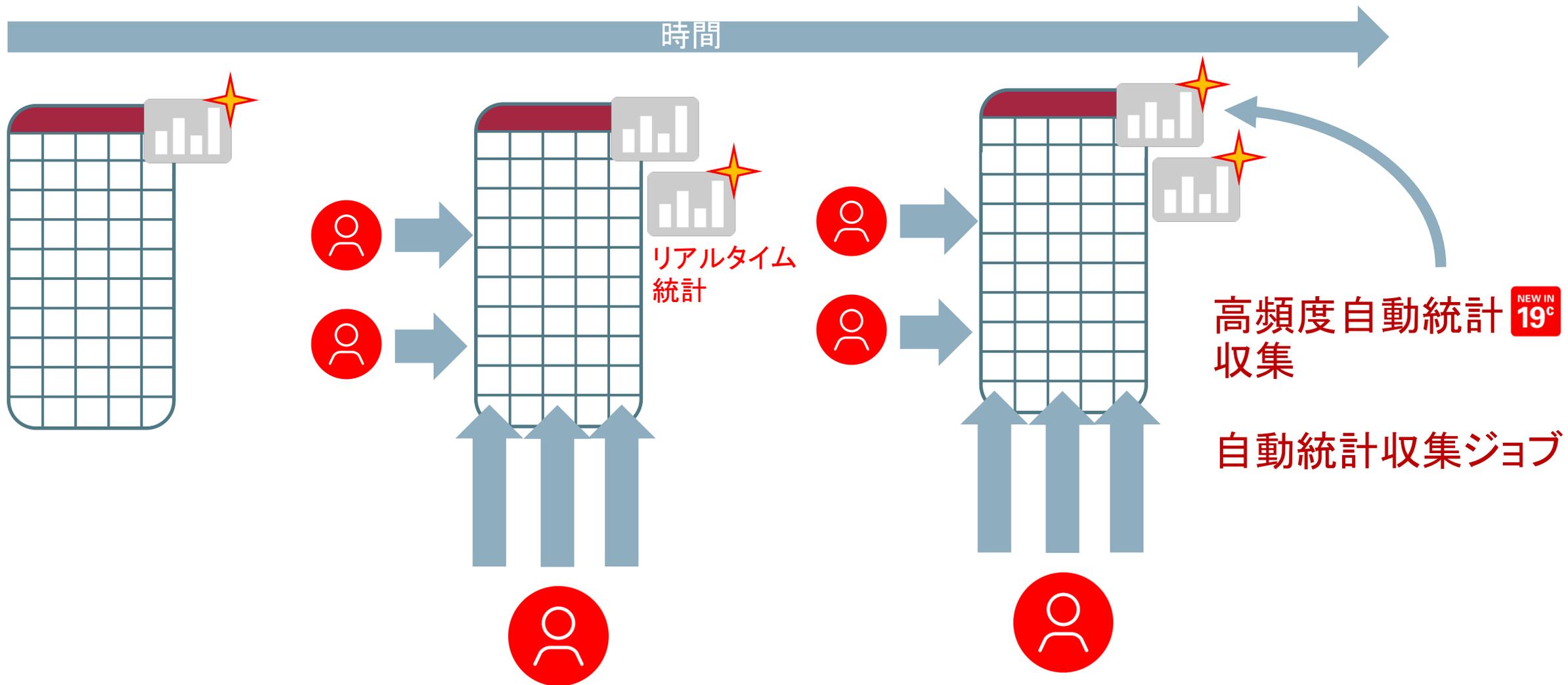
オペティマイザ統計の収集

リアルタイム統計

- DML中の統計収集は**わずかなオーバーヘッドで高速実行の必要がある**
 - 最も重要な統計が集められる
 - Min, Max, Num_rows など(すべてのデータを参照する必要がない値)
- **最悪な実行計画による性能低下を避ける(例えば、範囲外条件を避ける)**
 - 最大値が「2018-01-31」のときの述語(WHERE sales_date='2018-12-02')
 - 述語値と最大値の間の距離に基づいてカーディナリティを計算する
 - 値が最大値から遠いほど選択性は低くなる
- **残りの統計は以下の収集まで延期されます...**
 - 高頻度自動統計収集
 - 自動統計収集ジョブ

オペティマイザ統計の収集

リアルタイム統計と高頻度自動統計収集



オプティマイザ統計の収集

高頻度自動オプティマイザ統計収集

- データが頻繁に変更される場合に古くなるオプティマイザ統計を改善
 - 手動で統計収集する必要がない
 - 自動オプティマイザ統計収集だけでは古い統計によりパフォーマンス問題になる可能性があった
- 標準の自動統計収集ジョブを補完する
 - 標準の自動統計収集ジョブ中は実行されない
 - より頻繁に発生するように自動統計収集を構成できる
 - デフォルトでは、15分ごとに収集が行われる
 - 高頻度タスクは自動統計収集より「軽量」で失効した統計(10%を超える変更)のみを収集する
 - 存在しないオブジェクトの統計のパーズやオプティマイザ統計アドバイザの起動などは行われない

オプティマイザ統計の収集

高頻度自動オプティマイザ統計収集(タスクの設定と確認)

- 以下のDBMS_STATS.SET_GLOBAL_PREFSパラメータでタスクの設定を行う
 - AUTO_TASK_STATUS: 高頻度タスクの有効化(デフォルトはOFF)
 - AUTO_TASK_MAX_RUN_TIME: 最大実行時間(デフォルトは3600秒)
 - AUTO_TASK_INTERVAL: 実行頻度(デフォルトは900秒)
- DBA_AUTO_STAT_EXECUTIONSビューでタスクを確認できる

列	説明
ORIGIN	AUTO_TASK: 自動オプティマイザ統計収集タスク HIGH_FREQ_AUTO_TASK: 高頻度自動オプティマイザ統計収集タスク
START_TIME / END_TIME	開始時間と終了時間
TIME_OUT / IN_PROGRESS	統計収集がタイムアウトしたオブジェクト数と進行中のオブジェクト数

アジェンダ

- 1 Automatic Indexingの検証と決定
- 2 オプティマイザ統計の収集
- 3 列統計
- 4 SQL計画管理

列統計

自動で収集されないもの

- 拡張統計

- 列グループと式に関する統計を収集するためのメカニズムを提供する

- 列グループの相関関係や式の影響が分からない
 - ファンクション索引や複数列索引の効果が分からない

- ファンクション索引

- 式統計

- 複数列索引

- 列グループ統計

- バケット255以上のヒストグラム

- 異なる値が多い列のカーディナリティ(述語を適用した行数)が不正確に

- 各バケットに異なる値を格納した方が正確

列統計

拡張統計(列グループ統計)

- 同じ表の異なる列に格納されているデータ間の相関関係をオプティマイザに提供する
 - 例: '顧客'表の'住所'列と'年代'列など
 - 列グループ統計がないと相関関係がないものとして計算される
 - 等価条件のカーディナリティ=行数*1/NDV(住所)*1/NDV(年代)
 - 等価条件とIN-LISTの場合のみ使用
- SQL計画ディレクティブから自動生成(12cから)
 - 12.2からDBMS_STATSプリファレンスAUTO_STAT_EXTENSIONSで制御(デフォルトOFF)
- 自動列グループ検出(11gR2から)

列統計

統計フィードバックとSQL計画ディレクティブ

```
Select *  
FROM customers  
where state ='CA'  
AND country='USA';
```

1 SQL文が提出された



2 オプティマイザが実行計画を決定する

3 実行中にカーディナリティ見積りが間違っていることがわかりディレクティブが作成された

SGA

ディレクティブ・キャッシュ
Directive: 列state, countryが使用されている場合にcustomers表にDSを使用する

SHARED_POOL
Cursor 0: Select * from customers
IS_REOPTIMIZABLE = Y



SYSAUX表領域

列統計

統計フィードバックとSQL計画ディレクティブ

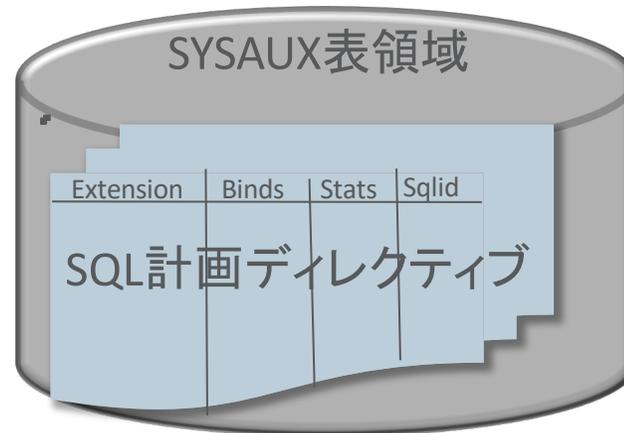
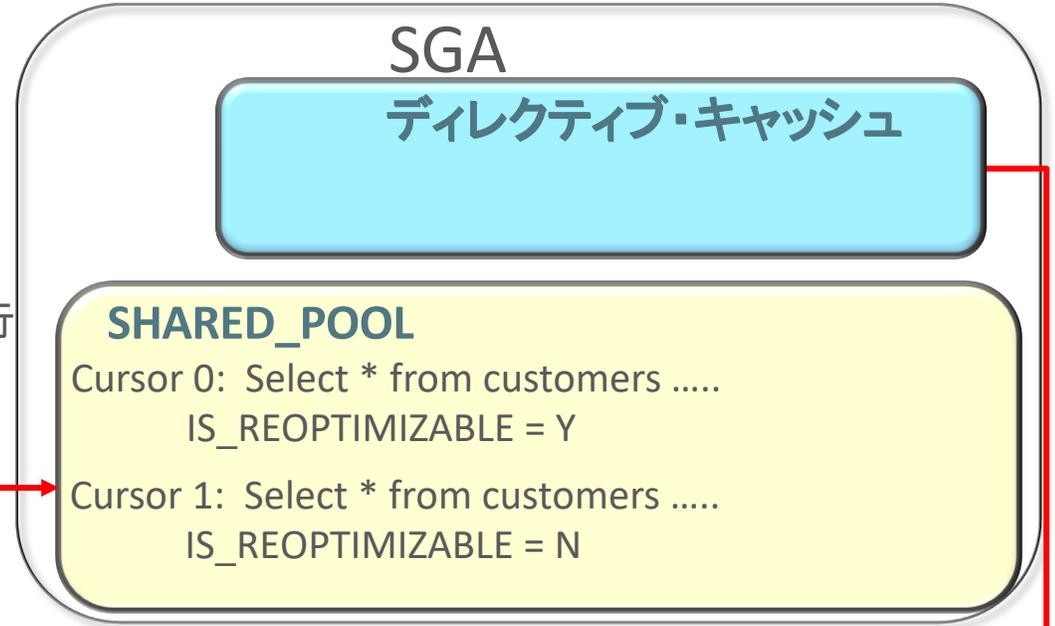
```
Select *  
FROM customers  
where state='CA'  
AND country='USA';
```



4 同じSQL文が再度提出された

5 オプティマイザは実行統計を使用して新しい実行計画を決定する

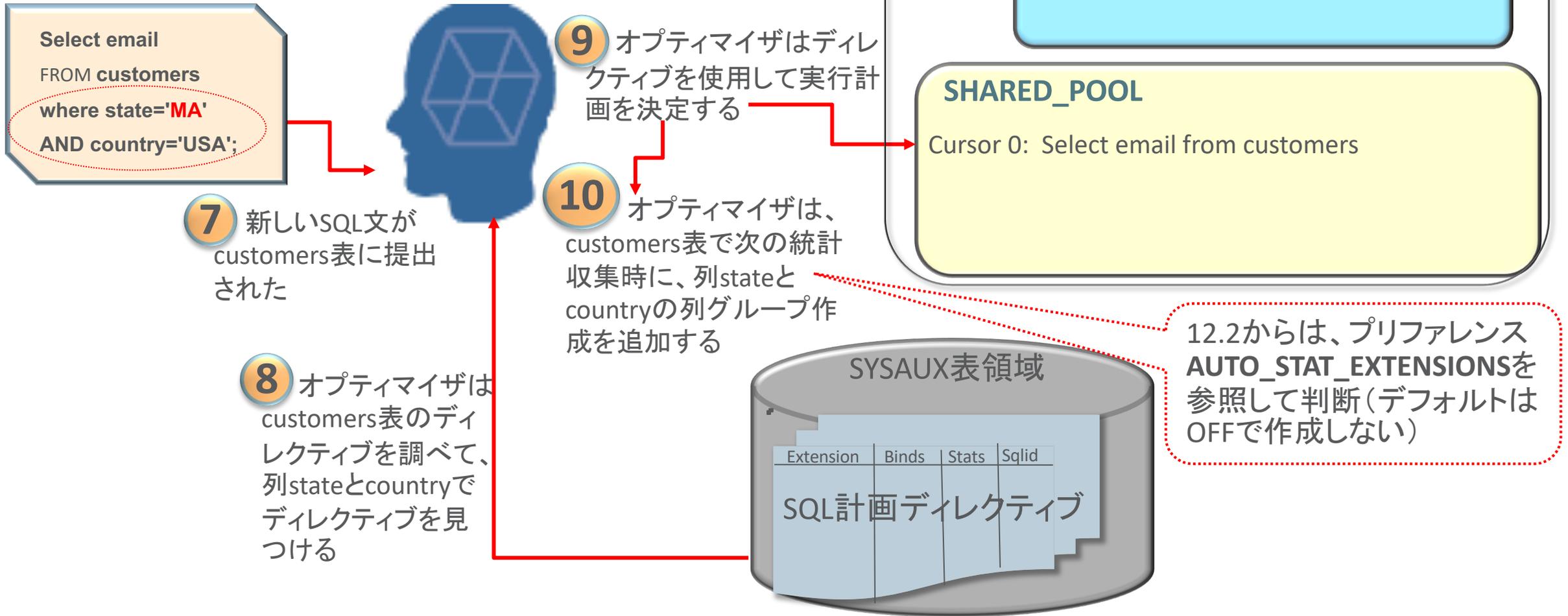
6 次回からの実行では子カーソル1が使用される



ディレクティブはSYSAUX表領域内のディスクに定期的に格納する

列統計

統計フィードバックとSQL計画ディレクティブ



列統計

自動列グループ検出と作成 (第49回)

1. 列グループのキャプチャー開始

– EXEC dbms_stats.seed_col_usage(NULL, NULL, 300);

2. ワークロードを実行する

– 作成する列グループやヒストグラムをオプティマイザに検出させる

3. 表のカラム使用情報を確認する

– SELECT dbms_stats.report_col_usage(user, 'customers') FROM dual;

4. 使用状況に基づいて列グループを作成

– SELECT dbms_stats.create_extended_stats(user, 'customers') FROM dual;

これ以降は、統計収集するたびに、列グループの統計が自動的に管理される

列統計

拡張統計(式統計)

- 式の中に列が埋め込まれている述語のカーディナリティ見積りに役立つ
 - Where UPPER(氏名) = :B1
 - 式の影響が分からない(ファンクション索引の効果が分からない)
- 明示的に式統計を作成する必要がある
 - 仮想列を作成しても式統計が収集される
 - 12cR2の自動インメモリ式は自動的に行う
- BIツールの使用でよく見る
 - BIツールで仮想列を使用しているなど

列統計

式の統計(Expression Statistics)

- SELECTリスト、WHERE句、GROUP BY句などの演算式を格納
 - DBA_EXPRESSION_STATISTICSで参照可能

```
SQL> SELECT c3 FROM abc1 WHERE c1+c2 < 105;
SQL> exec DBMS_STATS.FLUSH_DATABASE_MONITORING_INFO;
SQL> SELECT table_name, expression_id, snapshot, evaluation_count, fixed_cost, dynamic_cost, expression_text, last_modified
       2 FROM dba_expression_statistics WHERE table_name = 'ABC1';
```

TABLE_NAME	EXPRESSION_ID	SNAPSHOT	EVALUATION_COUNT	FIXED_COST	DYNAMIC_COST	EXPRESSION_TEXT	LAST_MOD
ABC1	1.6850E+19	LATEST	1	3.1710E-08	0	"C3"	16-09-09
ABC1	1.1808E+19	LATEST	1	1.5855E-06	0	"C1"+"C2"	16-09-09

- オプティマイザ統計には反映されない
- DBIMのIn-Memory Expressionsで使用され仮想列を作成する

列統計

ヒストグラム

- データ分布の詳細を提供するように設計されている
- SQLの使用法に基づいて自動的に作成される
 - 述語と結合で使用される列を追跡してsys.col_usage\$に格納
 - 次回の統計収集時にヒストグラムが作成される
- 12cの新機能
 - 最大バケット数が2048(デフォルトは254のまま)
 - ヒストグラムは、人気のある値(多く存在する値)のカーディナリティを過小評価する可能性がある
 - AUTO_SAMPLE_SIZEで全表スキャンを使用して作成する(人気のない値がより正確に)
 - 12cからの新しいヒストグラム・タイプを使用できるようにする(第35回)
 - 上位頻度ヒストグラムは、人気のある値に正確な情報を提供するために、統計的に重要でない値を無視
 - エンドポイント値が複数バケットにまたがることを許可しないハイブリッド・ヒストグラム(エンドポイント値の数も記録される)

列統計 ヒストグラム

- 種類 (バケット数がデフォルトのとき)
 - 頻度ヒストグラム (Frequency)
 - $NDV \leq 254$ の列の場合
 - 上位頻度ヒストグラム (Top-Frequency) $\leq 12c$ から
 - $NDV > 254$ だが行の大部分の値の数 ≤ 254 の列の場合 (行の大部分の値の割合 \geq 内部しきい値)
 - 内部しきい値: $(1 - (1 / \langle \text{バケット数} \rangle)) * 100$
 - ハイブリッド・ヒストグラム (Hybrid) $\leq 12c$ から
 - 上位頻度ヒストグラム以外の場合
 - 高さ調整ヒストグラム (Height Balanced)
 - $NDV > 254$ のとき `AUTO_SAMPLE_SIZE` 以外で作成された場合
- 見積もり行数が正しくないときにはバケット数を明示的に指定する
 - `FOR ALL COLUMNS SIZE <バケット数>`

アジェンダ

- 1 Automatic Indexingの検証と決定
- 2 オプティマイザ統計の収集
- 3 列統計
- 4 SQL計画管理

SQL計画管理 (SPM)

実行計画の制御

- 実行計画の予測不可能な変化は、多くの理由で発生する可能性がある (新しい統計、パラメータの変更、ソフトウェアのアップグレード)
 - 性能の向上であれば問題ないが低下することもある
- 11gより前は、重要な計画または統計を「凍結」する必要があった (プラン・スタビリティ、統計のロック)
 - 将来は性能が問題になるリスクがある
- 11gのソリューション
 - オプティマイザは「実行計画」を自動的に管理する
 - 問合せの低下を防ぐためにSQL計画を安定させる (遅い実行計画を使用しないように)
 - 既知の検証済みの計画 (計画ベースライン) のみを使用される
 - 新しい計画は自動的に取得されるが、検証されるまで使用されない

SQL計画管理 (SPM)

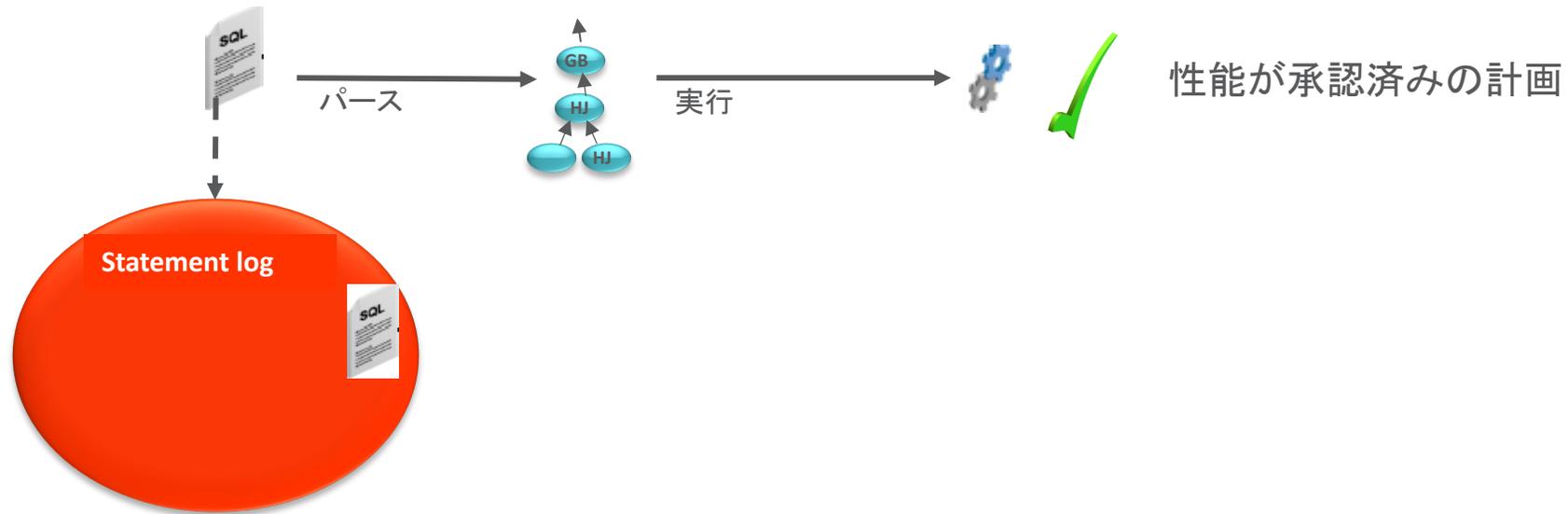
実行計画の制御 (機能の強化)

- 11gより前: プラン・スタビリティ (ストアド・アウトライン)
- 11g: SPM (SQL Plan Management) の提供
- 12c: SPM展開アドバイザ (自動承認) の追加
- 12.2: 自動取得のフィルター機能の追加
- 19c: SPM展開アドバイザの取得方法の強化

SQL計画管理 (SPM)

最初の実行計画

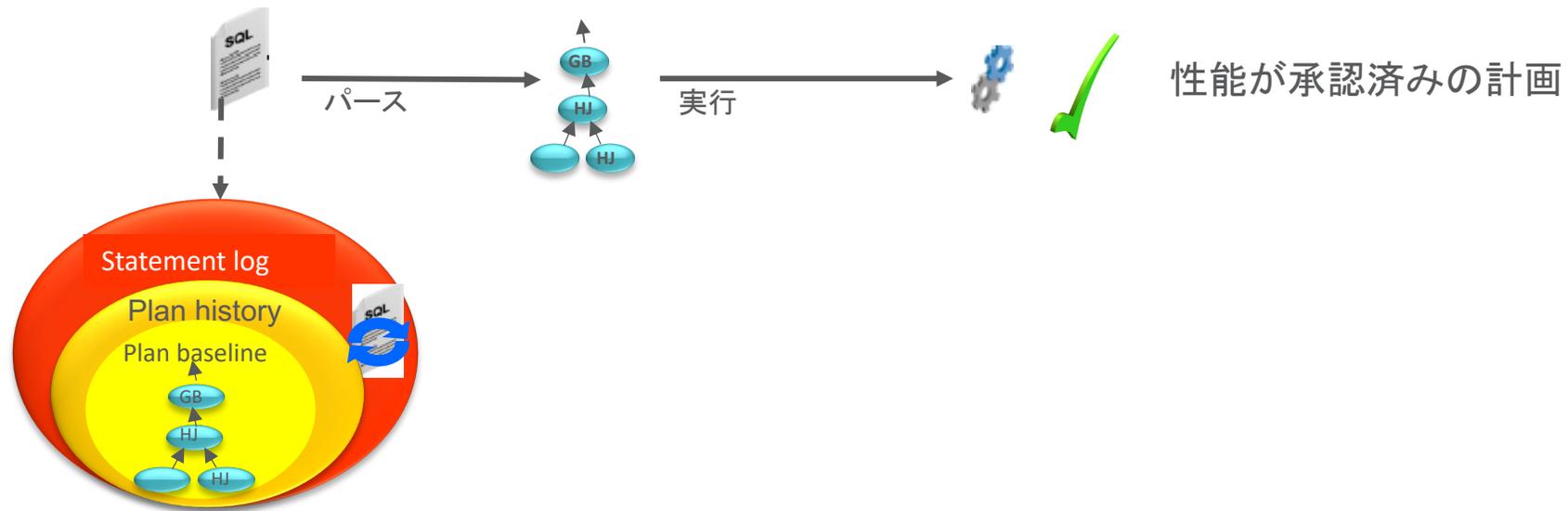
1. SQL文が初めて解析され計画が生成される
2. ログを確認して、これが繰り返し可能なSQL文(2回目以降の実行)であるかどうかを確認する
3. SQL文の署名をログに追加して実行する



SQL計画管理 (SPM)

最初の実行計画 (続き)

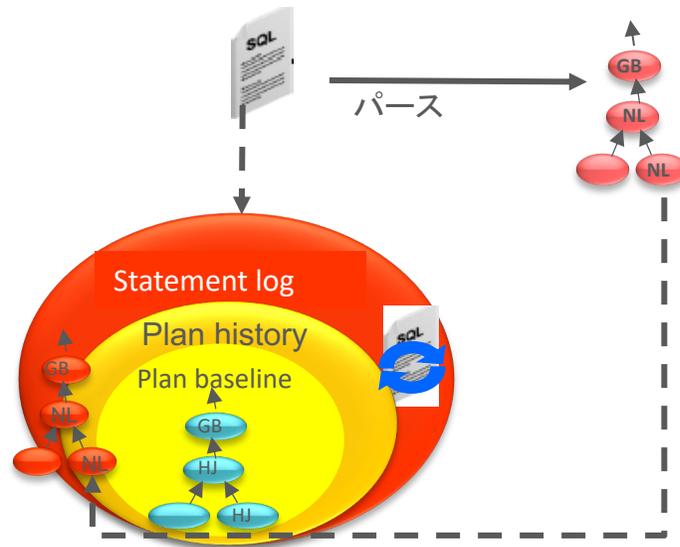
4. SQL文が再度解析され計画が生成される
5. ログを確認して、これが繰返し可能なSQL文であるかどうかを確認する
6. 繰返し可能のとき計画履歴を作成しSQL計画ベースラインとして使用する



SQL計画管理 (SPM)

2つ目以降の実行計画

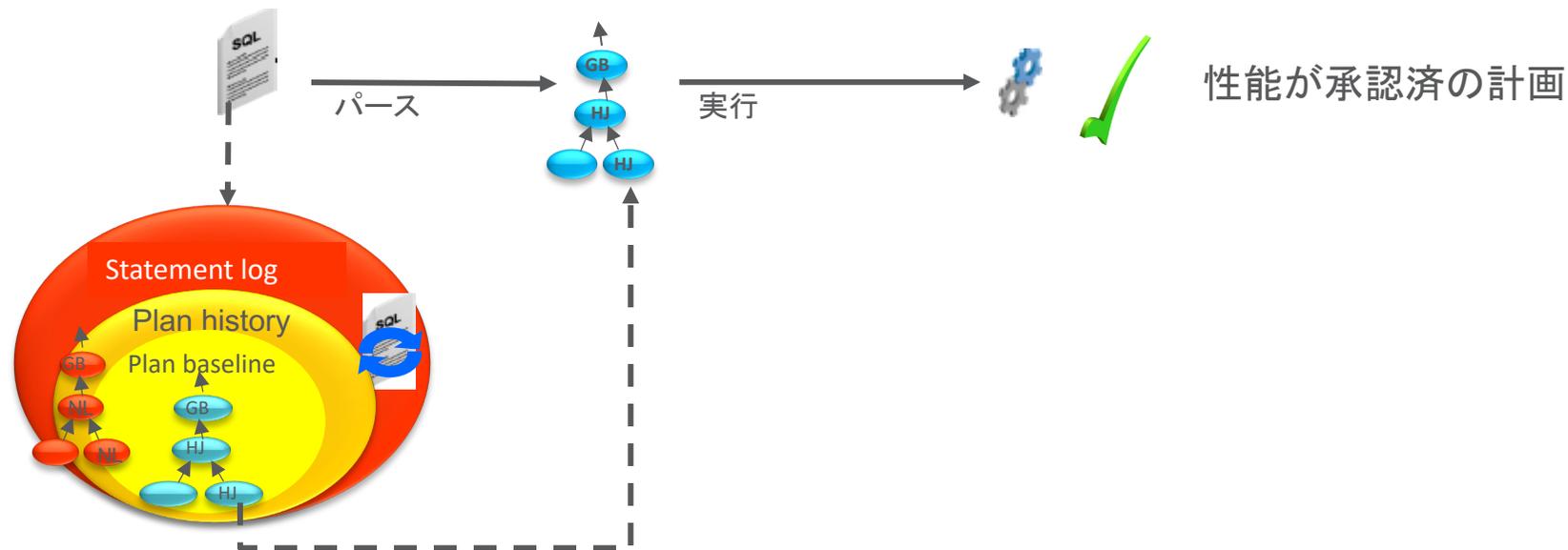
1. 計画が変わる環境の変化(新しい統計など)
2. SQL文が再度解析され新しい計画が生成される
3. 新しい計画は計画ベースラインと同じではない(計画履歴に入れる)



SQL計画管理 (SPM)

2つ目以降の実行計画(続き)

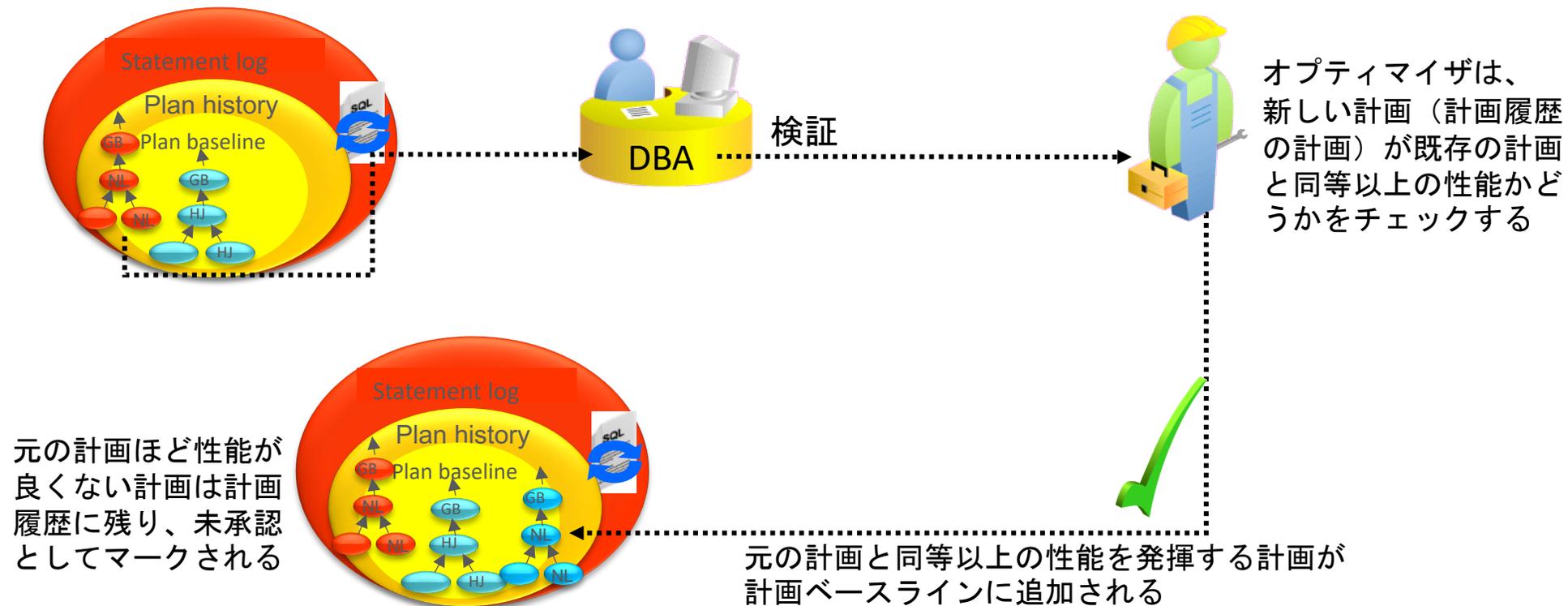
4. 新しい計画は使用されない(検証待ちとなる)
5. 既知の計画ベースラインを実行する(複数のときは最もコストが低い計画を実行)



SQL計画管理 (SPM)

展開 (Evolution)

- 未承認計画 (計画履歴の計画) を検証して承認する
 - dbms_spm.evolve_sql_plan_baseline フังก์ション
 - 特定の期間使用されない計画は自動的に削除される (デフォルトは53週間)



SQL計画管理 (SPM)

自動取得と使用

- 2つの初期化パラメーターによって制御される
 - optimizer_capture_sql_plan_baselines
 - 繰り返し可能なSQL文のSQL計画ベースラインの自動取得を制御する
 - デフォルトがFALSEに設定されている
 - optimizer_use_sql_plan_baselines
 - オプティマイザによる既存のSQL計画ベースラインの使用を制御する
 - デフォルトがTRUEに設定されている

デフォルトでは動作しない

SQL計画管理 (SPM: SQL Plan Management)

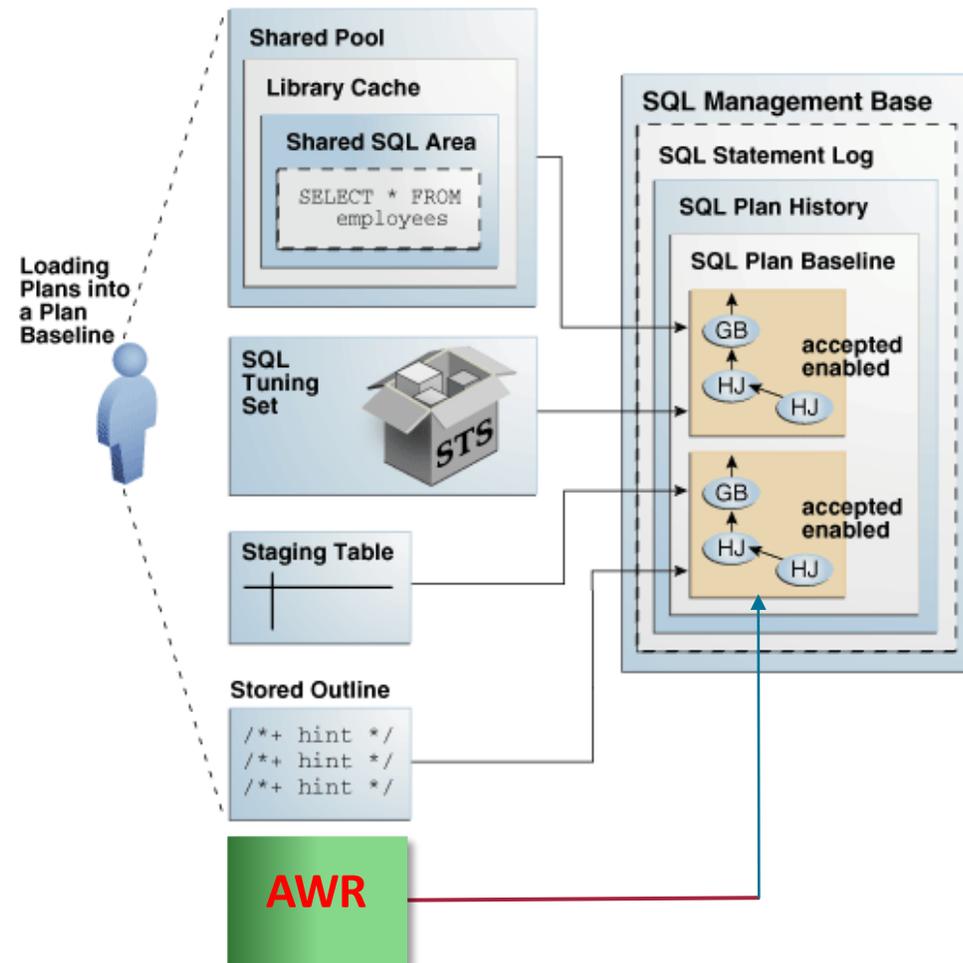
SQL計画ベースラインの手動取得

- Cursor Cache (SQLチューニングでも使用: **第38回**)
- SQL Tuning Sets
- Staging Tables
- Stored Outlines

- AWR reports (**12.2から**)

手動で計画ベースラインが設定されると、自動取得がFALSEでも新しい計画(異なる計画)は計画履歴に格納される(計画ベースライン使用指定のとき)

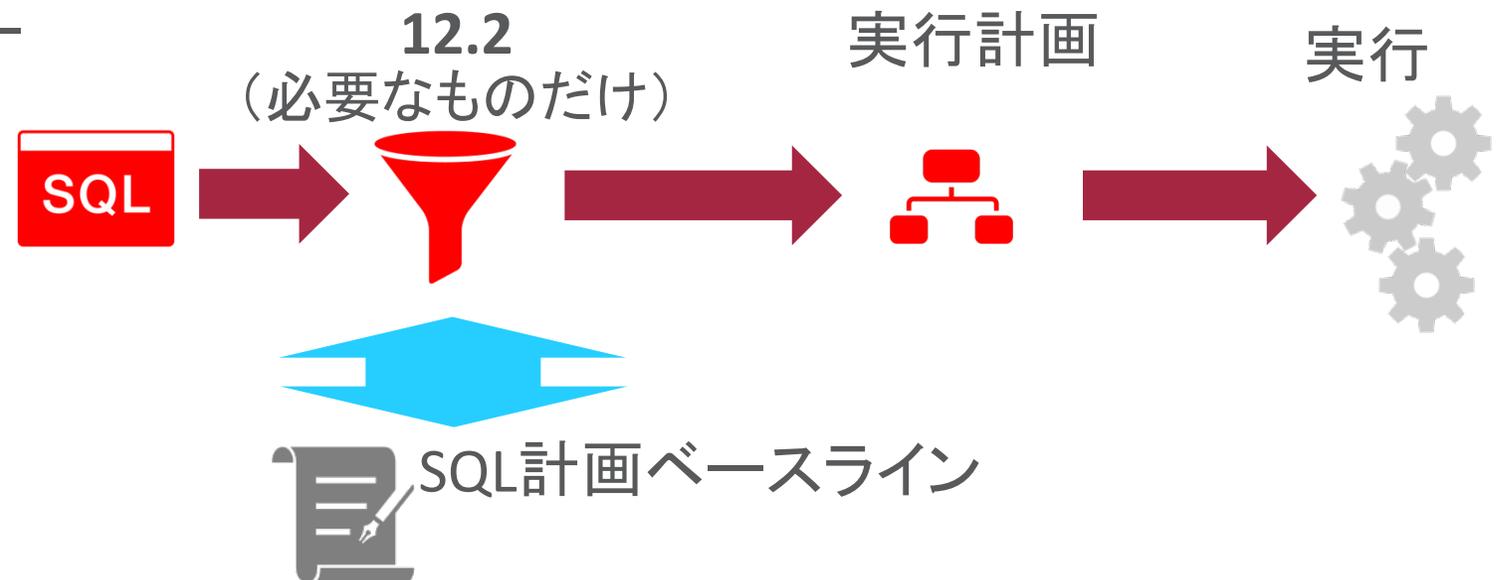
- 特定のSQLのみを対象にできる



SQL計画管理 (SPM)

SQL計画ベースラインの自動取得

- 12cまでは、自動取得はすべての繰返し可能な問合せに適用される
 - 多くの重要でない問合せを含みSYS_AUX表領域を無駄にする
- 12.2では、必要なものだけを取得する
 - 特定のアプリケーションとスキーマ
 - 必要なSQL文をフィルター
 - SQL Text
 - Parsing Schema
 - Module
 - Action
 - 性能まで判断できない



SQL計画管理 (SPM)

SPM展開アドバイザー (SPM Evolve Advisor) - 12cから

- メンテナンス・ウィンドウで実行される新しい自動展開タスク
 - すべての非承認計画をランク付けし、展開プロセスを実行する
 - 新しく見つかった計画は最もランクが高くなる
 - 新しい計画が既存の計画よりも優れている場合、自動的に受け入れられる
 - 新しい計画が既存の計画よりも悪化する場合、受け入れられないままになる
 - パフォーマンスの悪い計画は30日間は再試行されない(その後、SQL文がアクティブな場合に再試行する)
 - 自動取得を使用して実行計画を取得
 - 手動でベースラインが設定されると自動取得でなくても新しい計画が未承認として取得される
 - 自動SQLチューニング・タスクで制御
- 手動での展開タスクも可能に(以下のDBMS_SPMファンクション)
 - レポートで推奨事項を確認できるように
 - CREATE_EVOLVE_TASK, EXECUTE_EVOLVE_TASK, REPORT_EVOLVE_TASK, IMPLEMENT_EVOLVE_TASK

SQL計画管理 (SPM)

SPM展開アドバイザー (SPM Evolve Advisor)

optimizer_capture_sql_plan_baselines

自動計画取得
(2回以上実行)

実行計画の
フィルター
(12.2から)

SPM展開アドバイザー

① 未承認の計画をチェック
(メンテナンス・ウィンドウ)

② 既存の計画より優れているかのチェック
(テスト実行)

④ 元の計画よりも性能が良くない
計画は計画履歴に残り、未承認
とマークされlast_verifiedが更新
される

③ 推奨された (元の計画より性能
が優れている) 計画は計画ベー
スラインに追加する

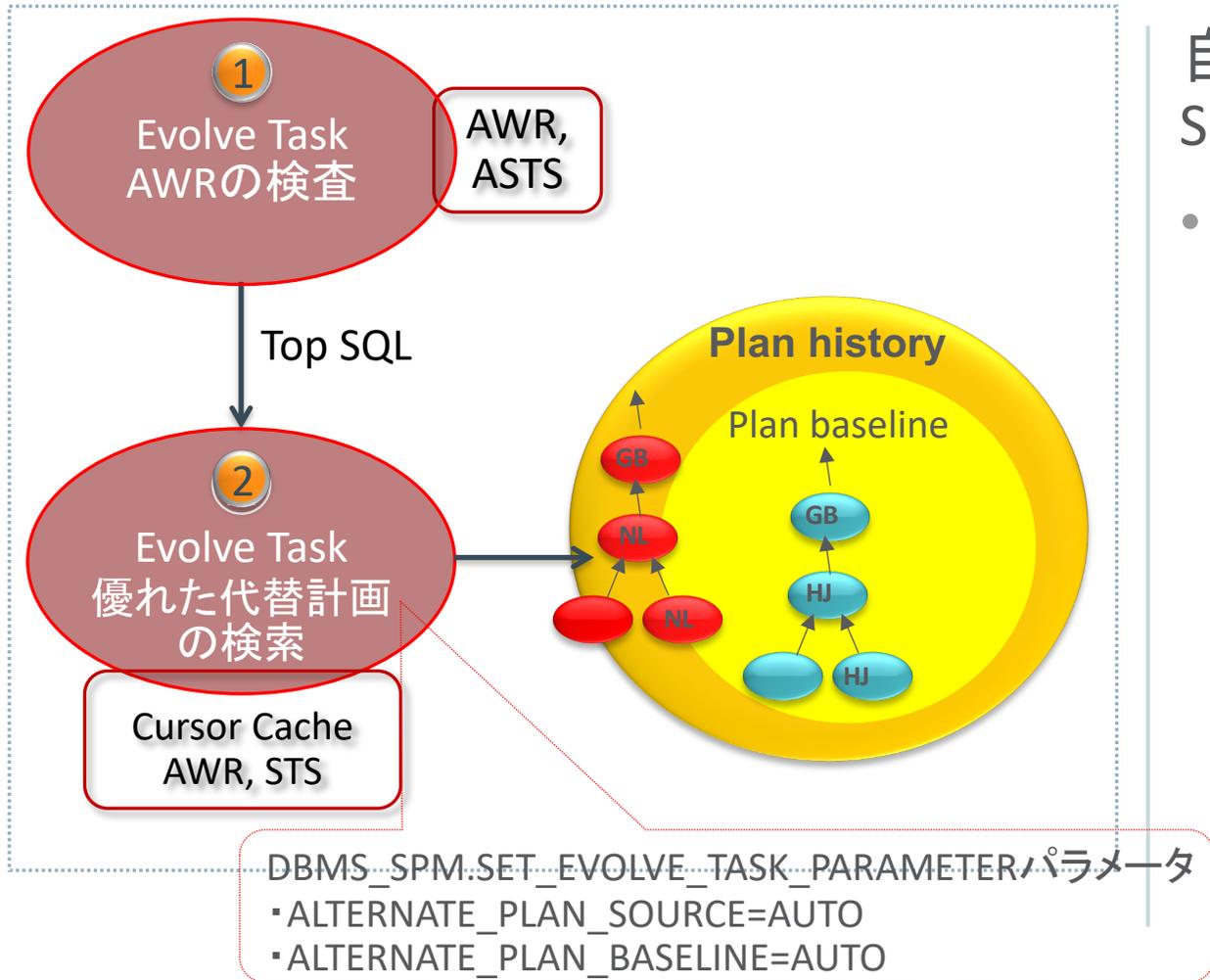
SQL計画管理 (SPM)

SPM展開アドバイザー (SPM Evolve Advisor) - 12.2から

- 計画履歴以外の代替計画を探す機能 (デフォルトはOFF)
 - DBMS_SPM.SET_EVOLVE_TASK_PARAMETERのFIND_NEW_PLANSパラメータ
 - 代替計画を探すリポジトリ (Cursor Cache, AWR, STS)
 - ALTERNATE_PLAN_SOURCE (デフォルトは 'CURSOR_CACHE+AUTOMATIC_WORKLOAD_REPOSITORY')
 - ベースラインがないSQLの代替計画をロードするか (EXISTING, NEW)
 - ALTERNATE_PLAN_BASELINE (デフォルトは、EXISTINGでベースラインがないSQLはロードしない)

SQL計画管理 (SPM)

SQL計画リグレッションの自動解決



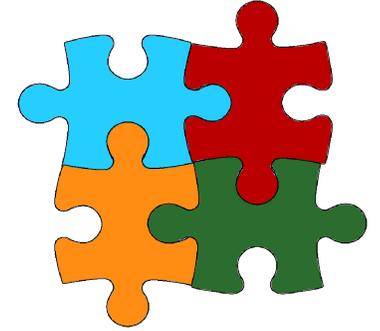
自動SPM展開アドバイザーが性能に影響するSQLのみを対象に拡張された

- 高い負荷のSQLを使用可能なすべてのリポジトリから代替計画を検索することで、性能低下SQLを自動改善する
 - 自動計画取得の代わりにAWRから上位SQL(影響が大きいSQL)を取得(自動取得と一緒に可)
 - ASTSからも(Auto Indexingのこれが使用可能なとき)
 - 新しいAUTOモードの追加(これがデフォルトに)
 - 計画履歴にない代替計画を使用可能なすべてのリポジトリから検索(ベースラインがないSQLでも)
 - ALTERNATE_PLAN_SOURCE、ALTERNATE_PLAN_BASELINE
 - 計画履歴やベースラインが存在しないSQLでも改善可能に

SQL計画管理 (SPM)

展開 (Evolution) の強化

- エンドツーエンドの自動化
- 問題のSQLを自動的に識別する
- 問合せパフォーマンスが低下するリスクを軽減
- 従来の計画取得の代替手段を提供する



まとめ

1. Automatic Indexingの検証と決定にオプティマイザ統計を使用
2. 最新の状態に保つリアルタイム統計と高頻度自動統計収集
3. 自動収集されない拡張統計とヒストグラム
4. 非効率な索引を使用させないSQL計画管理

Safe Harbor Statement

The preceding is intended to outline our general product direction. It is intended for information purposes only, and may not be incorporated into any contract. It is not a commitment to deliver any material, code, or functionality, and should not be relied upon in making purchasing decisions. The development, release, timing, and pricing of any features or functionality described for Oracle's products may change and remains at the sole discretion of Oracle Corporation.

ORACLE®