Microsoft

SQL Server 2008 自習書シリーズ No.13

インデックスの基礎とメンテナンス

Published: 2008 年 5 月 25 日
改訂版: 2008 年 10 月 27 日
有限会社エスキューエル・クオリティ

SQLQuality
データベース コンサルティング

この文章に含まれる情報は、公表の日付の時点での Microsoft Corporation の考え方を表しています。市場の変化に応える必要があるため、Microsoft は記載されている内容を約束しているわけではありません。この文書の内容は印刷後も正しいとは保障できません。この文章は情報の提供のみを目的としています。

Microsoft、SQL Server、Visual Studio、Windows、Windows XP、Windows Server、Windows Vista は Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標です。

その他、記載されている会社名および製品名は、各社の商標または登録商標です。

© Copyright 2008 Microsoft Corporation. All rights reserved.

目次

STEP 1. インデックスの概要と自習書を試す環境について

この STEP では、インデックスの概要と自習書を試す環境について説明します。

この STEP では、次のことを学習します。

- ✓ インデックスの概要
- ✓ 自習書を試す環境について
- ✓ サンプル スクリプトについて

1.1　インデックス（Index）の概要

インデックスとは

インデックス（Index：索引）は、**"検索のパフォーマンスを向上させるための機能"**で、本の索引のようなものです。たとえば、本の索引（巻末にある単語とページ番号の対応表）を使用すれば、本の中で調べたい単語があったときに、その単語が掲載されているページをすばやく開けますが、索引がない場合には、一度目を通したときの記憶を頼りに探したり、勘で探したり、あるいはページの先頭から該当する単語が見つかるまで探し続けたりしなければならず、大変な時間がかかってしまいます。

テーブルとインデックスの関係についても同じようことが言えます。インデックスを利用すれば、テーブル内のデータをすばやく検索することができますが、インデックスがない場合には、すべてのデータを調べなければならず、大変な時間がかかってしまいます。このことは、インデックスがない場合の内部動作を考えると理解しやすいと思います。

インデックスがない場合の検索時の内部動作

インデックスがないテーブルでは、データがどこに格納されているのかが分かりません。基本的には、データを追加（INSERT）した順に格納されていきますが、データを削除（DELETE）した場合には、その削除された領域は再利用されるので、追加や削除が繰り返される環境では、どこにどのデータが格納されているのかが分からなくなります。これについて、次の「**社員**」テーブルを例に考えてみましょう。

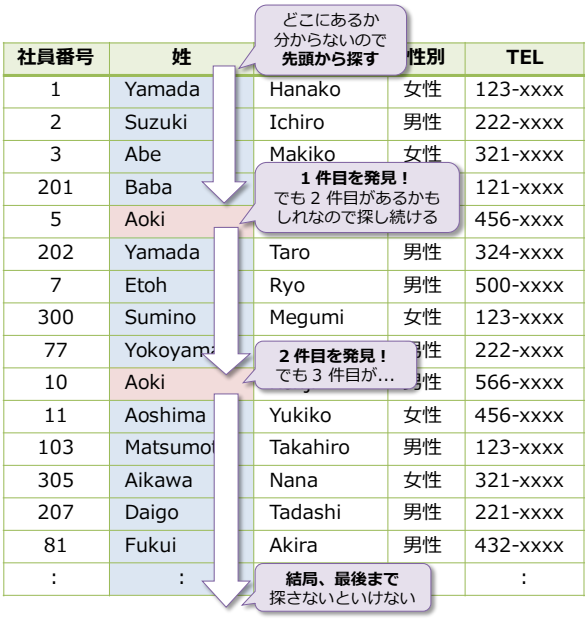
社員番号	姓	名	性別	TEL
1	Yamada	Hanako	女性	123-xxxx
2	Suzuki	Ichiro	男性	222-xxxx
3	Abe	Makiko	女性	321-xxxx
201	Baba	Shiho	女性	121-xxxx
5	Aoki	Taro	男性	456-xxxx
202	Yamada	Taro	男性	324-xxxx
7	Etoh	Ryo	男性	500-xxxx
300	Sumino	Naoko	女性	123-xxxx
77	Yokoyama	Tetsuya	男性	222-xxxx
10	Aoki	Kenji	男性	566-xxxx
11	Aoshima	Yukiko	女性	456-xxxx
103	Matsumoto	Takahiro	男性	123-xxxx
305	Aikawa	Nana	女性	321-xxxx
207	Daigo	Tadashi	男性	221-xxxx
81	Fukui	Akira	男性	432-xxxx
:	:	:	:	:

この社員テーブルには、インデックスを作成していません。このとき、次の SELECT ステートメントを実行して、姓が「**Aoki**」さんの社員を検索したとします。

```
SELECT * FROM 社員 WHERE 姓 = 'Aoki'
```

SQL Server にとっては、「Aoki」さんのデータは、どこにあるのかが分からず、また、何件の「Aoki」さんがあるのかも分かりません。したがって、SQL Server が該当データを検索するには、次のよ

うに先頭から最後まで探し続けなければなりません。



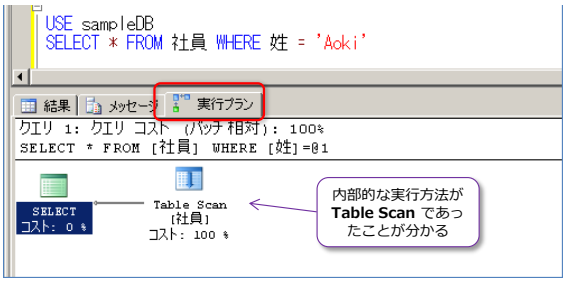
社員番号	姓		性別	TEL
1	Yamada	Hanako	女性	123-xxxx
2	Suzuki	Ichiro	男性	222-xxxx
3	Abe	Makiko	女性	321-xxxx
201	Baba			121-xxxx
5	Aoki			456-xxxx
202	Yamada	Taro	男性	324-xxxx
7	Etoh	Ryo	男性	500-xxxx
300	Sumino	Megumi	女性	123-xxxx
77	Yokoyam		性	222-xxxx
10	Aoki		性	566-xxxx
11	Aoshima	Yukiko	女性	456-xxxx
103	Matsumot	Takahiro	男性	123-xxxx
305	Aikawa	Nana	女性	321-xxxx
207	Daigo	Tadashi	男性	221-xxxx
81	Fukui	Akira	男性	432-xxxx
:	:			:

このように、インデックスが存在しない場合には、どんなデータを検索する場合にも、必ず先頭から最後まで探し続けなければなりません。この動作は「**Table Scan : テーブル スキャン**」、「**全表走査**」、「**全件検索**」などと呼ばれています。テーブル スキャンは、データ量が 1,000 件、2,000 件など少ない場合には、(今のコンピュータの性能では) 瞬間的に結果が返りますが、1,000 万件、1 億件など大量データの場合には大変な実行時間がかかってしまいます。

> **Note : テーブル スキャンの速度はどれくらい？**
>
> テーブル スキャンの速度は、ディスクの読み取り速度（実測値）に大きく依存します。たとえば、テーブル サイズが **500MB** で、ディスクの読み取り速度が **100MB / 秒**だったとすると、テーブル スキャンには最低でも **5 秒**かかるわけです（メモリにキャッシュされていない場合）。また、テーブル サイズが **5GB** だったとすると、最低でも **50 秒**はかかってしまうことになります。このように、テーブル スキャンの速度は、データ量が増えれば増えるほど、非常に時間がかかってしまうので、これを解決するための検索手法が「インデックス」です。

グラフィカル実行プラン

SQL Server には、内部的な実行方法（テーブル スキャンが実行されたか、インデックスが利用されたかなど）を簡単に知ることができる、グラフィカル実行プランという機能があります。



この機能のおかげで、テーブル スキャンが実行される、効率の悪い検索を簡単に調べることができるので、大変便利です。Step 2 以降では、これらの利用方法を具体的に説明します。

1.2　自習書を試す環境について

必要な環境

この自習書で実習を行うために必要な環境は次のとおりです。

OS

Windows Server 2003 SP2（Service Pack 2） 以降 または

Windows XP Professional SP2 以降 または

Windows Vista または

Windows Server 2008

ソフトウェア

SQL Server 2008 Enterprise / Developer / Standard / Workgroup Edition

この自習書内での画面やテキストは、OS に Windows Server 2003 SP2、ソフトウェアに SQL Server 2008 Enterprise Edition を利用して記述しています。

そのほか

この自習書を試すには、サンプル スクリプトをダウンロードして、次のページの事前作業を実行しておく必要があります。

1.3　サンプル スクリプトについて

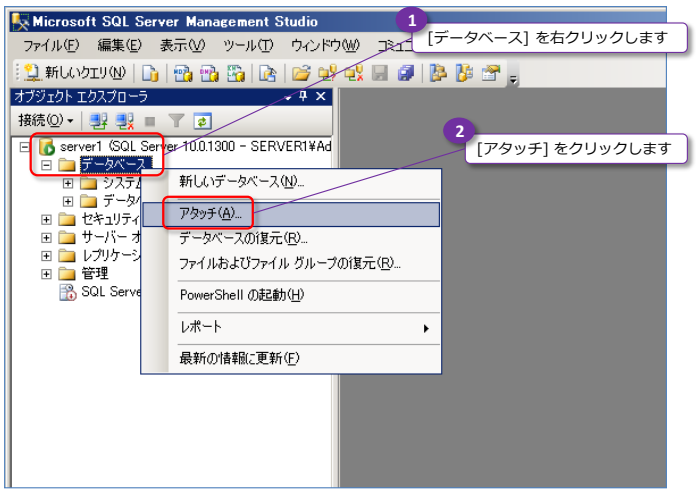
サンプル スクリプトのダウンロードが必須になります

この自習書では、すべての手順でサンプル スクリプトに含まれる「**sampleDB**」データベース（sampleDB.mdf と sampleDB_log.ldf）を利用しますので、Step2 以降を始める前に、必ずこのデータベースを SQL Server 2008 へアタッチしておく必要があります。アタッチの手順は、次のとおりです。

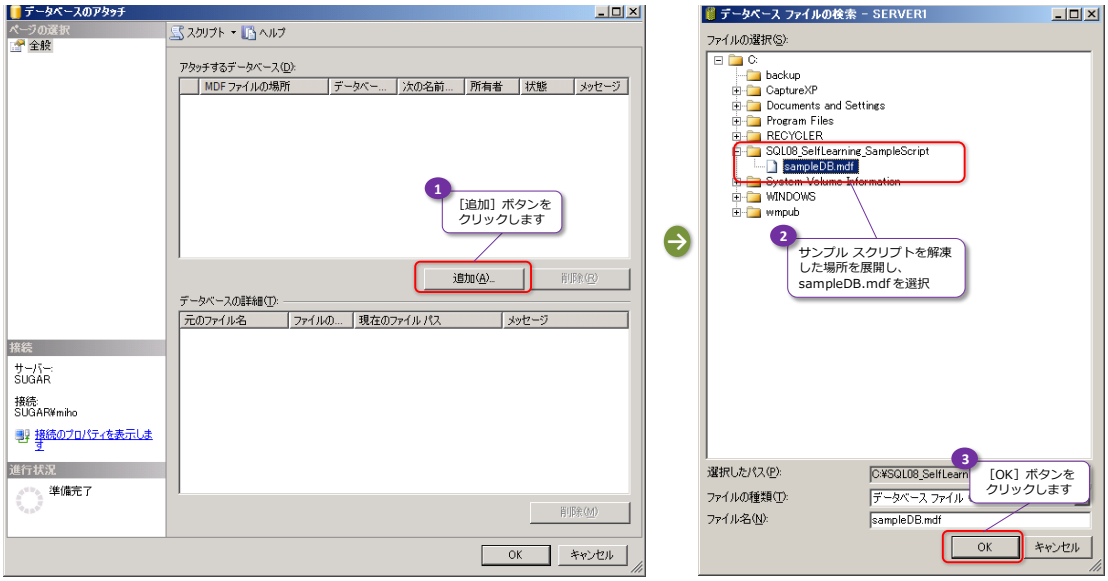
1. [スタート] メニューの [すべてのプログラム] から、[Microsoft SQL Server 2008] を選択して [SQL Server Management Studio] をクリックし、**Management Studio** を起動します。

2. 起動後、[サーバーへの接続] ダイアログで、[**サーバー名**] へ SQL Server の名前を入力し、[**接続**] ボタンをクリックします。

3. 接続完了後、次のように [**データベース**] フォルダを右クリックして [**アタッチ**] をクリックします。

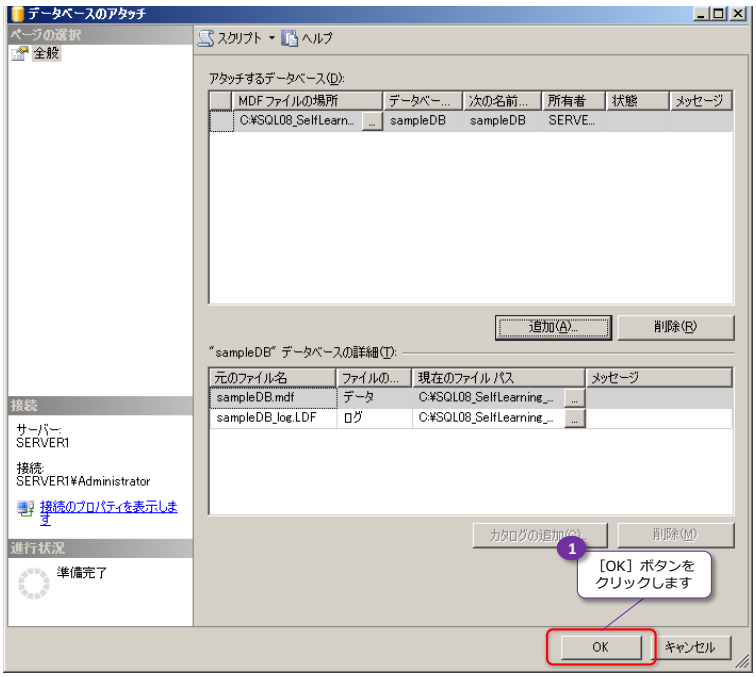


4. すると、次のように [データベースのアタッチ] ダイアログが表示されるので、[**追加**] ボタンをクリックします。



サンプル スクリプトを解凍したフォルダを展開し、「**sampleDB.mdf**」ファイルを選択して [OK] ボタンをクリックします。

5. すると、次のように [データベースのアタッチ] ダイアログへ戻るので、[OK] ボタンをクリックします。



6. 以上でアタッチが完了です。もし、エラーが出る場合は、SQL Server のサービス アカウントに対して、「sampleDB.mdf」ファイルへの NTFS アクセス権限が付与されているかどうかを確認してみてください。

STEP 2. インデックスの基礎

この STEP では、インデックスがない場合の内部動作（テーブル スキャン）の確認や、グラフィカル実行プランの表示方法、インデックスの作成方法などを説明します。

この STEP では、次のことを学習します。

- ✓ インデックスがない場合の検索時の内部動作の確認
- ✓ グラフィカル実行プランの表示
- ✓ インデックスの作成
- ✓ インデックスの構造
- ✓ インデックスの削除と無効化

2.1　インデックスがない場合の検索時の内部動作

インデックスがない場合の検索時の内部動作

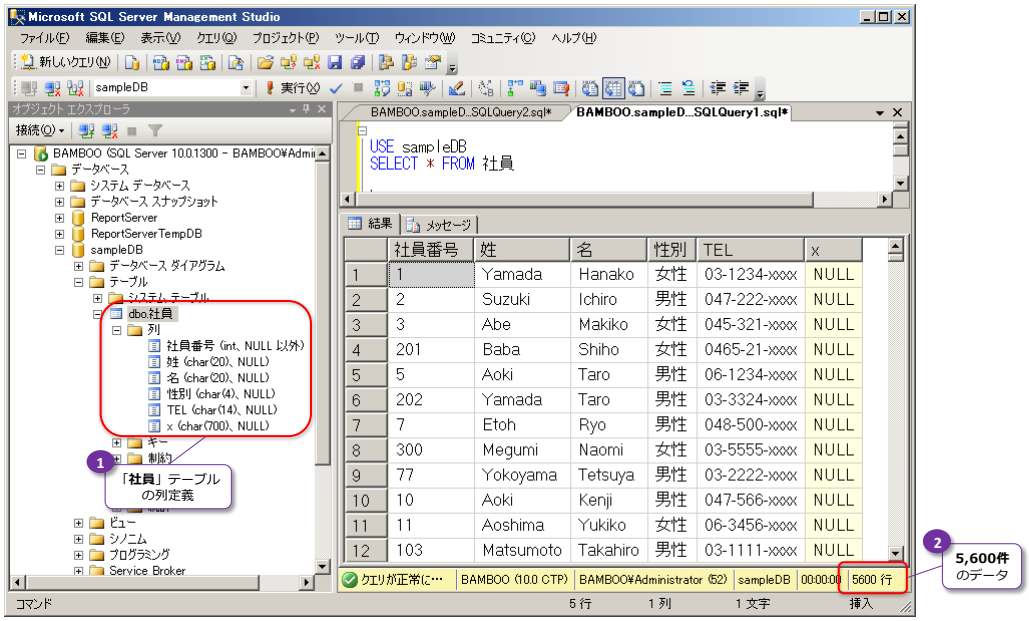
Step1 で説明したように、インデックスが存在しないテーブルでは、どんなデータを検索する場合にも、必ず先頭から最後まで探し続けなければなりません＝**テーブル スキャン**（全件検索）が実行されます。

Let's Try

それでは、これを試してみましょう。

1. まずは、Management Studio を起動して、クエリ エディタを開きます。
2. 次に、Step 1 でアタッチした「**sampleDB**」データベース内へ作成済みの「**社員**」テーブルのデータを確認します。

```
USE sampleDB
SELECT * FROM 社員
```



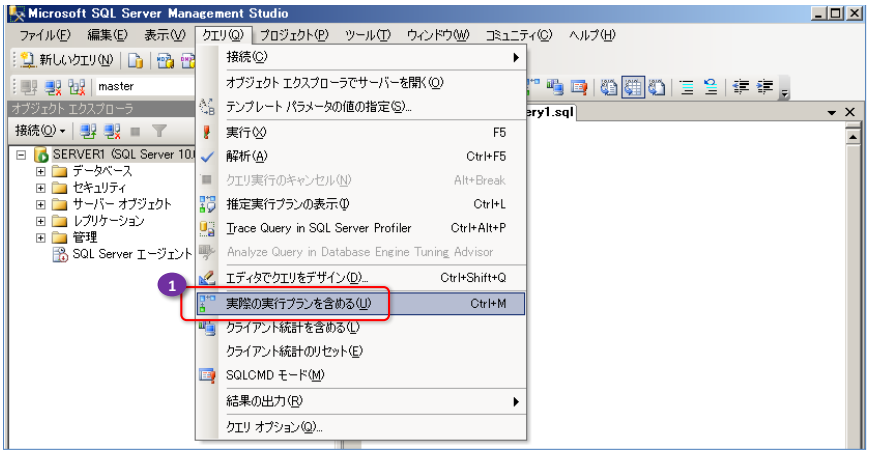
	社員番号	姓	名	性別	TEL	x
1	1	Yamada	Hanako	女性	03-1234-xxxx	NULL
2	2	Suzuki	Ichiro	男性	047-222-xxxx	NULL
3	3	Abe	Makiko	女性	045-321-xxxx	NULL
4	201	Baba	Shiho	女性	0465-21-xxxx	NULL
5	5	Aoki	Taro	男性	06-1234-xxxx	NULL
6	202	Yamada	Taro	男性	03-3324-xxxx	NULL
7	7	Etoh	Ryo	男性	048-500-xxxx	NULL
8	300	Megumi	Naomi	女性	03-5555-xxxx	NULL
9	77	Yokoyama	Tetsuya	男性	03-2222-xxxx	NULL
10	10	Aoki	Kenji	男性	047-566-xxxx	NULL
11	11	Aoshima	Yukiko	女性	06-3456-xxxx	NULL
12	103	Matsumoto	Takahiro	男性	03-1111-xxxx	NULL

このテーブルには、**5,600 件**の社員データを格納してあり、「**社員番号**」や「**姓**」、「**名**」、「**性別**」、「**TEL**」などを格納しています。

グラフィカル実行プランで内部動作の確認

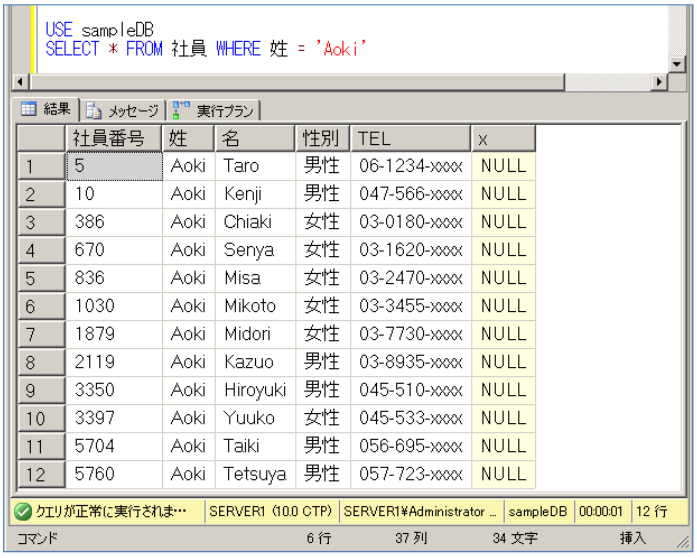
SQL Server では、内部的な処理がどのように実行されたのかを簡単に確認できる「**グラフィカル実行プラン**」という機能があります。これにより、データ検索がどのように実行されたのかを確認することができます。では、これを試してみましょう。

1. グラフィカル実行プランは、Management　Studio で、「**クエリ**」メニューの「**実際の実行プランを含める**」をクリックすることで表示することができます。



2. 続いて、クエリ エディタで次のように入力して、「**社員**」テーブルから「**姓**」列が「**Aoki**」さんのデータを検索してみましょう。

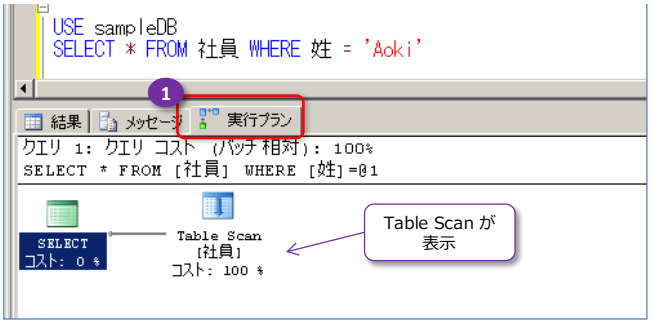
```
USE sampleDB
SELECT * FROM 社員 WHERE 姓 = 'Aoki'
```



	社員番号	姓	名	性別	TEL	x
1	5	Aoki	Taro	男性	06-1234-xxxx	NULL
2	10	Aoki	Kenji	男性	047-566-xxxx	NULL
3	386	Aoki	Chiaki	女性	03-0180-xxxx	NULL
4	670	Aoki	Senya	女性	03-1620-xxxx	NULL
5	836	Aoki	Misa	女性	03-2470-xxxx	NULL
6	1030	Aoki	Mikoto	女性	03-3455-xxxx	NULL
7	1879	Aoki	Midori	女性	03-7730-xxxx	NULL
8	2119	Aoki	Kazuo	男性	03-8935-xxxx	NULL
9	3350	Aoki	Hiroyuki	男性	045-510-xxxx	NULL
10	3397	Aoki	Yuuko	女性	045-533-xxxx	NULL
11	5704	Aoki	Taiki	男性	056-695-xxxx	NULL
12	5760	Aoki	Tetsuya	男性	057-723-xxxx	NULL

結果は、12 件の「Aoki」さんを取得することができました。

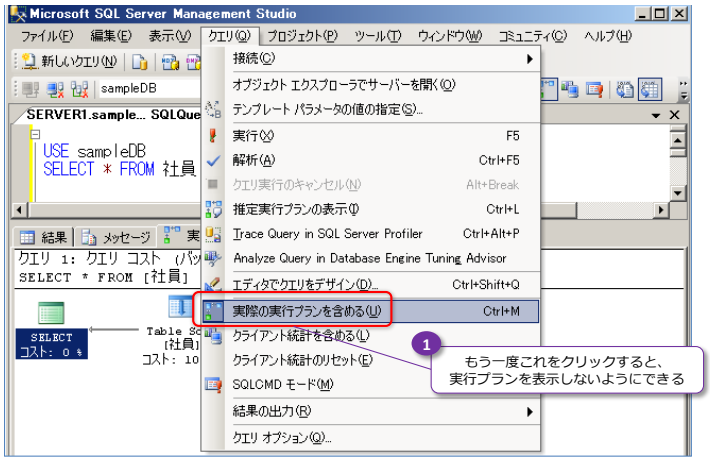
3. 次に、[**実行プラン**] タブをクリックして、実行プラン（内部的な実行方法）を表示します。



「**Table Scan**」アイコンが表示されて、テーブル スキャン（全件検索）が実行されたことを確認できます。「社員」テーブルには、インデックスを 1 つも作成していないので、SQL Server が Aoki さんのデータを探すには、テーブル スキャンをするしかありません。

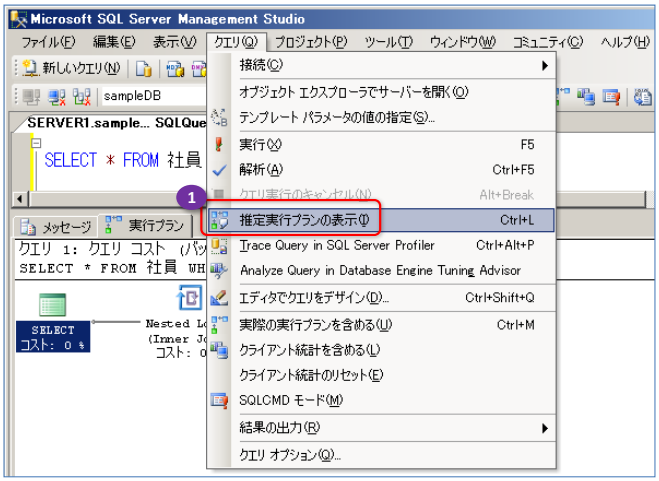
グラフィカル実行プランを表示しないようにする

1. 一度設定した「実際の実行プランを含める」は、クエリ エディタを閉じるか、次のように、もう一度［**クエリ**］メニューから［**実際の実行プランを含める**］をクリックするまで有効です。



Note： 推定実行プランの表示（クエリを実行せずに実行プランを確認）

グラフィカル実行プランは、クエリを実行しなくても確認することができます。これを行うには、次のように［**クエリ**］メニューの［**推定実行プランの表示**］をクリックします。



この機能は、実行時間の長いクエリに対して、実行プランを確認したい場合に大変便利です。

2.2　インデックスの作成： CREATE INDEX

インデックスの作成

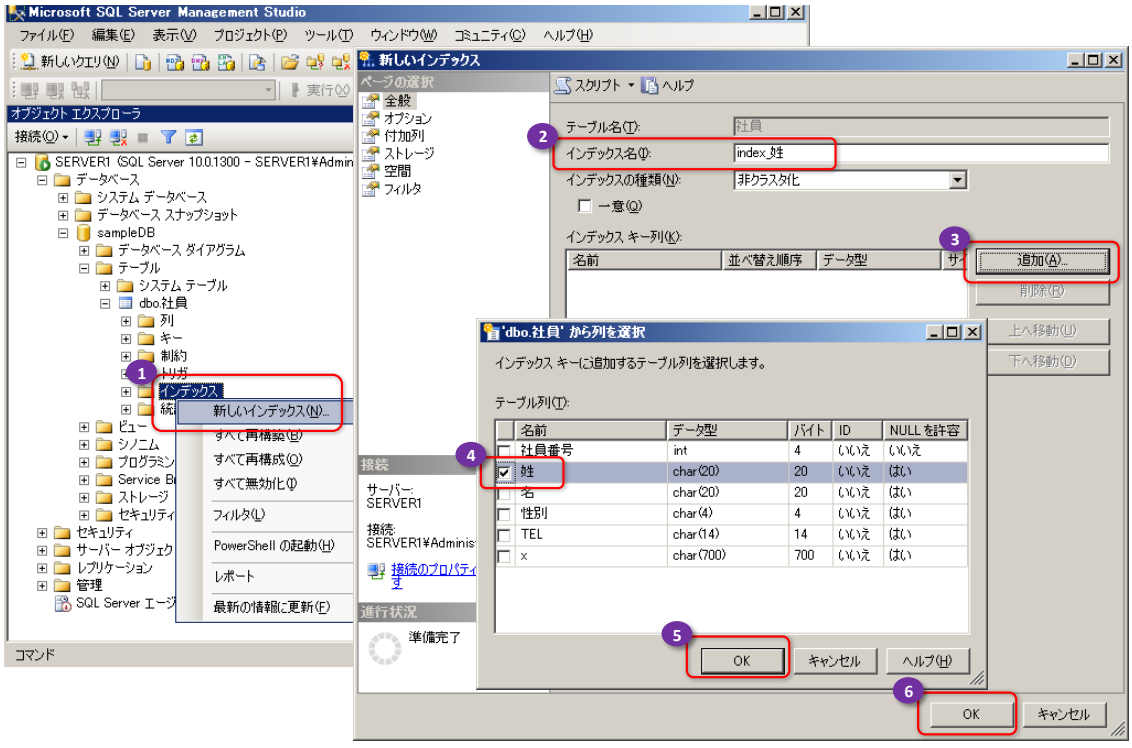
インデックスを作成するには、**CREATE INDEX** ステートメントを利用します。構文は、次のとおりです。

```
CREATE [CLUSTERED または NONCLUSTERED] INDEX インデックス名
 ON テーブル名(列名)
```

CLUSTERED を指定した場合は「クラスタ化インデックス」、**NONCLUSTERED** を指定した場合は「非クラスタ化インデックス」が作成されます（両者の違いについては、Step3 で説明します）。省略時は、非クラスタ化インデックスが作成されます。

GUI でのインデックスの作成

インデックスは、オブジェクト エクスプローラで、次のように［**インデックス**］フォルダを右クリックして［**新しいインデックス**］をクリックして作成することもできます。

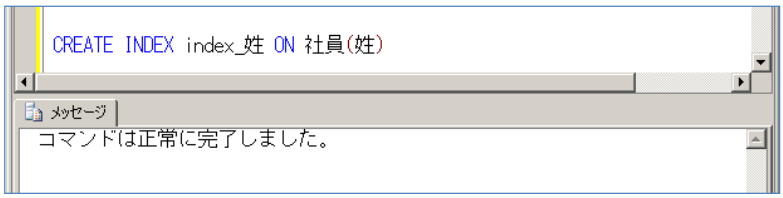


Let's Try

それでは、インデックスを作成してみましょう。

1. クエリ エディタで次のように入力して、社員テーブルの「**姓**」列に対してインデックスを作成してみましょう。

```
CREATE INDEX index_姓 ON 社員(姓)
```

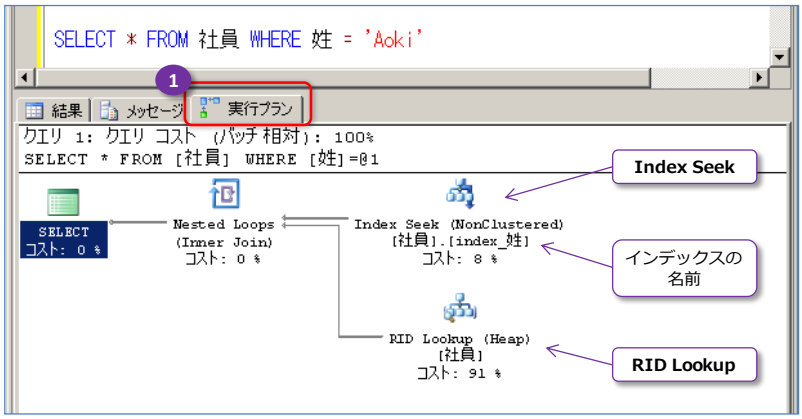


インデックスの効果を確認

次に、作成したインデックスの効果を確認してみましょう。

2. ［**クエリ**］メニューから［**実際の実行プランを含める**］をクリックして、グラフィカル実行プランの表示を有効にしてから、前の手順でテーブル スキャンになったクエリ（**Aoki** さんの検索）を実行してみましょう。

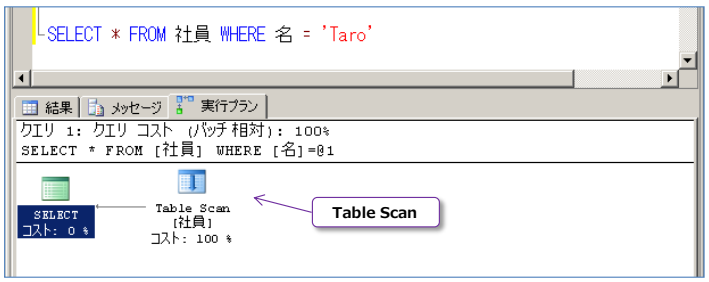
```
SELECT * FROM 社員 WHERE 姓 = 'Aoki'
```



実行後、［**実行プラン**］タブを開くと、今度は、テーブル スキャンではなく、**Index Seek** と **RID Lookup** というアイコンが表示されていることを確認できます。Index Seek は、インデックスを利用した検索であることを表し、利用したインデックスの名前「**社員.index_姓**」が表示されます。RID Lookup については、後述します。

3. 次に、インデックスを作成していない、ほかの列で検索してみましょう。クエリ エディタへ次のように入力して、「**名**」列に「**Taro**」が格納されているデータを検索してみましょう。

```
SELECT * FROM 社員 WHERE 名 = 'Taro'
```



結果は、テーブル スキャンになります。

インデックスは、列ごとに作成するものなので、作成した列以外の検索では使用されません。「名」列には、インデックスを作成していないので、SQL Server が、Taro というデータを探すには、テーブル スキャンをするしかないのです。したがって、「名」列での検索を高速化したい場合には、この列にもインデックスを作成する必要があります。

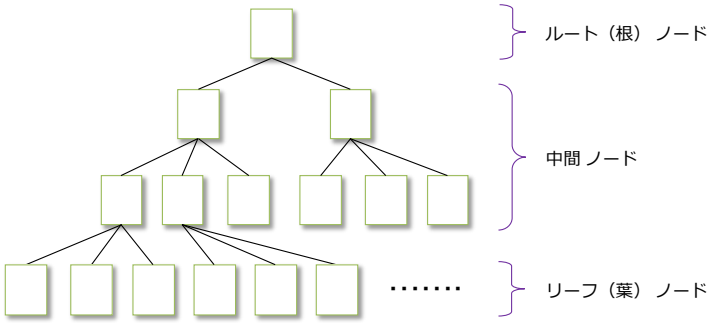
Note： 運用時を想定した効果検証を行うことが重要

開発環境など、1 台のマシンで 1 つの接続で試していたり、データの件数が少ない場合には、テーブル スキャンと Index Seek の体感的な速度差を感じることができません。これは一度読み込んだデータを「**データ バッファ キャッシュ**」へ格納していることも関係しているのですが、実際の運用環境では、複数テーブルの大量のデータ、そして複数のユーザーによってさまざまな処理が実行されているので速度差が顕著に現れることになります。したがって、開発・テスト時には、実際の運用時を想定したデータ量とユーザー接続数をシミュレートし、インデックスの効果を確認しておくことが重要です。

2.3　インデックスの内部構造

インデックスの内部構造

インデックスは、内部的には次のようなツリー（Tree：木）構造で作成されます。

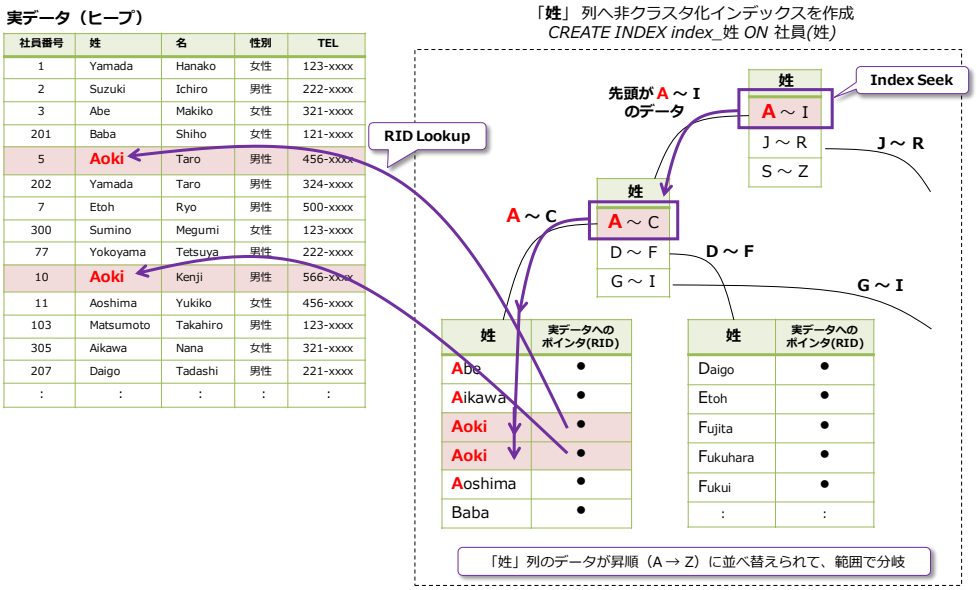


ツリーは、最上部を「**ルート**」**ノード**、中間部を「**中間**」**ノード**、最下部を「**リーフ**」**ノード**と呼びます。データは、昇順（小さい順）に並べ替えられて、データの範囲によって枝分かれします。ツリーの構造（枝分かれの数や何階層になるのか）は、データ量やデータサイズによって変化します。

SQL Server には、インデックスの種類として、「**クラスタ化インデックス**」と「**非クラスタ化インデックス**」の 2 つがありますが、両者の違いについては、Step3 で詳しく説明します。

非クラスタ化インデックスの内部構造

前の手順では、社員テーブルの「**姓**」列に対してインデックス（非クラスタ化インデックス）を作成しましたが、この場合のインデックスの内部構造は、次のようになります。



インデックス内は、「姓」列のデータが昇順に並べ替えられて、データの範囲によって枝分かれしています。リーフ ノードには、実際のデータへのポインタ（位置情報）が格納され、ポインタに

は「**行識別子**」（**RID：Row ID**）が使用されています。

このように、インデックスを構成した場合の検索は、ツリーを調べるだけで済むので、高速になります。たとえば、前の手順で行った「**WHERE 姓='Aoki'**」という検索条件であれば、「**A**」が格納されている範囲のみを調べるだけで済むのです。

なお、正確なインデックスの内部構造については、Step3 で詳しく説明します。

2.4　インデックスの削除と無効化

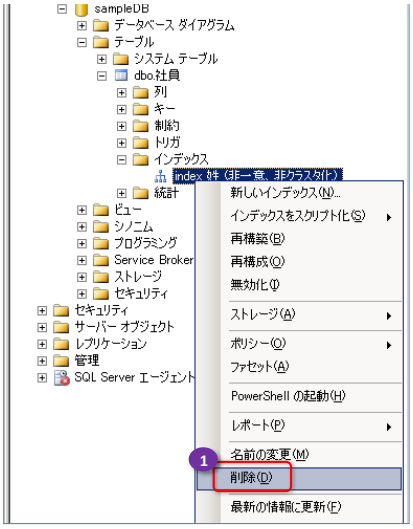
インデックスの削除： DROP INDEX

インデックスを削除するには、**DROP INDEX** ステートメントを利用します。構文は、次のとおりです。

```
DROP INDEX テーブル名.インデックス名
 または
DROP INDEX インデックス名 ON テーブル名
```

GUI でのインデックスの削除

オブジェクト エクスプローラから、インデックスを削除したい場合には、次のように［**インデックス**］フォルダを展開して、該当インデックスを右クリックし、［**削除**］をクリックします。



インデックスの無効化： ALTER INDEX .. DISABLE

インデックスは、無効化することも可能です。無効化は、削除に似ていますが、無効化した場合は、インデックスを再作成することなく、再構築するだけで、再び有効にすることができるので、一時的に外しておきたいインデックスがある場合に便利です（インデックスの再構築については、Step 4 で説明します）。

インデックスを無効化するには、**ALTER INDEX** ステートメントを次のように利用します。

```
ALTER INDEX インデックス名
 ON テーブル名 DISABLE
```

無効化したインデックスを、有効化したい場合は、次のように記述して、インデックスを再構築し

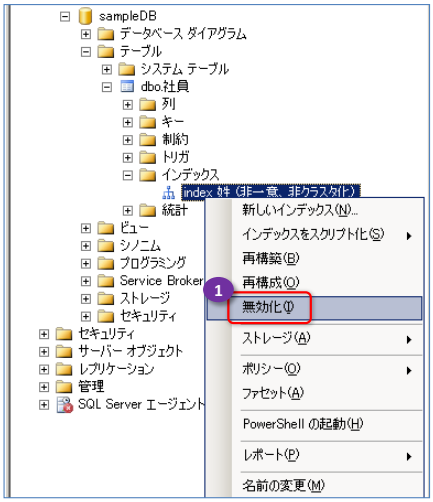
ます。

```
ALTER INDEX インデックス名
 ON テーブル名 REBUILD
```

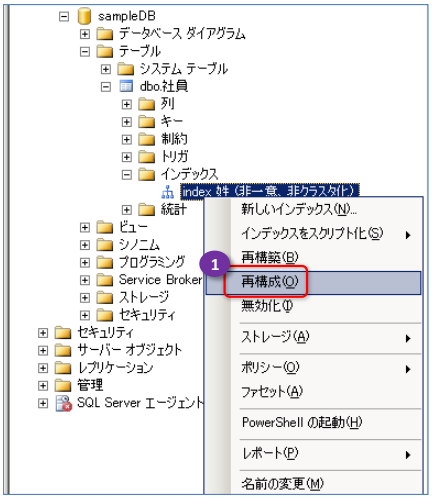
GUI でのインデックスの無効化と有効化

オブジェクト エクスプローラから、インデックスを無効化したい場合は、[**インデックス**] フォルダを展開して、該当インデックスを右クリックし、[**無効化**] をクリックします。また、無効化したインデックスを有効化したい場合は [**再構築**] をクリックします。

インデックスを無効化する



インデックスを有効にする

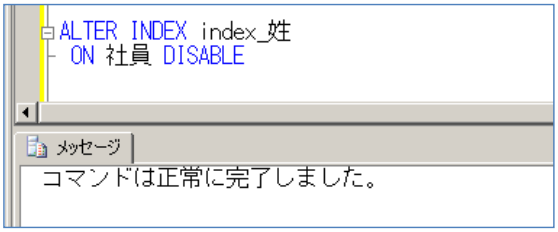


Let's Try

それでは、インデックスの無効化を試してみましょう。

1. 前の手順で作成した「**index_姓**」インデックスを無効化してみましょう。

```
ALTER INDEX index_姓
 ON 社員 DISABLE
```



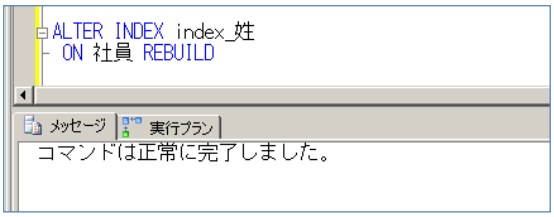
2. 次に、インデックスが無効化されたことを確認するために、「**姓**」列が「**Aoki**」さんのデータを検索してみましょう。

```
SELECT * FROM 社員 WHERE 姓 = 'Aoki'
```

グラフィカル実行プランを表示すると、結果は、テーブル スキャンとなり、インデックスが利用されていないことを確認できます。

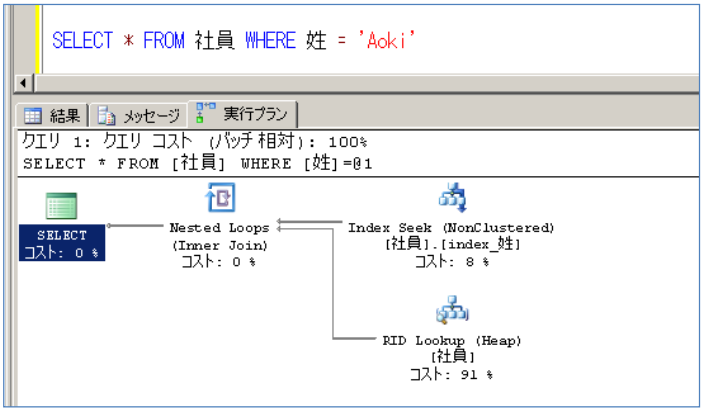
3. 次に、「index_姓」インデックスを有効化してみましょう。

```
ALTER INDEX index_姓
 ON 社員 REBUILD
```



4. 有効化（再構築）が完了したら、もう一度同じ検索を実行してみましょう。

```
SELECT * FROM 社員 WHERE 姓 = 'Aoki'
```



今度は、Index Seek が表示されて、インデックスが利用されたことを確認できます。

STEP 3. インデックスの構造と内部動作

この STEP では、「**非クラスタ化インデックス**」と「**クラスタ化インデックス**」の違いや、「**カバリング インデックス**」、「**付加列インデックス**」について説明します。これらのインデックスを活用するには、データベースの内部構造を理解しておくことが重要です。

この STEP では、次のことを学習します。

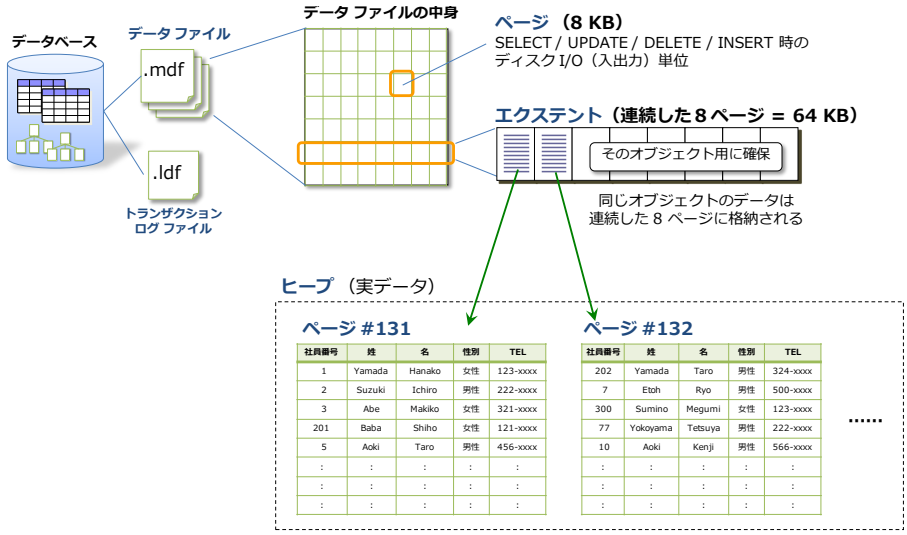
- ✓ データベースの内部構造
- ✓ 非クラスタ化インデックスの構造
- ✓ インデックスの階層数の調査： dm_db_index_physical_stats
- ✓ インデックスを作成しても効果のない列
- ✓ インデックスが役立たない例
- ✓ クラスタ化インデックス
- ✓ 自動的に作成されるインデックス（主キーと UNIQUE 制約）
- ✓ クラスタ化インデックスがある場合の非クラスタ化インデックスの内部構造
- ✓ カバリング インデックス（複合インデックス）
- ✓ 付加列インデックス（Include オプション）

3.1　データベースの内部構造

データベースの内部構造

インデックスを理解するには、データベースの内部構造を理解しておくことが重要です。まずは、データベースの内部構造から理解していきましょう。

データベースは、次のように「**データ ファイル**」(.mdf) と「**トランザクション ログ ファイル**」(.ldf) の 2 種類で構成されます。データ ファイルには、テーブルやデータ、インデックス、ビュー、ストアド プロシージャなどが格納されます。



ページとヒープ

データ ファイルは、内部的には、「**ページ**」という 8 KB の大きさで区切られています。ページは、ディスク入出力の単位です。たとえば、テーブルの行サイズが 800 バイトであれば、1 ページには 10 行分のデータを格納することができます。実データが格納されているページ全体は「**ヒープ**」と呼ばれます。

インデックス自体もデータ ファイルへ格納されるので、内部的にはページへ格納されています。したがって、ルート ノードは「ルート ページ」、中間ノードは「中間ページ」、リーフ ノードは「リーフ ページ」と呼ばれます。

エクステント

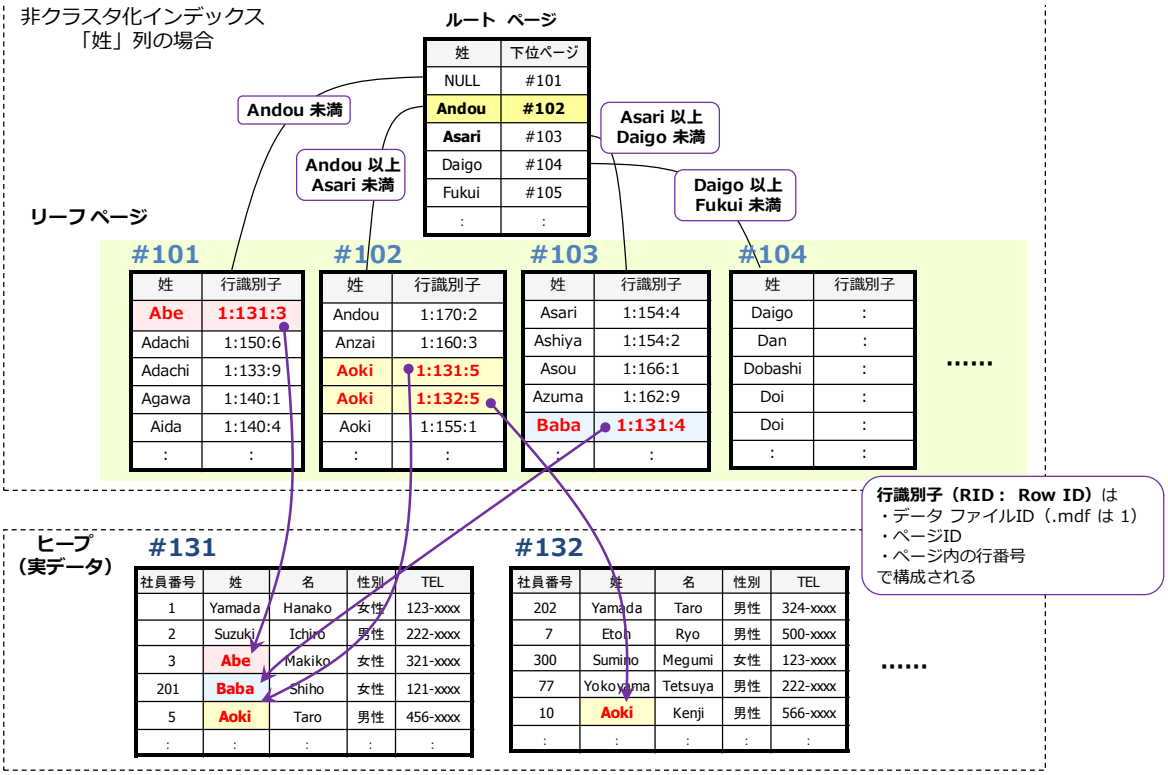
データ ファイル内の連続した 8 ページは「**エクステント**」と呼ばれ、テーブルやインデックスに割り当てられる領域の単位になります。データが追加されると、エクステントが 1 つ確保され、その後に追加されるデータが連続した 8 ページに格納されます。これによって、同じオブジェクトのデータが連続した 8 ページに格納されることが保証されます。テーブル スキャンや後述の Index Scan などの全件検索または範囲検索は、連続したデータにアクセスするので、ページごとではなく、エクステント単位（64KB の大きさ）でまとめて読み込むことでパフォーマンスを向上させています。

3.2　非クラスタ化インデックスの正確な構造

非クラスタ化インデックスの正確な構造

これまでは、インデックスがイメージしやすいようにデータの範囲で説明してきましたが、正確には、インデックス ページにはデータの範囲ではなくデータの値（インデックスを作成した列の値）が格納されます。検索時には、この値と検索条件に指定された値との大小関係によってツリー構造が走査されます。

たとえば、前の Step で作成した、「**社員**」テーブルの「**姓**」列に対する非クラスタ化インデックスの構造は、次のようになります（データ量が少ない場合は、2 階層のインデックスが作成されます）。



このインデックスの構造の場合に、「**Aoki**」さんのデータを検索する場合は、まずルート ページへアクセスして、「Aoki」さんが、「**Andou**」さんと「**Asari**」さんの間のデータであることが分かるので、下位ページ（リーフ ページ）の **102** ページへアクセスします。

102 ページ内で「Aoki」さんのデータを探し、見つかったら、その**行識別子**（**1:131:5**）から、データ ファイル ID が **1**（.mdf ファイル）、ページ番号が **131**、そのページ内の **5** 行目に、実際のデータがあることが分かります。

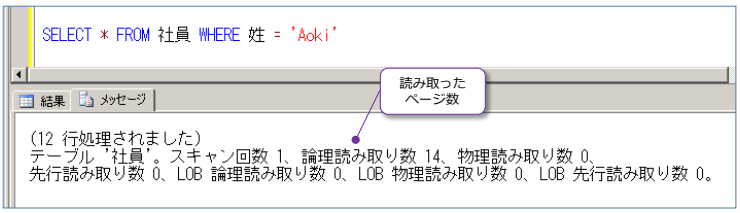
このように、インデックスを利用することで、すべてのデータを検索することなく、わずか数ページを読み取るだけで該当のデータを取得することができます。

Note： SET STATISTICS IO コマンドでクエリが読み取ったページ数を確認

クエリが実際に読み取ったページ数は、SET STATISTICS IO コマンドを利用すると調べることができます。これは、次のように実行します。

```
SET STATISTICS IO ON
```

実行後、SELECT ステートメントを実行して、[**メッセージ**] タブをクリックすると、次のように「**論理読み取り数**」が表示されて、クエリが読み取ったページ数を確認することができます。



このコマンドは、接続が終了するか、、次のように SET STATISTICS IO を OFF に設定するまで有功です。

```
SET STATISTICS IO OFF
```

3.3　インデックスの階層数の調査： dm_db_index_physical_stats

インデックスの階層数の調査

dm_db_index_physical_stats 動的管理関数は、インデックスの階層数や使用しているページ数を調べることができる大変便利な関数です。構文は次のとおりです。

```
SELECT
  index_id, index_level, page_count
FROM
 sys.dm_db_index_physical_stats
 (データベースID, テーブルID, インデックスID, パーティション番号, 'スキャンモード')
ORDER BY index_id, index_level DESC
```

index_level 列で、インデックスの階層番号（リーフが 0、その上位は 1 からの連番）、**page_count** 列で、使用しているページ数を取得することができます。

第 1～第 4 引数へは、調べたいインデックスのデータベースやテーブル、インデックスを ID で指定し、NULL を指定することも可能です。NULL を指定した場合は「すべて」を意味し、たとえば、テーブル ID に NULL を指定した場合は、すべてのテーブルを対象にすることができます。

個別に ID を指定する場合は、「データベースID」は **DB_ID** 関数、「テーブルID」は **OBJECT_ID** 関数から取得することができます。

「**インデックス ID**」は、次のように **sys.indexes** カタログ ビューから取得することができます。

```
SELECT name, index_id FROM sys.indexes
 WHERE object_id = OBJECT_ID('テーブル名')
```

name 列でインデックスの名前、index_id でインデックス ID を取得することができます。

スキャンモード

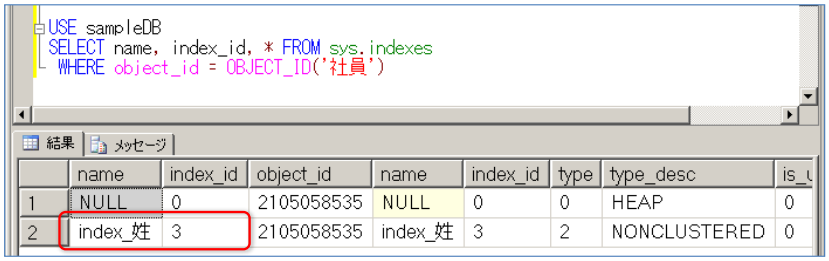
dm_db_index_physical_stats 関数の第 5 引数のスキャン モードには、「**LIMITED**」、「**SAMPLED**」、「**DETAILED**」の 3 つがあります。インデックスの使用ページ数を調べるには、**DETAILED** モードを指定する必要があります（3 つのモードの詳しい違いについては、Step 4 で説明します）。

Let's Try

それでは、これを試してみましょう。

1. まずは、**sys.indexes** カタログ ビューをクエリして、Step 2 で作成した「**index_姓**」非クラスタ化インデックスのインデックス ID を調べます。

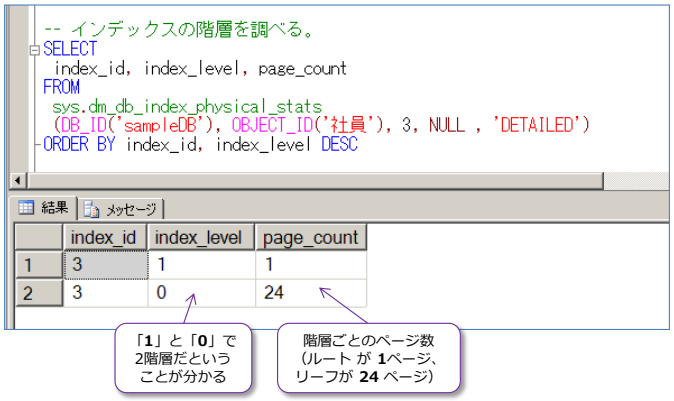
```
SELECT name, index_id, * FROM sys.indexes
 WHERE object_id = OBJECT_ID('社員')
```



index_id 列が「**3**」となっているので、インデックス ID が 3 であることを確認できます。

2. 次に、**dm_db_index_physical_stats** 関数を利用して「index_姓」インデックスの階層数と使用しているページ数を調べます。

```
SELECT
 index_id, index_level, page_count
FROM
 sys.dm_db_index_physical_stats
 (DB_ID('sampleDB'), OBJECT_ID('社員'), 3, NULL , 'DETAILED')
ORDER BY index_id, index_level DESC
```



index_level 列には、「**1**」と「**0**」が表示され、「0」はリーフ ページ、「1」以上は中間ページより上の階層になり、一番大きい値がルート ページになります。したがって、今回は「1」が一番大きい値なので、これがルート ページになります（インデックスが 2 階層で構成されていることが分かります）。

Note： 隠しコマンドの DBCC IND と DBCC PAGE でインデックスの中身を見る

インデックスは、dm_db_index_physical_stats 関数で階層数と使用ページ数を調べることができますが、インデックスの中身までは見ることができません。インデックスの中身を見るには、ページの中身を見るための隠しコマンド（ヘルプへ記載されていないコマンド）の「**DBCC IND**」と「**DBCC PAGE**」を利用する必要があります。**DBCC IND** コマンドでは、インデックスが使用しているページ番号を取得することができ、たとえば、次のように入力すると、index_姓（インデックス ID が 3）の使用しているページ番号を取得することができます。

```
DBCC IND(sampleDB, 社員, 3)
```

	PageFID	PagePID	IAMFID	IAMPID	ObjectID	IndexID	PartitionNumber	PartitionID	iam_chain_type	PageType	IndexLevel	Ne
7	1	126	1	115	2105058535	3	1	72057594038845440	In-row data	2	0	1
8	1	127	1	115	2105058535	3	1	72057594038845440	In-row data	2	0	1
9	1	175	1	115	2105058535	3	1	72057594038845440	In-row data	2	0	1
10	1	728	1	115	2105058535	3	1	72057594038845440	In-row data	2	1	0
11	1	752	1	115	2105058535	3	1	72057594038845440	In-row data	2	0	1
12	1	753	1	115	2105058535	3	1	72057594038845440	In-row data	2	0	1
13	1	754	1	115	2105058535	3	1	72057594038845440	In-row data	2	0	1

結果の **PagePID** 列は、インデックスへ割り当てられているページ番号で、**IndexLevel** 列は「**0**」がリーフ ページで、「**1**」以上は、リーフより上の階層を表します。
ここで調べたページ番号を **DBCC PAGE** コマンドの第 3 引数へ与えることで、そのページの中身を見ることができるようになります。たとえば、次のように入力すると、ページ番号「**175**」の中身を参照することができます。

```
DBCC PAGE(sampleDB, 1, 175, 3)
```

	FileId	PageId	Row	Level	姓 (key)	HEAP RID (key)	KeyHashValue
1	1	175	0	0	Katou	0xC800000001000900	(e90189d26720)
2	1	175	1	0	Katou	0xD401000001000900	(f50159fd04ad)
3	1	175	2	0	Katou	0xD900000001000300	(fa01b60b996a)
4	1	175	3	0	Katou	0xDC01000001000900	(fd01ece6e17e)
5	1	175	4	0	Katou	0xE500000001000100	(0602062fcd8a)
6	1	175	5	0	Katsura	0x7E01000001000300	(9f01271b8fd7)
7	1	175	6	0	Katsuragawa	0xF600000001000700	(5802e9817819)
8	1	175	7	0	Katsuragi	0x0001000001000800	(6a0105c7e3dd)
9	1	175	8	0	Katsuragi	0x0202000001000500	(6c01a8a4801b)
10	1	175	9	0	Katsuragi	0xB800000001000600	(22022d2c04e0)
11	1	175	10	0	Katsuragi	0xE601000001000700	(50022cf7c41f)

3.4　インデックスを作成しても効果のない列

インデックスを作成しても効果のない列

インデックスを作成すれば、基本的にはパフォーマンスが向上しますが、作成してもパフォーマンスの向上が見込めないケースがあります。代表的なのは次の 2 つです。

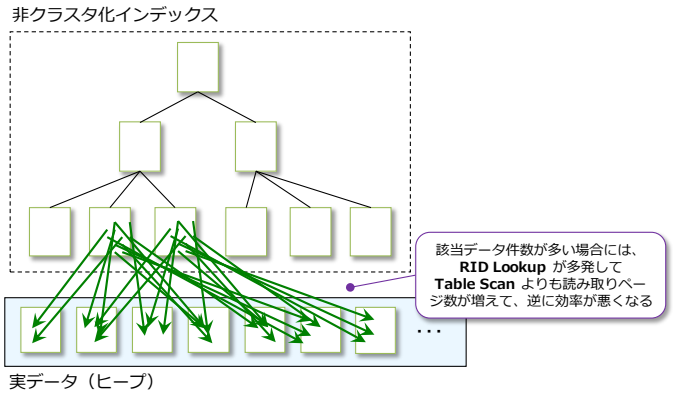
- **WHERE 句の検索条件にほとんど使用されない列**

  検索条件にほとんど使用されない列に対してインデックスを作成しても、効果はありません。逆に、作成したことによってパフォーマンスの低下を招く恐れがあります。インデックスを作成すると、インデックスを作成した列のデータを更新した際に、インデックスそのもの（ツリー構造）も更新されるからです。したがって、検索条件にほとんど使用されない列で、かつ更新頻度が過剰な列に対してはインデックスを作成しないことをお勧めします。

Note： 使用されていないインデックスを探すには？
動的管理ビューの「**dm_db_index_usage_stats**」を利用すると、SQL Server の起動後に、1 度も使用されていないインデックス（未使用のインデックス）や、使用回数の少ないインデックスを探すことができます。具体的な利用方法については、本自習書シリーズの「監視ツールの基本操作」で詳しく説明しています。

- **検索条件に該当するデータが大量にある場合**

  インデックスは、大量のデータから 1 件～数百件のデータを取り出すときに最も効果があります。検索条件に該当するデータが大量にある場合には、インデックスの効果が得られません。該当データが多い場合には、**RID Lookup** で（リーフレベルのポインタを使用して）実際のデータを取得すると、テーブル スキャンよりも効率が悪くなることがあるからです。



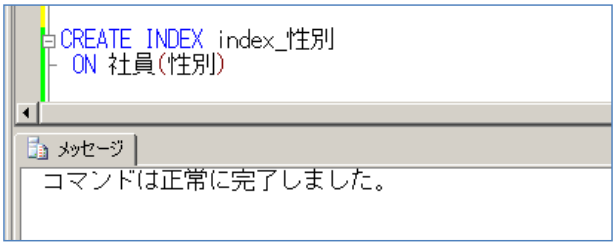
SQL Server は、インデックスを使用するよりもテーブル スキャンの方が効率が良いと判断した場合には、テーブル スキャンを使用してデータ検索を実行します。

Let's Try　「性別」列へインデックスを作成した場合の動作

それでは、これを試してみましょう。

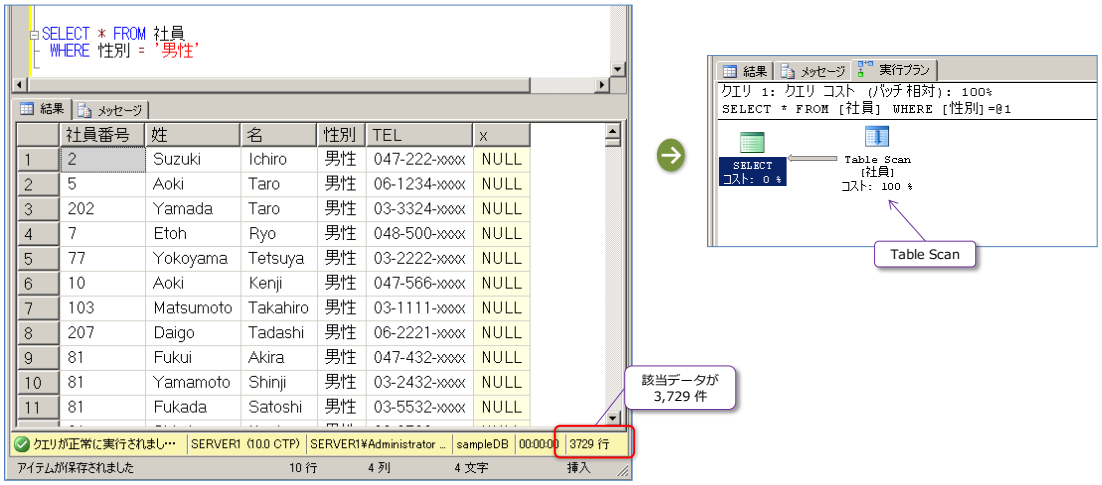
1. まずは、社員テーブルの「**性別**」列へインデックスを作成してみましょう。

```
CREATE INDEX index_性別
 ON 社員(性別)
```



2. 次に、グラフィカル実行プランの表示を有効にして、性別が「**男性**」の社員のみを検索してみましょう。

```
SELECT * FROM 社員
 WHERE 性別 = '男性'
```

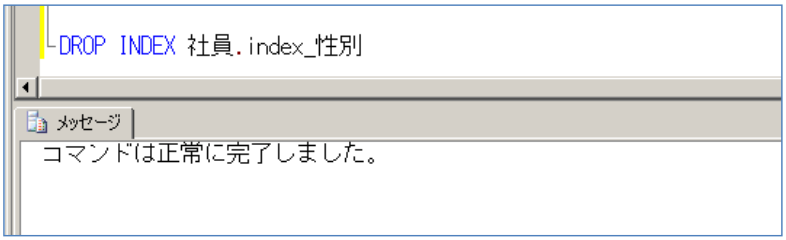


結果は、テーブル スキャンが実行されていることを確認できます。

このようにデータの種類が少ない場合（性別列は「男性」と「女性」の 2 種類）は、検索条件に該当するデータが自ずと多くなるので、インデックスを作成しても利用されません。SQL Server は、インデックスを使用するよりもテーブル スキャンの方が効率が良いと判断したした場合は、テーブル スキャンを使用してデータ検索を実行するのです。

3. このインデックス「**index_性別**」は、不要なので削除しておきます。

```
DROP INDEX 社員.index_性別
```

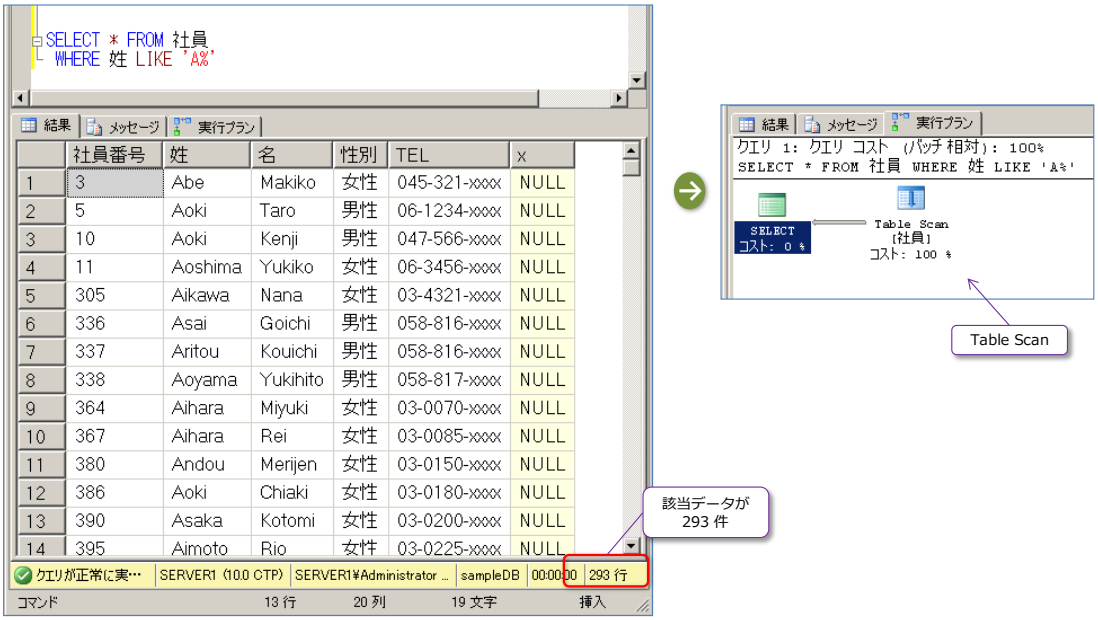


検索条件に該当するデータ件数が多い場合

続いて、「姓」列に対して、検索条件に該当するデータ件数が多い場合に、インデックスが利用されるかどうかを確認してみましょう。

1. データ件数を多く取得するために、次のように **LIKE** 演算子を利用して、姓が「**A**」で始まる社員を検索してみましょう。

```
SELECT * FROM 社員
 WHERE 姓 LIKE 'A%'
```



結果が表示され、293 件のデータが検索条件に該当し、テーブル スキャンが実行されたことを確認できます。このインデックスは、「**姓='Aoki'**」という検索条件のときには **Index Seek** が実行されていました。

このように、検索条件に該当するデータ件数が多い場合には、インデックスが利用されず、テーブル スキャンが実行されます。

Note： クエリ オプティマイザによる最適な実行プランの選択

データの検索時に、どのインデックスを利用するかや、インデックスを利用しないでテーブル スキャンを実行するかは、SQL Server の「**クエリ オプティマイザ**」という機能（プログラム）が判断します。クエリ オプティマイザは、検索条件に該当するデータを取得するために、インデックスよりもテーブル スキャンを利用したほうが「高速」だと判断した場合は、テーブル スキャンを実行します。オプティマイザは、**I/O コスト**（ディスク入出力の負荷がどれくらいか）、と **CPU コスト**（CPU への負荷がどれくらいか）などをもとに判断しています。

3.5　インデックスが役立たない例

インデックスが役立たない例

条件に該当するデータ件数が少ない場合でも、SQL ステートメントの書き方が悪いと、インデックスを利用しない（Index Seek が実行されない）非効率な検索が行われます。これは、次の 3 つのケースです。

- LIKE 演算子を利用する際に、**先頭に %（ワイルド カード文字）**を指定している場合

```
SELECT * FROM 社員 WHERE 姓 LIKE '%oki'
```

- 演算子の左辺へ「**関数**」や「**計算式**」を記述している場合

```
SELECT * FROM 社員 WHERE UPPER(姓) = 'Aoki'
```

- 列へ設定してある照合順序とは、**異なる照合順序**を指定している場合

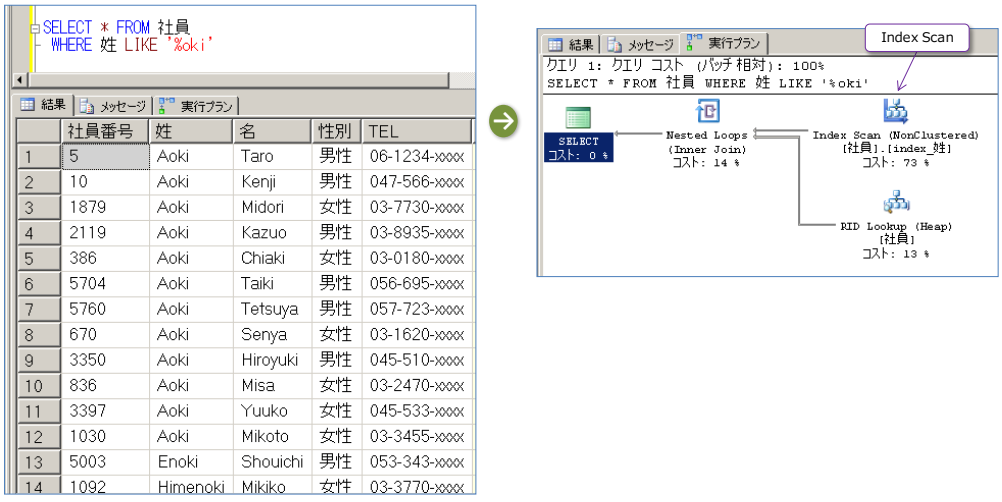
```
SELECT * FROM 社員 WHERE 姓 = 'Aoki' COLLATE Japanese_CS_AS
```

Let's Try　LIKE の先頭に % を指定した場合

それでは、これを試してみましょう。

1. まずは、LIKE 演算子で先頭をワイルドカード指定した場合の検索を試してみましょう。ここでは、検索条件に「**姓 LIKE '%oki'**」と指定して、姓が「**oki**」で終わる社員を検索してみます。

```
SELECT * FROM 社員
 WHERE 姓 LIKE '%oki'
```

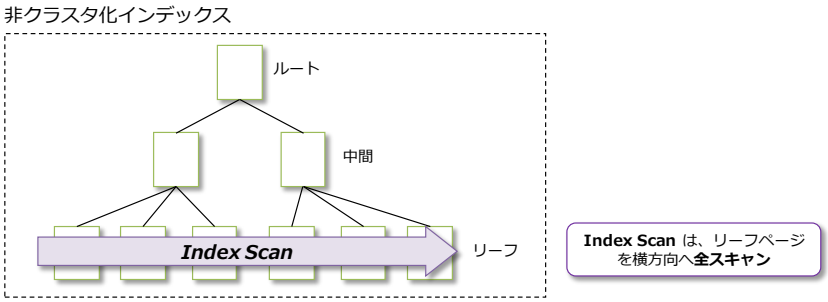


グラフィカル実行プランには、**Index Scan** と **RID Lookup** が表示され、**Index Seek** ではないことを確認できます。

このように、LIKE 演算子の先頭がワイルド カード文字の場合は、Index Seek が実行されません。

Index Scan とは 

Index Scan（インデックス スキャン）は、Index Seek のアイコンと非常に似ていますが、内部動作は大きく異なります。Index Scan は、インデックスのツリー構造を利用せずに、リーフ ノードを横方向へ全スキャンして、該当データを探し出す内部動作です。したがって、Index Scan は、Index Seek よりも多くのページにアクセスすることになるので、効率の悪い検索方法です（Index Seek よりも実行時間がかかります）。

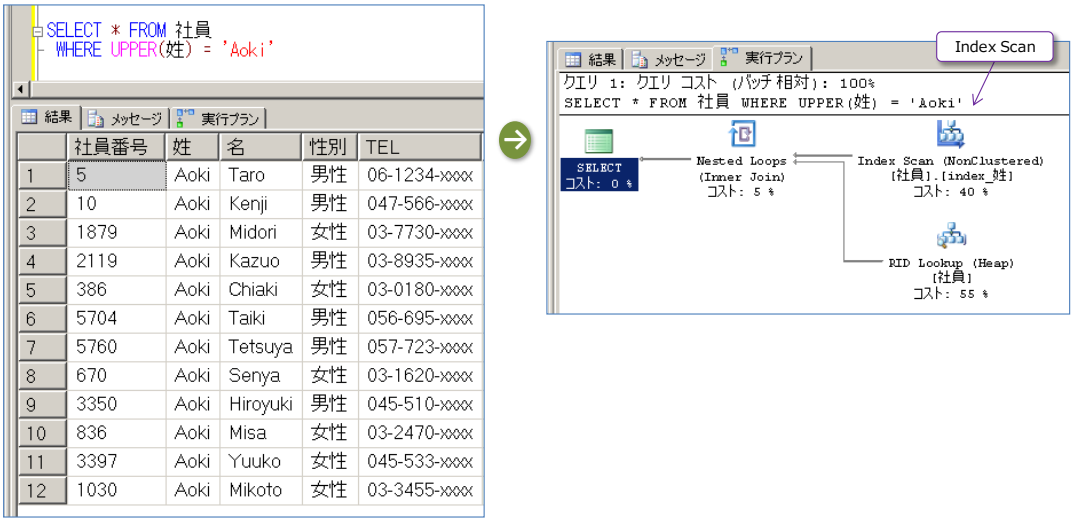


関数処理をしている場合

次に、WHERE 句の左辺で関数を使用している場合の検索を試してみましょう。

1. ここでは、**UPPER** 関数を利用して、検索を実行してみましょう。

```
SELECT * FROM 社員
 WHERE UPPER(姓) = 'Aoki'
```



	社員番号	姓	名	性別	TEL
1	5	Aoki	Taro	男性	06-1234-xxxx
2	10	Aoki	Kenji	男性	047-566-xxxx
3	1879	Aoki	Midori	女性	03-7730-xxxx
4	2119	Aoki	Kazuo	男性	03-8935-xxxx
5	386	Aoki	Chiaki	女性	03-0180-xxxx
6	5704	Aoki	Taiki	男性	056-695-xxxx
7	5760	Aoki	Tetsuya	男性	057-723-xxxx
8	670	Aoki	Senya	女性	03-1620-xxxx
9	3350	Aoki	Hiroyuki	男性	045-510-xxxx
10	836	Aoki	Misa	女性	03-2470-xxxx
11	3397	Aoki	Yuuko	女性	045-533-xxxx
12	1030	Aoki	Mikoto	女性	03-3455-xxxx

結果は、**Index Scan** と RID Lookup になり、Index Seek が実行されていないことを確認

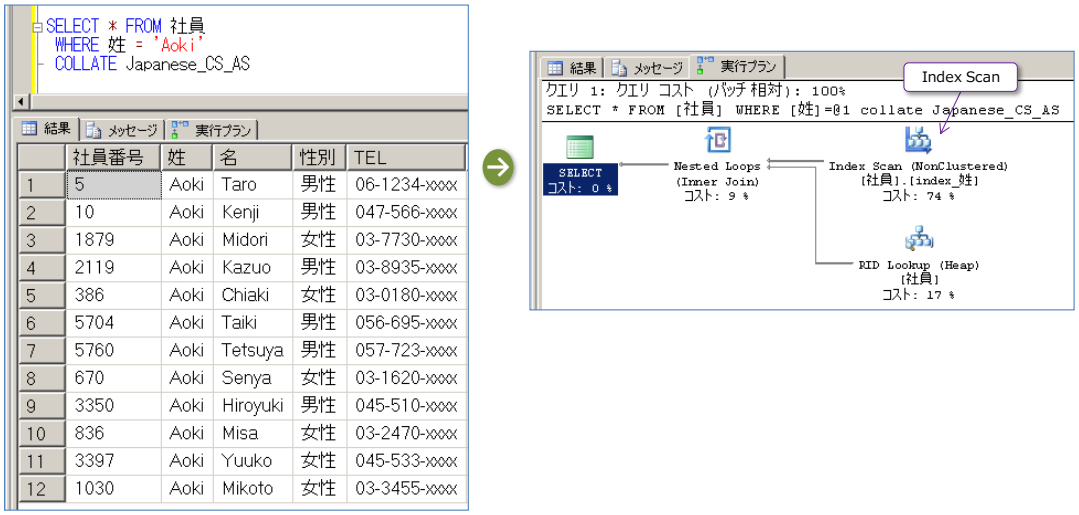
できます（Index Scan によって、リーフページを全スキャンしているので、効率の悪い検索が実行されています）。

照合順序が異なる場合

次に、異なる照合順序を指定した場合の検索を試してみましょう。

1. 列に設定してある照合順序は、**Japanese_CI_AS**（大文字と小文字を区別しない）なので、これとは異なる照合順序 **Japanese_CS_AS**（大文字小文字を区別する）を指定して検索を実行してみましょう。

```
SELECT * FROM 社員
 WHERE 姓 = 'Aoki' COLLATE Japanese_CS_AS
```



	社員番号	姓	名	性別	TEL
1	5	Aoki	Taro	男性	06-1234-xxxx
2	10	Aoki	Kenji	男性	047-566-xxxx
3	1879	Aoki	Midori	女性	03-7730-xxxx
4	2119	Aoki	Kazuo	男性	03-8935-xxxx
5	386	Aoki	Chiaki	女性	03-0180-xxxx
6	5704	Aoki	Taiki	男性	056-695-xxxx
7	5760	Aoki	Tetsuya	男性	057-723-xxxx
8	670	Aoki	Senya	女性	03-1620-xxxx
9	3350	Aoki	Hiroyuki	男性	045-510-xxxx
10	836	Aoki	Misa	女性	03-2470-xxxx
11	3397	Aoki	Yuuko	女性	045-533-xxxx
12	1030	Aoki	Mikoto	女性	03-3455-xxxx

結果は、**Index Scan** と RID Lookup になり、Index Seek が実行されていないことを確認できます。

3.6　クラスタ化インデックス

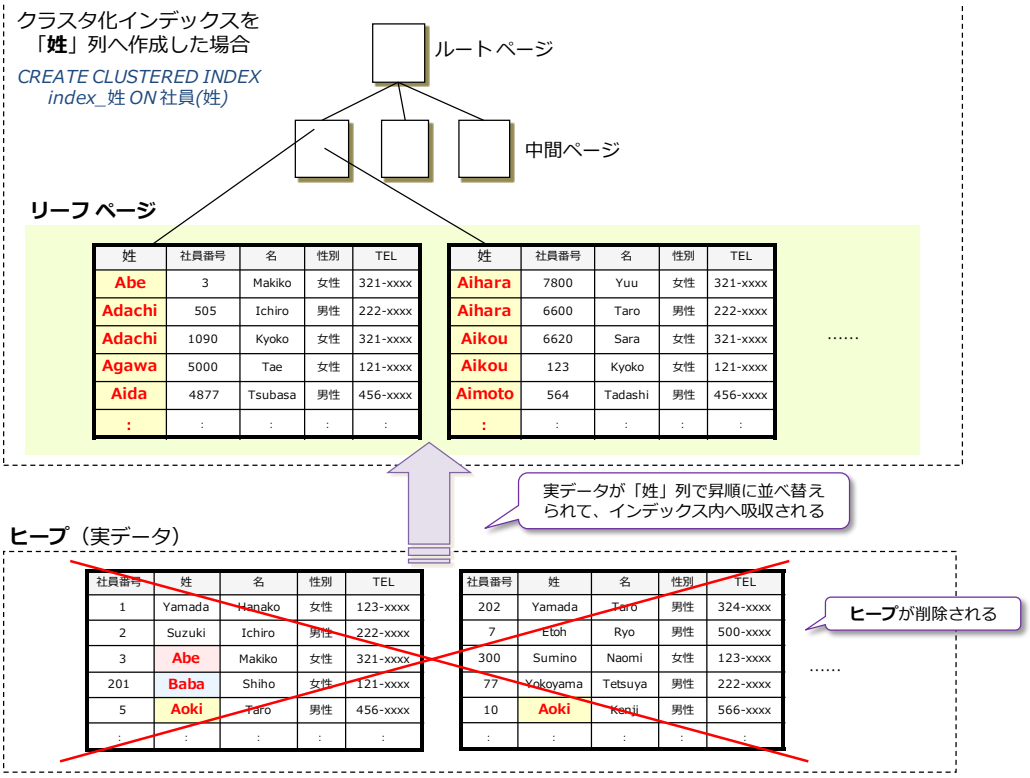
クラスタ化インデックス

今までは、「非クラスタ化インデックス」について説明してきましたが、ここからは、もう 1 つのインデックス「**クラスタ化インデックス**」について説明します。

非クラスタ化インデックスとクラスタ化インデックスの違いは、非クラスタ化インデックスではリーフレベルへ実際のデータへのポインタ（行識別子：RID）が格納されるのに対して、クラスタ化インデックスの場合は、リーフ レベルにはポインタではなく実際のデータそのものを格納するところです。

クラスタ化インデックスを作成すると、実際のデータが物理的に並べ替えられて、クラスタ化インデックスのリーフ ページとなり、ヒープが削除されます。

たとえば、社員テーブルの「姓」列に対してクラスタ化インデックスを作成すると、次のようになります。



姓	社員番号	名	性別	TEL
Abe	3	Makiko	女性	321-xxxx
Adachi	505	Ichiro	男性	222-xxxx
Adachi	1090	Kyoko	女性	321-xxxx
Agawa	5000	Tae	女性	121-xxxx
Aida	4877	Tsubasa	男性	456-xxxx
:	:	:	:	:

姓	社員番号	名	性別	TEL
Aihara	7800	Yuu	女性	321-xxxx
Aihara	6600	Taro	男性	222-xxxx
Aikou	6620	Sara	女性	321-xxxx
Aikou	123	Kyoko	女性	121-xxxx
Aimoto	564	Tadashi	男性	456-xxxx
:	:	:	:	:

……

社員番号	姓	名	性別	TEL
1	Yamada	Hanako	女性	123-xxxx
2	Suzuki	Ichiro	男性	222-xxxx
3	Abe	Makiko	女性	321-xxxx
201	Baba	Shiho	女性	121-xxxx
5	Aoki	Taro	男性	456-xxxx
:	:	:	:	:

社員番号	姓	名	性別	TEL
202	Yamada	Taro	男性	324-xxxx
7	Etoh	Ryo	男性	500-xxxx
300	Sumino	Naomi	女性	123-xxxx
77	Yokoyama	Tetsuya	男性	222-xxxx
10	Aoki	Kenji	男性	566-xxxx
:	:	:	:	:

……

このように、クラスタ化インデックスでは、実際のデータがインデックス内へ吸収されるので、非クラスタ化インデックスよりも検索のパフォーマンスが向上します。

クラスタ化インデックスの注意点

クラスタ化インデックスは、実際のデータをインデックス内へ格納するので、テーブル内で 1 つしか作成することができません。また、インデックスの作成には、実際のデータの並べ替えも発生

するので、非クラスタ化インデックスを作成するよりも、作成時間がかかります（これは Step 4 で説明するインデックスの再構築時間にも当てはまります）。

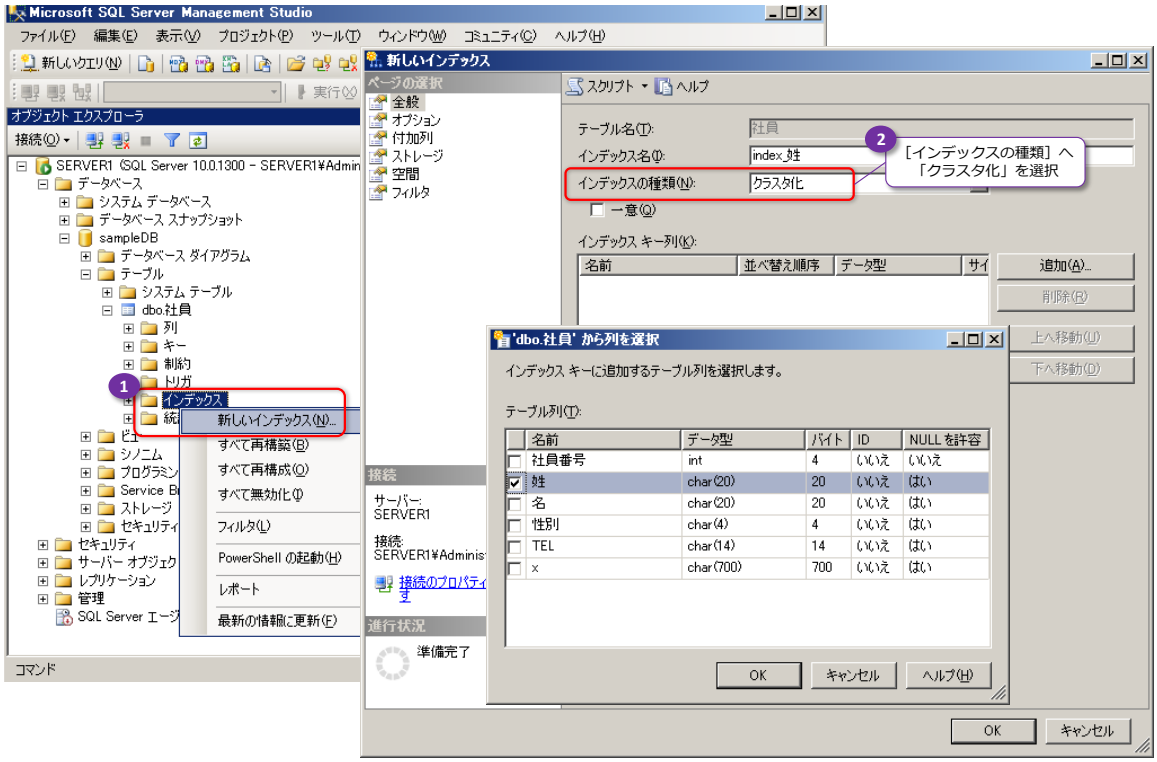
インデックス作成時には、実際のデータ（ヒープ）を並べ替えた結果を格納しておくための作業領域として、テーブル サイズの約 1.5 倍の空き領域が必要になることにも注意してください。空き領域が足りない場合には、インデックスの作成が失敗します。さらに、インデックス作成時には、トランザクション ログへの変更履歴も記録されるので、その分の空き領域も必要になります。

クラスタ化インデックスの作成

クラスタ化インデックスを作成するには、CREATE INDEX ステートメントで、次のように CLUSTERED を指定します。

```
CREATE CLUSTERED INDEX インデックス名 ON テーブル名(列名)
```

クラスタ化インデックスを、オブジェクト エクスプローラから作成する場合は、次のように操作します。非クラスタ化インデックスを作成する場合との違いは、[新しいインデックス] ダイアログで、[**インデックスの種類**] へ「**クラスタ化**」を選択するところだけです。



Let's Try

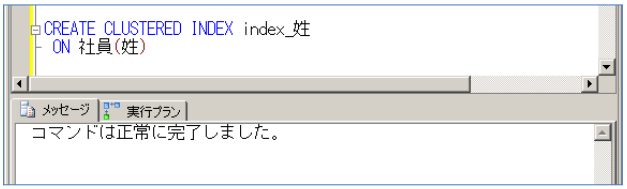
それでは、クラスタ化インデックスを作成してみましょう。

1. まずは、「姓」列へ作成していた非クラスタ化インデックス「**index_姓**」を削除します。

```
DROP INDEX 社員.index_姓
```

2. 次に、「姓」列に対してクラスタ化インデックスを作成します。

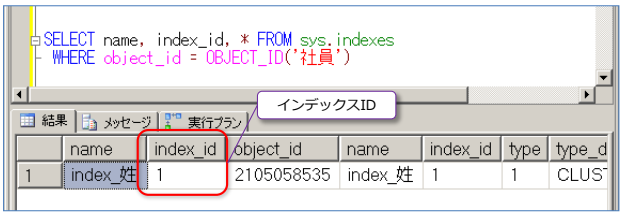
```
CREATE CLUSTERED INDEX index_姓
 ON 社員(姓)
```



「コマンドは正常に完了しました」と表示されれば、インデックスの作成が完了です。

3. 次に、**sys.indexes** カタログ ビューをクエリして、クラスタ化インデックスのインデックス ID を確認してみましょう。

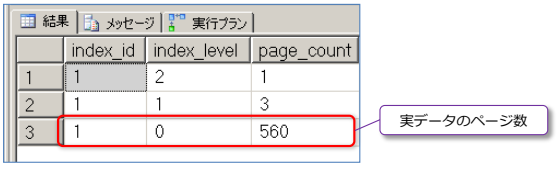
```
SELECT name, index_id, * FROM sys.indexes
 WHERE object_id = OBJECT_ID('社員')
```



インデックス ID（index_id）は、「**1**」であることを確認できます。このように、クラスタ化インデックスの ID は、常に 1 になります。

4. 続いて、**dm_db_index_physical_stats** 関数を利用して、クラスタ化インデックスの階層数と使用しているページ数を確認してみましょう。

```
SELECT
 index_id, index_level, page_count
FROM
 sys.dm_db_index_physical_stats
 (DB_ID('sampleDB'), OBJECT_ID('社員'), 1, NULL , 'DETAILED')
ORDER BY index_id, index_level DESC
```



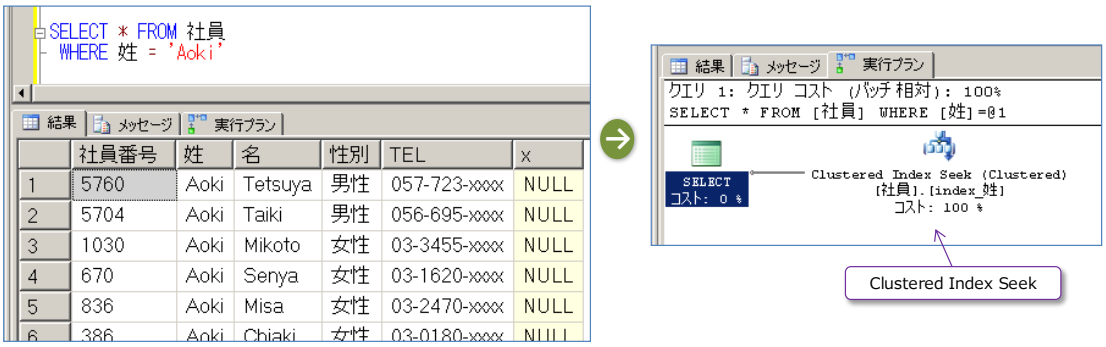
index_level が、「**2**」、「**1**」、「**0**」とあることから、このインデックスが 3 階層であることが分かります。index_level の「0」がリーフ ページ、「1」が中間、「2」がルート ページ

です。また、クラスタ化インデックスの場合は、リーフ ページ「0」が実データのページ数なので、実際のデータが「**560**」ページであることも確認できます。

クラスタ化インデックスの効果の確認

5. 次に、「**姓**」列が「**Aoki**」さんの社員を検索して、クラスタ化インデックスの効果を確認してみましょう。

```
SELECT * FROM 社員
 WHERE 姓 = 'Aoki'
```

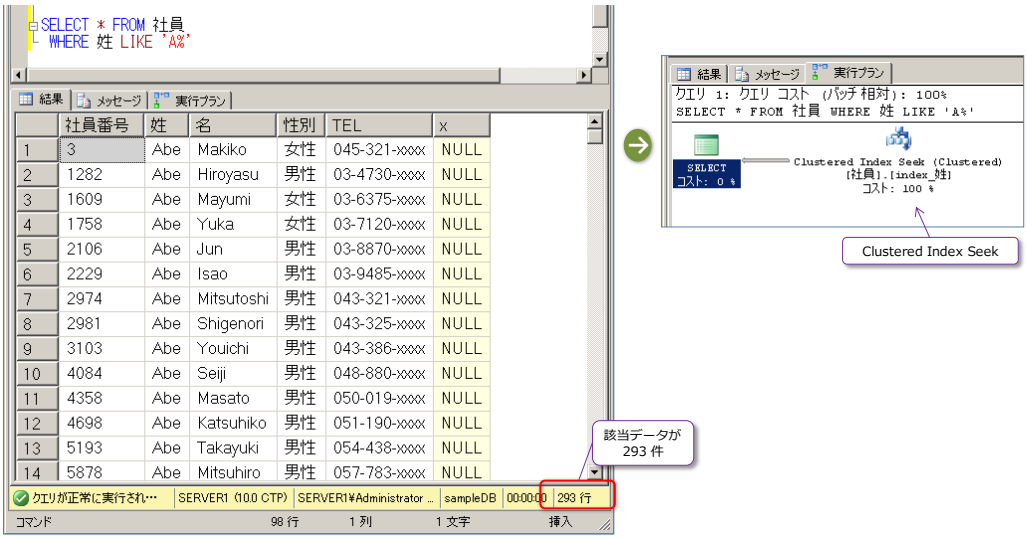


実行プランを確認すると、「**Clustered Index Seek**」というアイコンが表示され、インデックス名「**社員.index_姓**」を確認することができます。これは、クラスタ化インデックスを利用して検索を行ったという内部動作です。また、RID Lookup のアイコンがないところにも注目してください。クラスタ化インデックスのリーフページは実際のデータが格納されているので、RID Lookup は必要なく、クラスタ化インデックス内の Seek だけでデータを取得することができるのです。

このように、クラスタ化インデックスは、RID Lookup をしなくて済む分、非クラスタ化インデックスよりも検索のパフォーマンスが向上します。

6. 次に、検索条件を「**姓 LIKE 'A%'**」へ変更して、該当データ件数が多くなるように、データを検索してみましょう（これは、非クラスタ化インデックスのときは、テーブル スキャンになった検索です）。

```
SELECT * FROM 社員
 WHERE 姓 LIKE 'A%'
```



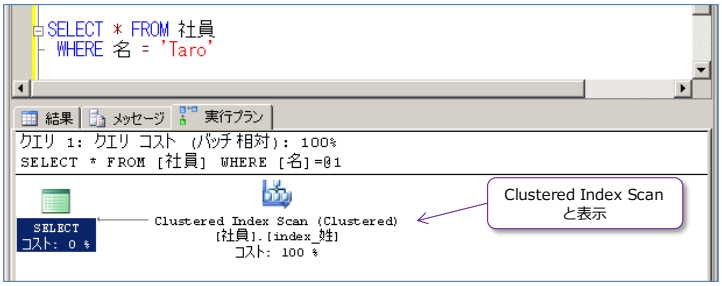
結果は、293 件の結果が返り、実行プランを確認すると、Clustered Index Seek が表示されて、クラスタ化インデックスの Seek のみで検索が完了したことを確認できます。

クラスタ化インデックスでは、リーフ レベルに実際のデータが昇順に並び替えられているので、このような検索（先頭文字を指定した範囲検索）であっても、インデックスを利用して高速にデータを取得することができます。

Clustered Index Scan とテーブル スキャン

7. 次に、クラスタ化インデックスを作成した「姓」列以外の列を利用して検索してみましょう。

```
SELECT * FROM 社員
 WHERE 名 = 'Taro'
```



実行プランを確認すると、「**Clustered Index Scan**」というアイコンが表示されます。このアイコンは、Clustered Index Seek と非常に似ていますが、意味は大きく異なります。

「名」列には、インデックスを作成していないので、テーブル スキャンが実行されるはずですが、Clustered Index Scan と表示されています。このアイコンは、クラスタ化インデックスのリーフレベルを横方向へ全件スキャンしたという内部動作です。つまり、実行されていることはテーブル スキャンとほとんど同じです。これは、クラスタ化インデックスを作成すると、実際のデータがインデックスに吸収されるので、「**テーブル = クラスタ化インデックス**」となり、テーブル スキャンという概念がなくなるためです。

3.7　自動的に作成されるインデックス（主キー制約と UNIQUE 制約）

自動的に作成されるインデックス

PRIMARY KEY（主キー）制約または **UNIQUE** 制約を設定している場合は、自動的にインデックスが作成されます。インデックスの名前は制約の名前と同じになり、デフォルトでは、PRIMARY KEY 制約の場合には「クラスタ化インデックス」、UNIQUE 制約の場合には「非クラスタ化インデックス」が作成されます。

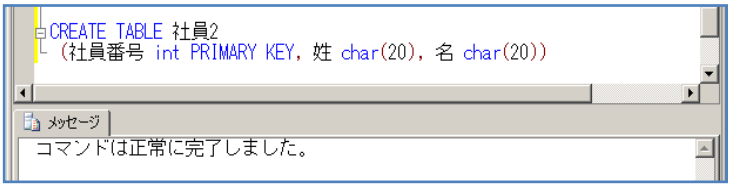
どちらの制約もデータを一意に保つためのものなので、この列を検索条件に指定した場合は、必ず１件の検索結果が返ります。インデックスは、大量のデータの中から数件のデータを取り出すときに最も効果を発揮するので、一意な値を持つ列に対して作成されたインデックスは、最も効果があります。また、主キーは検索条件としても頻繁に使用されるものなので、インデックスが自動的に作成されることはうれしいことです。

Let's Try

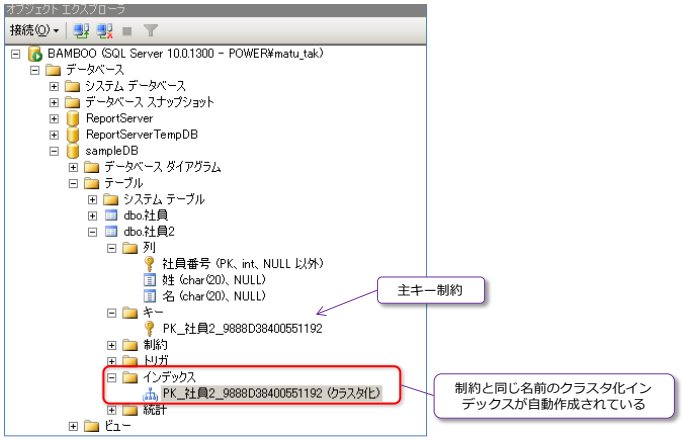
それでは、これを試してみましょう。

1. クエリ エディタへ次のように入力して、「**社員番号**」列を主キーとする「**社員 2**」という名前のテーブルを作成します。

```
CREATE TABLE 社員2
 (社員番号 int PRIMARY KEY, 姓 char(20), 名 char(20))
```



2. 作成後、オブジェクト エクスプローラで、「**社員 2**」テーブルの［**インデックス**］フォルダを展開して、「**PK_社員 2_～（クラスタ化）**」というインデックスが作成されていることを確認してみましょう。

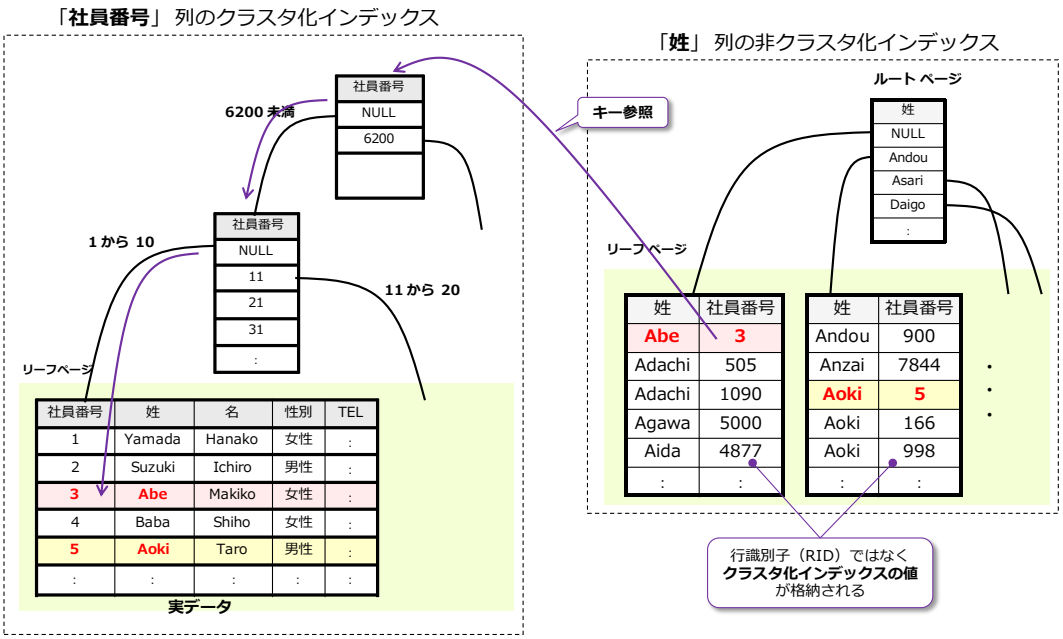


3.8　クラスタ化がある場合の非クラスタ化インデックスの内部構造

クラスタ化インデックスがある場合の非クラスタ化インデックスの内部構造の変化

ここでは、クラスタ化インデックスと非クラスタ化インデックスの両方が存在する場合について説明します。

クラスタ化インデックスを作成すると、非クラスタ化インデックスの構造が変更され、リーフレベルへ格納されるポインタが「行識別子」から「クラスタ化インデックスの値」へ変更されます。たとえば、社員テーブルの「**社員番号**」列へクラスタ化インデックスを作成し、「**姓**」列に、非クラスタ化インデックスを作成している場合は、次の図のようなインデックス構造になります。



このような構造になるメリットは、「姓」と「社員番号」列のみを取得する検索を非常に高速に取得できるようになる点です。

Let's Try

それでは、これを試してみましょう。

1. まずは、「姓」列へ作成していたクラスタ化インデックスを削除します。

```
DROP INDEX 社員.index_姓
```

2. 次に、「**社員番号**」列に対してクラスタ化インデックスを作成します。

```
CREATE CLUSTERED INDEX index_社員番号
 ON 社員(社員番号)
```

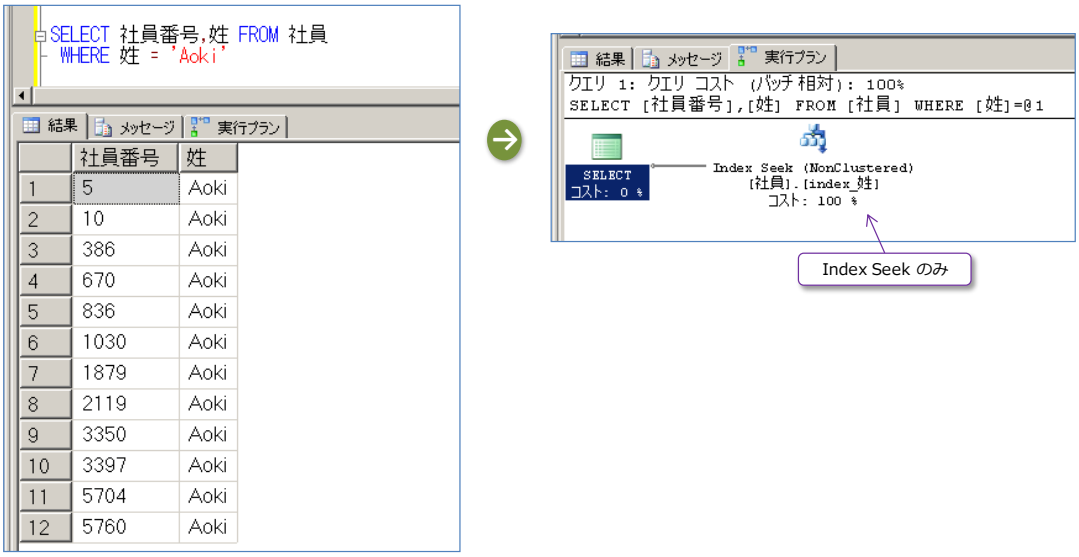
3. 続いて、「姓」列に対して非クラスタ化インデックスを作成します。

```
CREATE INDEX index_姓
 ON 社員(姓)
```

クラスタ化インデックス ＋ 非クラスタ化インデックスの効果

4. 次に、「**Aoki**」さんの「**社員番号**」と「**姓**」列のみを取得するようにデータを検索してみましょう。

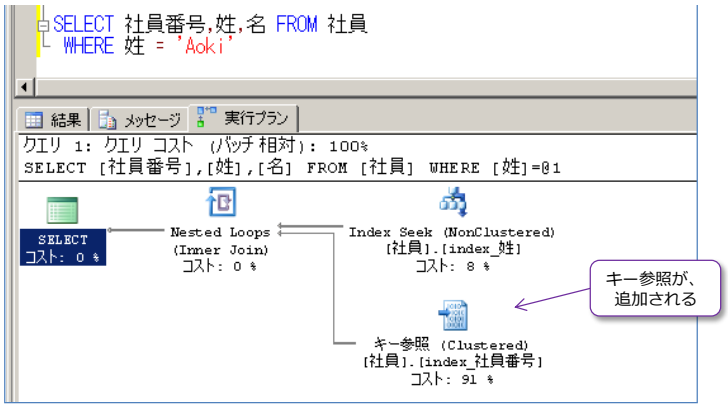
```
SELECT 社員番号, 姓 FROM 社員
 WHERE 姓 = 'Aoki'
```



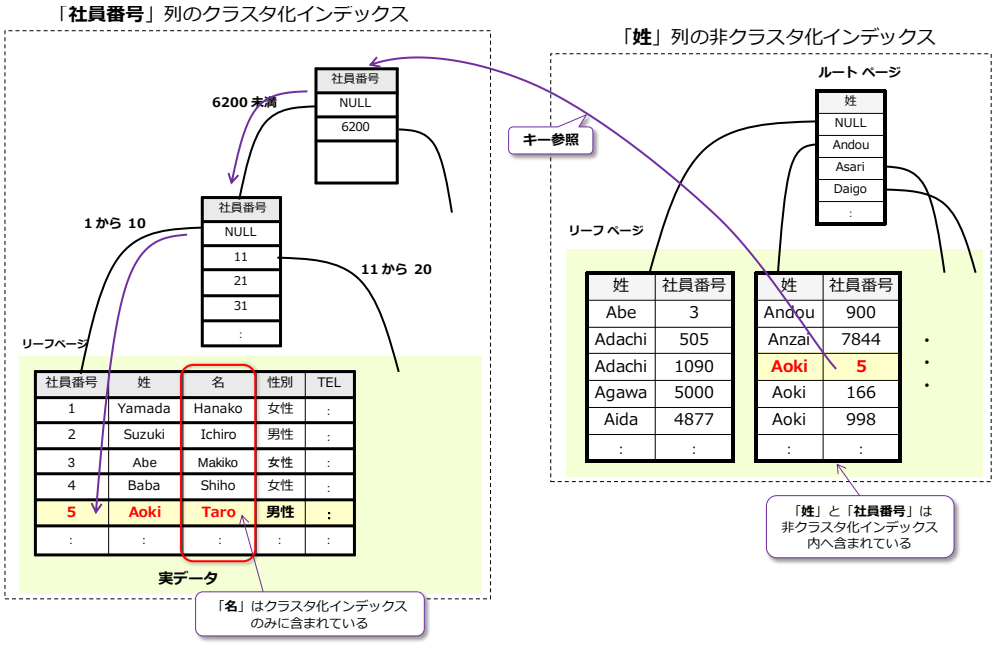
グラフィカル実行プランを表示すると、「姓」列へ作成した非クラスタ化インデックス「**社員.index_姓**」の **Index Seek** のみが実行されたことを確認できます。RID Lookup アイコンが表示されないことがポイントです。「社員番号」と「姓」列のデータは、非クラスタ化インデックスのリーフ レベルへ格納されているので、実際のデータを探すことなく、インデックスの Seek のみで検索が完了しているのです（検索が高速に実行できています）。

5. 続いて、「社員番号」と「姓」列以外の列として「**名**」列も取得してみましょう。

```
SELECT 社員番号, 姓, 名 FROM 社員
 WHERE 姓 = 'Aoki'
```

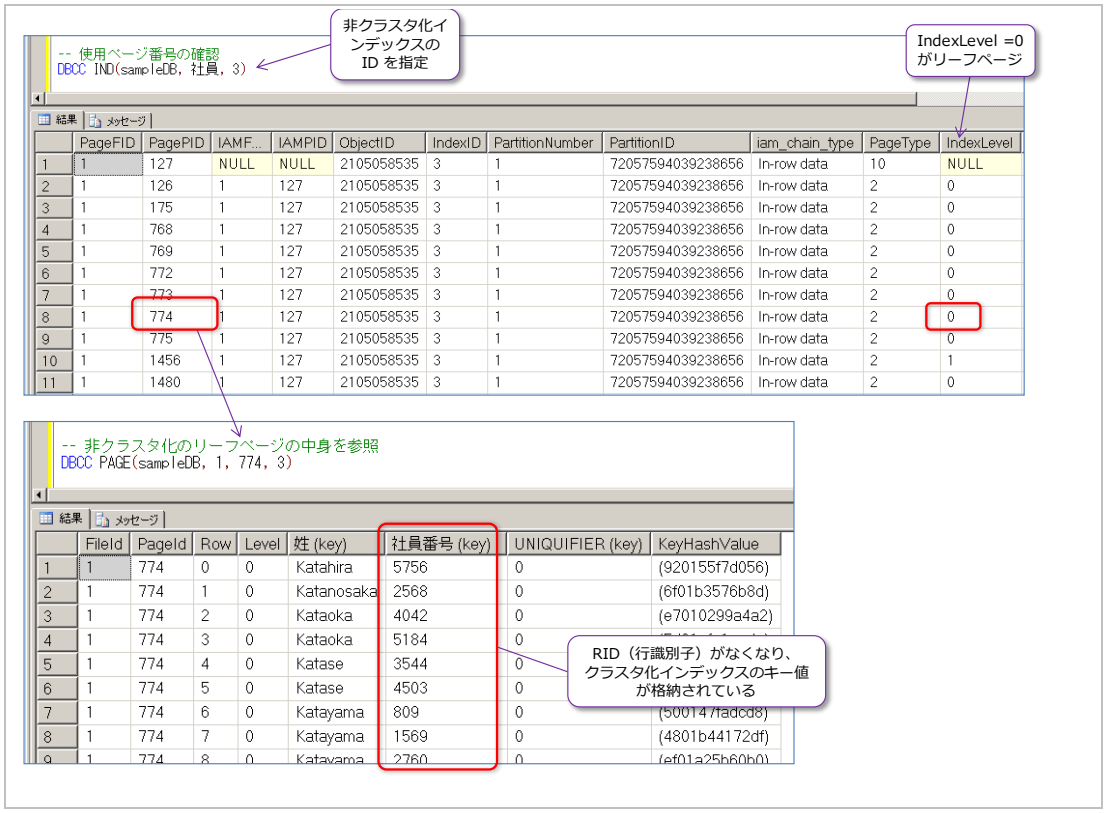


今度は、グラフィカル実行プランに「**キー参照**」アイコンが表示されます。これは、RID Lookup と同様に、実際のデータを参照したという内部動作です。RID Lookup からキー参照へ変わったのは、実際のデータへのポインタがクラスタ化インデックスの値（キー）に変更されたためです。「名」列の値は、非クラスタ化インデックスのリーフ レベルに格納されていないので、取得するには、実データへアクセスしなければなりません。



Note： リーフ ページの中身を DBCC PAGE コマンドで参照

前の Step の Note で説明した、隠しコマンドの DBCC IND と DBCC PAGE を利用すれば、非クラスタ化インデックスのリーフ ページへ、（行識別子： RID ではなく）クラスタ化インデックスのキー値が格納されていることを確認することができます。


非クラスタ化インデックスの ID を指定
IndexLevel =0 がリーフページ
-- 使用ページ番号の確認
DBCC IND(sampleDB, 社員, 3)
結果
メッセージ
PageFID PagePID IAMF... IAMPID ObjectID IndexID PartitionNumber PartitionID iam_chain_type PageType IndexLevel
1 1 127 NULL NULL 2105058535 3 1 72057594039238656 In-row data 10 NULL
2 1 126 1 127 2105058535 3 1 72057594039238656 In-row data 2 0
3 1 175 1 127 2105058535 3 1 72057594039238656 In-row data 2 0
4 1 768 1 127 2105058535 3 1 72057594039238656 In-row data 2 0
5 1 769 1 127 2105058535 3 1 72057594039238656 In-row data 2 0
6 1 772 1 127 2105058535 3 1 72057594039238656 In-row data 2 0
7 1 773 1 127 2105058535 3 1 72057594039238656 In-row data 2 0
8 1 774 1 127 2105058535 3 1 72057594039238656 In-row data 2 0
9 1 775 1 127 2105058535 3 1 72057594039238656 In-row data 2 0
10 1 1456 1 127 2105058535 3 1 72057594039238656 In-row data 2 1
11 1 1480 1 127 2105058535 3 1 72057594039238656 In-row data 2 0
-- 非クラスタ化のリーフページの中身を参照
DBCC PAGE(sampleDB, 1, 774, 3)
結果
メッセージ
FileId PageId Row Level 姓 (key) 社員番号 (key) UNIQUIFIER (key) KeyHashValue
1 1 774 0 0 Katahira 5756 0 (920155f7d056)
2 1 774 1 0 Katanosaka 2568 0 (6f01b3576b8d)
3 1 774 2 0 Kataoka 4042 0 (e7010299a4a2)
4 1 774 3 0 Kataoka 5184 0
5 1 774 4 0 Katase 3544 0
6 1 774 5 0 Katase 4503 0
7 1 774 6 0 Katayama 809 0
8 1 774 7 0 Katayama 1569 0 (4801b44172df)
RID（行識別子）がなくなり、クラスタ化インデックスのキー値が格納されている

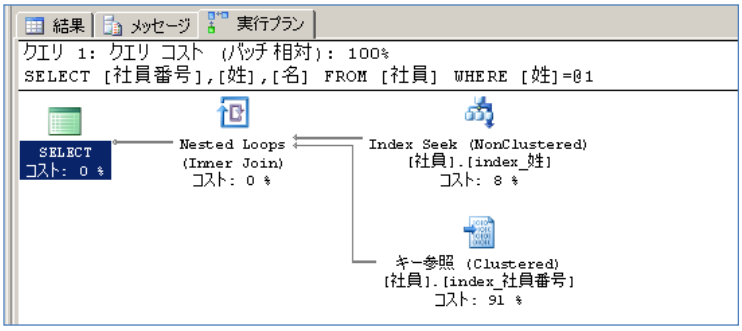
3.9　カバリング インデックス（複合インデックス）

カバリング インデックス（複合インデックス）

カバリング インデックス（Covering Index）は、非クラスタ化インデックスのリーフレベルへ検索で取得したいデータを格納して、キー参照（または RID Lookup）を行うことなく、Index Seek のみで完了する、つまり検索をインデックスのみでカバーするテクニックです。

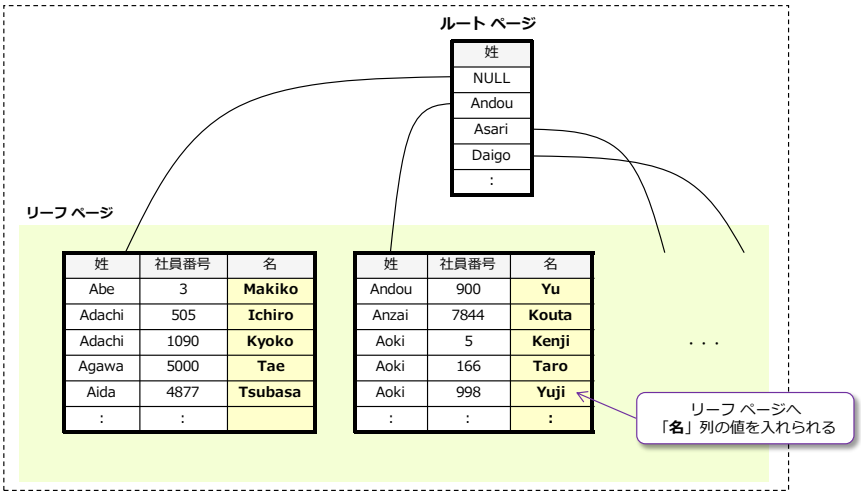
たとえば、前の Step で試した次の検索は、「名」列のデータを取得するために、「キー参照」が行われていました。

```
SELECT 社員番号, 姓, 名 FROM 社員 WHERE 姓 = 'Aoki'
```



このような場合に、「姓」と「名」列のカバリング インデックスを作成しておけば、リーフ レベルへ「名」列の値を格納できるようになるので、実際のデータを探す（キー参照をする）ことなく、インデックスのみで検索を完了させることができます。これにより、パフォーマンスを向上させることができます。

（姓, 名）のカバリング インデックス（イメージ図）



カバリング インデックスの作成

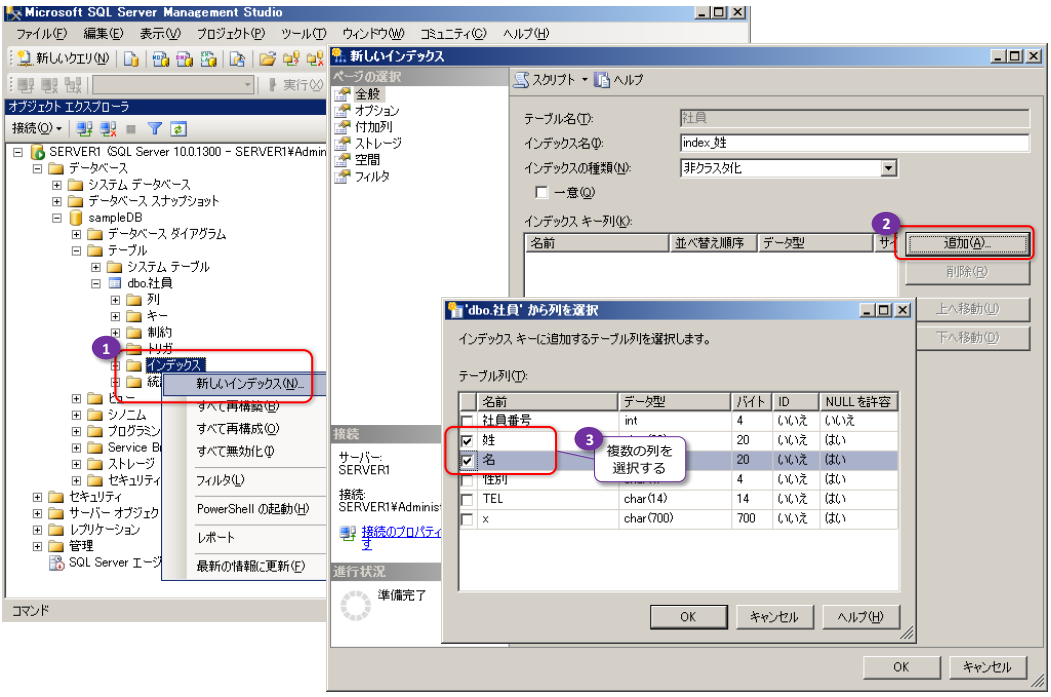
カバリング インデックスを作成するには、CREATE INDEX ステートメントを次のように利用します。

```
CREATE INDEX インデックス名
 ON テーブル名(列 1, 列 2, …)
```

列名をカンマで区切って指定することで、それらの列をインデックスのリーフ ページへ含めることができるようになります。

GUI での作成

カバリング インデックスを、オブジェクト エクスプローラから作成する場合は、次のように操作します。



インデックスを作成する列の選択時に、複数の列を選択することで、カバリング インデックスを作成することができます。

Let's Try

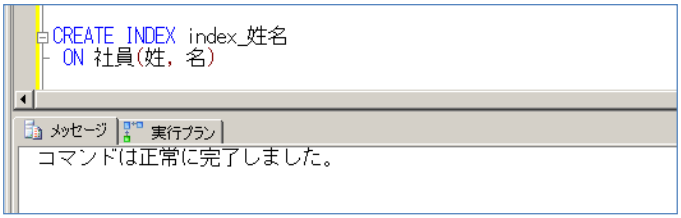
それでは、カバリング インデックスを作成してみましょう。

1. まずは、「姓」列へ作成していた非クラスタ化インデックスを削除します。

```
DROP INDEX 社員.index_姓
```

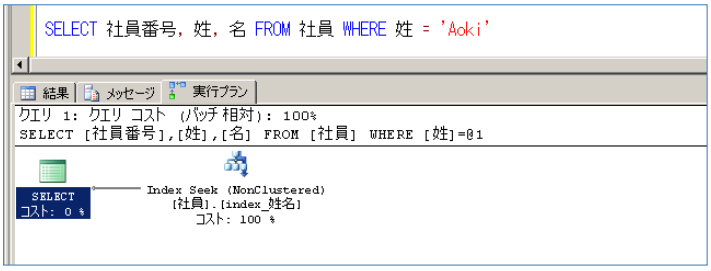
2. 次に、「**姓**」と「**名**」列を含めたカバリング インデックスを作成してみましょう。

```
CREATE INDEX index_姓名
 ON 社員(姓, 名)
```



3. 作成が完了したら、姓が「**Aoki**」さんの「**社員番号**」と「**姓**」、「**名**」列を取得する検索を実行してみましょう。

```
SELECT 社員番号, 姓, 名 FROM 社員 WHERE 姓 = 'Aoki'
```



今度は、Index Seek のみで検索が完了し、「キー参照」は実行されていないことを確認できます。「社員番号」と「名」列はリーフ レベルへ格納されているので、実際のデータを探すことなく、インデックスを Seek するだけで検索が完了しているのです。

このようにカバリング インデックスを利用すると、「キー参照」をしなくて済む分、大きくパフォーマンスを向上させることができます。

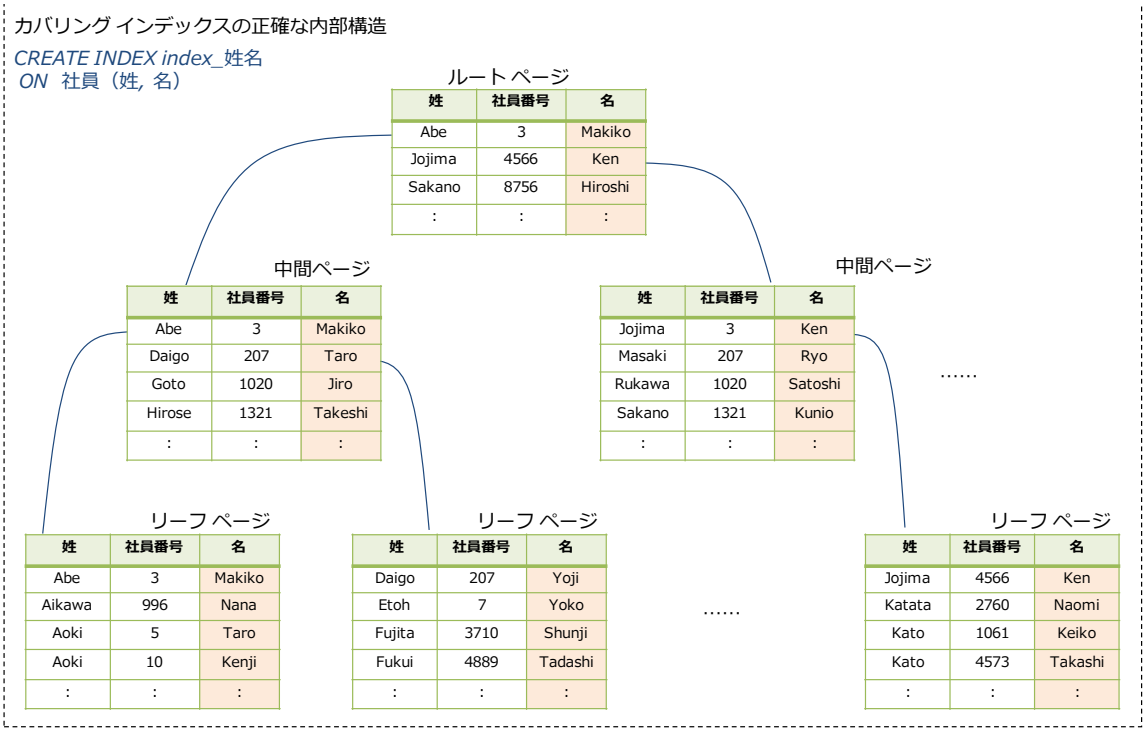
カバリング インデックスの注意

カバリング インデックスを作成するときは、列の順番に注意する必要があります。**(姓, 名)** と指定する場合と **(名, 姓)** と指定する場合では、構造が異なります。カバリング インデックスは、一番左へ指定した列でツリー構造が作成されるので、WHERE 句の検索条件で指定される列を、一番左へ指定しておくようにします。

2 つ目以降の列データは、リーフ レベルへ格納されますが、その分余計にディスク領域を消費することにも注意する必要があります。特に追加した列のデータ サイズが大きい場合には要注意です。また、実際のデータの更新時のインデックス自身を更新するオーバー ヘッドもデータ サイズが増える分だけ大きくなります。

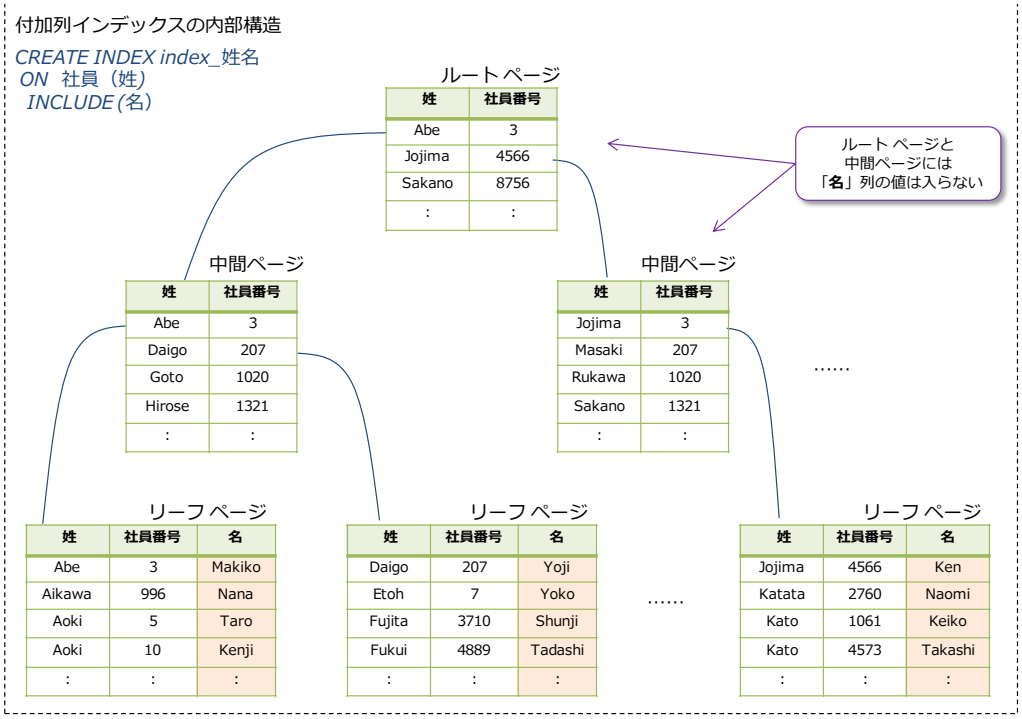
カバリング インデックスの正確な内部構造

カバリング インデックスで 2 つ目以降へ指定した列データは、正確には、次の図のように、中間ページとルート ページにも格納されます。また、中間ページとルート ページには、行識別子 (RID) またはクラスタ化インデックスのキー値も格納されます。



このように、カバリング インデックスでは、中間ページとルート ページにも 2 つ目以降へ指定した列データ格納するので、その列データのサイズが大きい場合には、非常にインデックス サイズが大きくなってしまい、パフォーマンスの低下に繋がるケースがあります。

これを解消してくれる機能が、次に説明する「**付加列インデックス**」（Include オプション）です。付加列インデックスの場合は、次のように中間とルートへ値を格納することなく、リーフのみへ値を格納できるようになります。

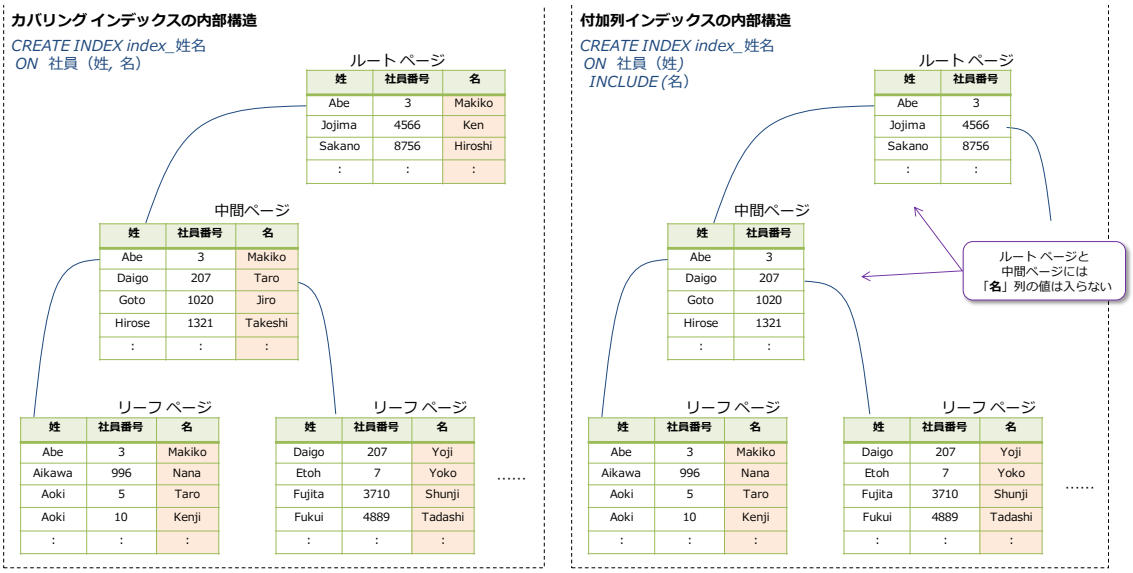


付加列インデックスは、カバリング インデックスの欠点を補うために搭載された機能です。

3.10 付加列インデックス（Include オプション）

付加列インデックス

付加列インデックスは、「Include オプション」とも呼ばれ、インデックスのリーフ レベルへ指定した列を含める（Include する）ことができる機能で、SQL Server 2005 から提供されました。カバリング インデックス (複合インデックス) との違いは、前のページにも掲載しましたが、次の図のとおりです。



カバリング インデックスは、インデックスのリーフ レベルだけでなく、ルートと中間ページにもカバリングへ含めた列（「名」列）の値を格納しますが、付加列インデックスの場合はリーフ レベルにしか値を格納しません。これにより、インデックス サイズを小さくすることができます。インデックス サイズを小さくできれば、インデックスの Seek および Scan で読み取るページ数 (I/O 数) を少なくできるので、パフォーマンスが向上します。

付加列インデックスは、カバリング インデックス（複合インデックス）の欠点を補った機能なので、どちらを利用するかを迷ったら、迷わず付加列インデックスを利用することをお勧めします。

付加列インデックスの作成

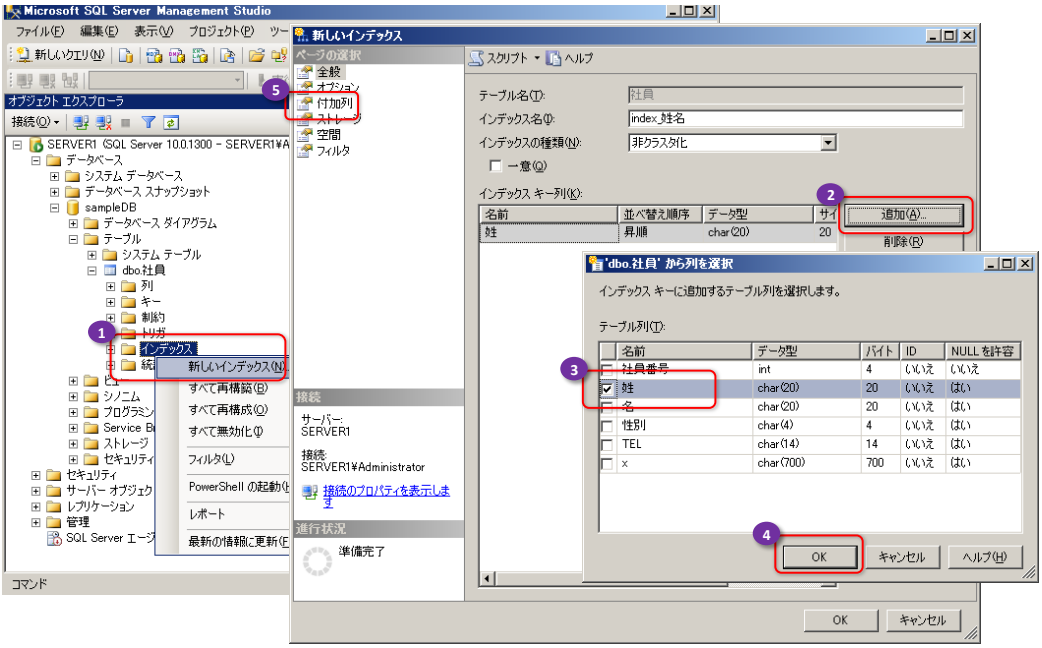
付加列インデックスを作成するには、CREATE INDEX ステートメントを次のように利用します。

```
CREATE INDEX index_姓名
 ON 社員(列名)
 INCLUDE(リーフへ含めたい列名 1, 列名 2, …)
```

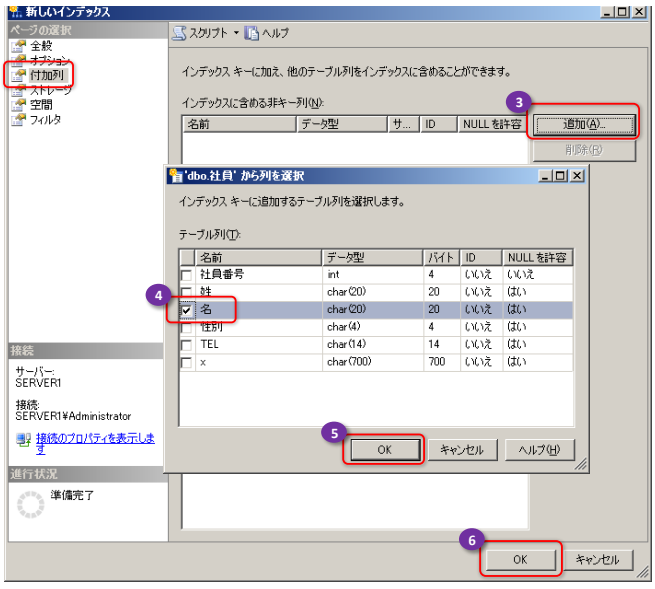
INCLUDE キーワードを付けて、含めたい列をカッコ内へ記述します。

GUI でのインデックスの作成

付加列インデックスを、オブジェクト エクスプローラから作成する場合は、次のように操作します。



［新しいインデックス］ダイアログで、インデックスを作成する列を追加したあとに、［**付加列**］ページをクリックして開きます。



［追加］ボタンをクリックして、リーフページに含める列をチェックし、［OK］ボタンをクリックします。

Let's Try

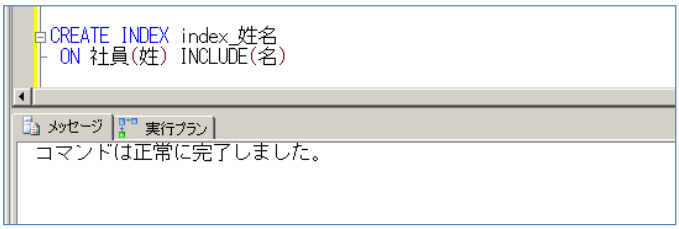
それでは、付加列インデックスを作成してみましょう。

1. まずは、前の Step で作成したカバリング インデックス「**index_姓名**」を削除します。

```
DROP INDEX 社員.index_姓名
```

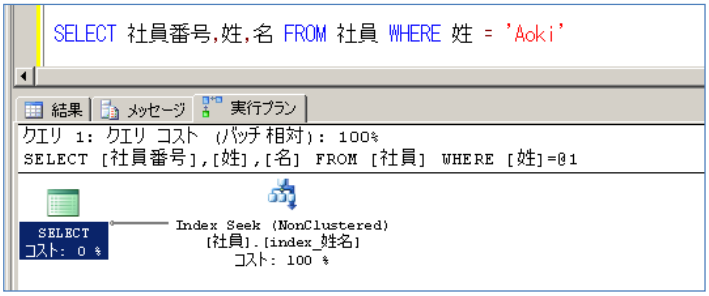
2. 次に、「**姓**」列に対して、「**名**」列を含む付加列インデックスを作成します。

```
CREATE INDEX index_姓名
 ON 社員(姓) INCLUDE(名)
```



3. 作成が完了したら、カバリング インデックスのときと同じ検索を実行してみましょう。

```
SELECT 社員番号, 姓, 名 FROM 社員 WHERE 姓 = 'Aoki'
```

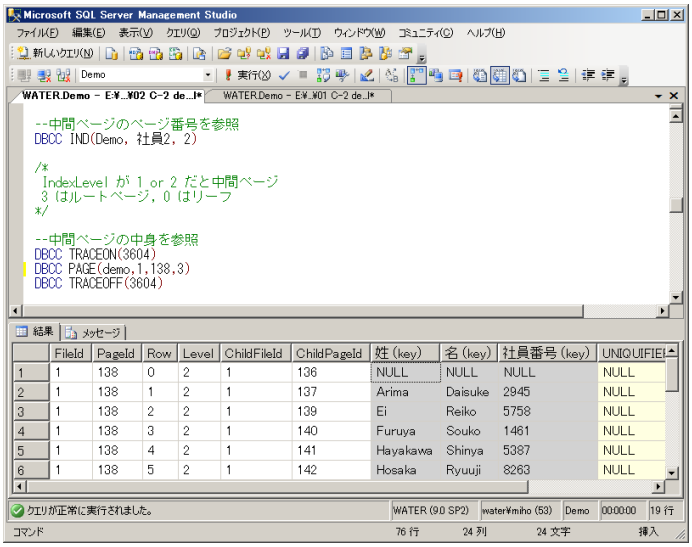


結果は、カバリング インデックスのときと同様、Index Seek のみが実行されたことを確認できます。

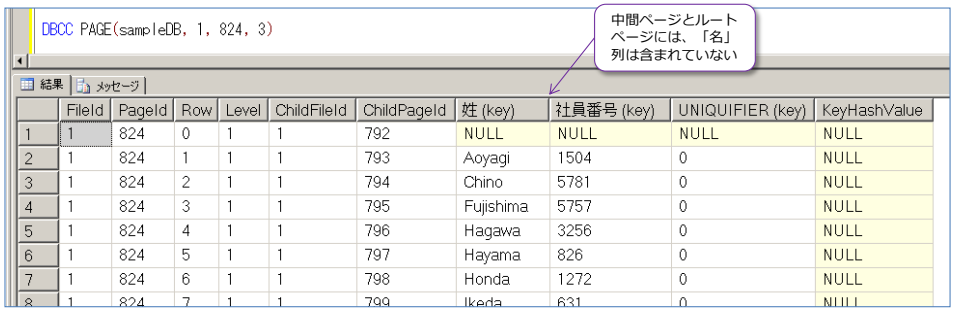
Note： カバリングと付加列インデックスの中身の参照

隠しコマンドの DBCC IND と DBCC PAGE を利用して、実際のカバリング インデックスの中身（中間またはルート　ページ）を参照すると、次のようになります。

カバーリング インデックスの中間ページの中身



カバリング インデックスは、中間またはリーフ ページにも、「名」列が含まれていることを確認できます。
これに対して、付加列インデックスの中身を参照すると、次のようになります。



	FileId	PageId	Row	Level	ChildFileId	ChildPageId	姓 (key)	社員番号 (key)	UNIQUIFIER (key)	KeyHashValue
1	1	824	0	1	1	792	NULL	NULL	NULL	NULL
2	1	824	1	1	1	793	Aoyagi	1504	0	NULL
3	1	824	2	1	1	794	Chino	5781	0	NULL
4	1	824	3	1	1	795	Fujishima	5757	0	NULL
5	1	824	4	1	1	796	Hagawa	3256	0	NULL
6	1	824	5	1	1	797	Hayama	826	0	NULL
7	1	824	6	1	1	798	Honda	1272	0	NULL
8	1	824	7	1	1	799	Ikeda	631	0	NULL

付加列インデックスの場合は、「名」列が含まれていないことを確認できます。
これにより、付加列インデックスの方がカバリング インデックスよりも、インデックスのサイズを小さくすることができます。この差はデータのサイズが大きければ大きいほど差が顕著になります。
前述したように、インデックス サイズが小さくなれば、インデックスの Seek および Scan で読み取るページ数 (I/O 数) を少なくできるので、付加列インデックスの方がパフォーマンスを向上させることができます。

STEP 4. インデックスの保守

インデックスを作成したテーブルに対してデータの追加や更新を行っていくと、いずれデータの断片化が発生します。この STEP では、パフォーマンスの低下を引き起こす断片化と、断片化の解消方法、事前防止策などを説明します。

この STEP では、次のことを学習します。

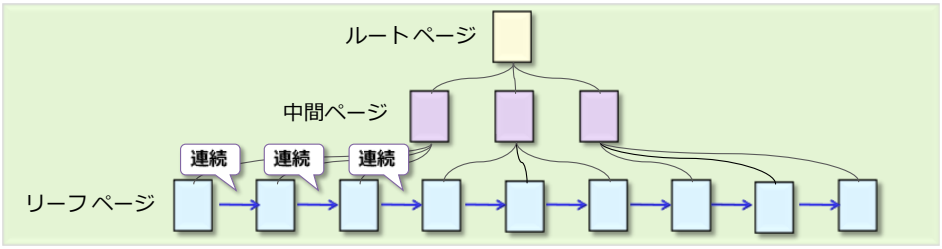
- ✓ 断片化とは
- ✓ 断片化の調査： dm_db_index_physical_stats
- ✓ 断片化の解消
- ✓ 再構築と再編成の違い
- ✓ 断片化の事前防止策： FILLFACTOR

4.1　断片化とは

断片化とは

インデックスのリーフ ページは、Index Scan を高速化するために、次のようにそれぞれのページ同士がリンクしています。

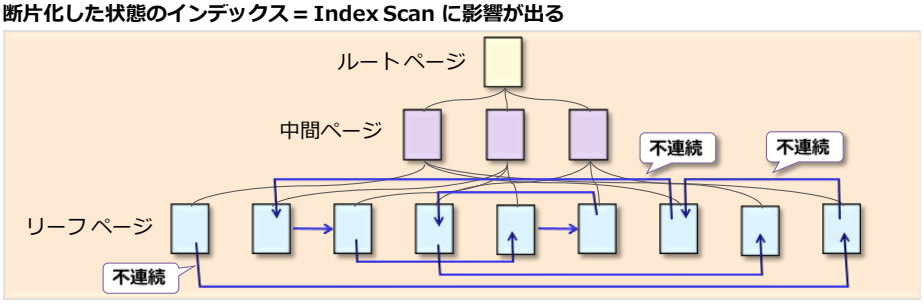
断片化発生前のインデックス = Index Scan が高速



リーフ ページは、物理的に連続して格納されている場合は、先読み（先行読み取り）機能が効果的に働き、パフォーマンス良くデータを取得することができます。

断片化（fragmentation: フラグメンテーション）は、次のようにリーフ ページが連続的ではなく断片的に格納された状態です。

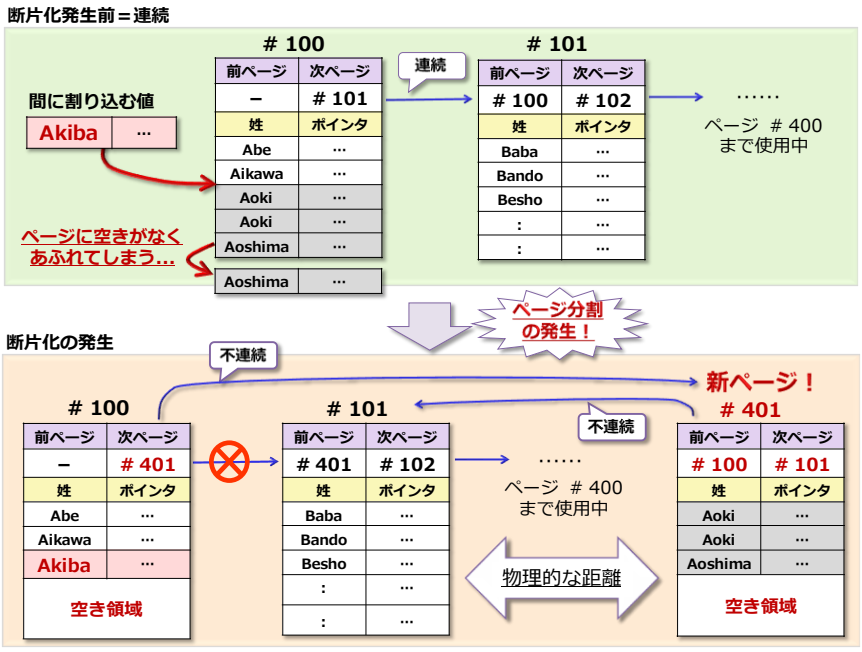
断片化した状態のインデックス = Index Scan に影響が出る



このように、リンクしているページが物理的に離れた場所にある状態が断片化が発生した状態です。このままでは、先読み機能が効果的に働かなくなり、Index Scan のパフォーマンスが大きく低下します。したがって、インデックスを作成した後は、断片化を事前防止する、あるいは断片化を解消するための保守を行うことが非常に重要になります。

断片化の原因（ページ分割）

デフォルトでは、ページ内は、追加または更新されたデータによって満杯に埋まっています。この状態で、間に割り込む値が追加されると、「**ページ分割**」が発生します。たとえば、次の図は、「姓」列へ作成したインデックスのリーフ ページが満杯に埋まっている状態を表していますが、このとき「**Akiba**」さんという間に割り込む値が INSERT されたとすると、ページには入りきらないので、物理的に離れた場所へ新しいページが作成されます。



この動作（ページ分割）は、インデックスが常に昇順に並べ替えられた状態に保たれている必要があるために行われています。間に割り込む値が追加されると、その値によって溢れ出たデータを格納するための新しいページが必要になるのです。また、このページには、溢れ出た 1 行のみが格納されるのではなく、元のページと新しいページが半分半分になるように調整されます。これは、もう一度間に割り込む値が追加されたとしても、簡単にページ分割を発生させないようにするための処置です（ページ分割を連続して発生させないための処置です）。このようなページ分割は、元のページと新しいページに半分半分にデータを割り当てることから「**50-50 ページ分割**」とも呼ばれています。

50-50 ページ分割によって作成された新しいページは、物理的には、最後の空きページが利用される場合がほとんどです。これによって、リーフ ページが断片化した状態が生まれます。

4.2　断片化の調査： dm_db_index_physical_stats

断片化の調査： dm_db_index_physical_stats

断片化が発生しているかどうかを調べるには、Step3 でインデックスの階層数と使用ページ数を調べるために利用した **dm_db_index_physical_stats** 動的管理関数を利用します。構文は次のとおりです。

```
SELECT * FROM sys.dm_db_index_physical_stats
 (データベースID, テーブルID, インデックスID, パーティション番号, 'スキャンモード')
```

この関数の出力結果のうち、主なものは次のとおりです。

主な結果列	説明	LIMITED モードの場合
index_id	インデックス ID	○
index_depth	インデックスの階層数	○
index_level	インデックスのレベル	○
avg_fragmentation_in_percent	**断片化の割合（%）**	○
fragment_count	断片化しているページ数	○
page_count	ページ数	○
avg_page_space_used_in_percent	ページ内をデータで占める割合の平均	**NULL**
record_count	レコード数	**NULL**
avg_record_size_in_bytes	平均レコード サイズ	**NULL**

avg_fragmentation_in_percent という列で、断片化の割合を確認することができます。

スキャン モード

dm_db_index_physical_stats 関数の第 5 引数で指定するスキャン モードは、次の 3 種類があります。

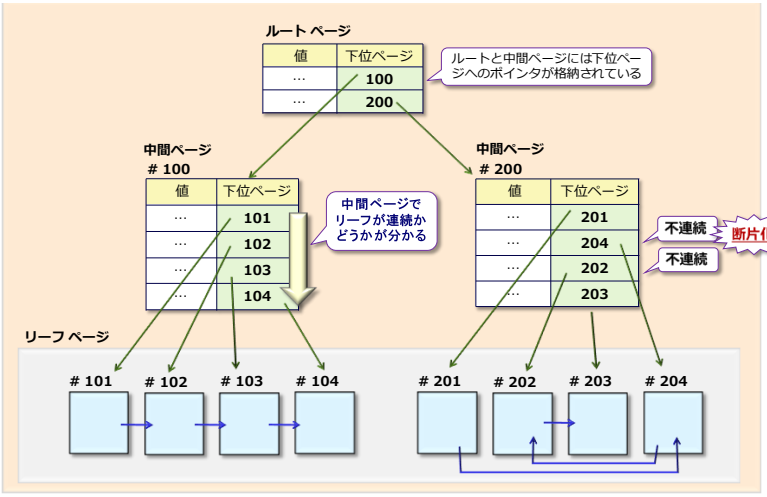
モード	スピード	説明
LIMITED	最速	断片化の割合のみを判別。SQL Server 2000 の DBCC SHOWCONTIG コマンドでの WITH FAST に相当するモード
SAMPLED	高速	LIMITED モードのスキャンに加えて、一部のリーフ ページの読み取りを行う。10,000 ページ以上のインデックスでは、1% と 2% のサンプリング（サンプル抽出）した結果を比較し、その結果に差がある場合は、10% のサンプリングを行い、その結果を返す。差がない場合は 2% の結果を返す。
DETAILED	低速	100% のデータ（すべてのリーフ）を対象に、すべての情報を取得

LIMITED モードを使用すると、最も高速に断片化を調査することができます。

LIMITED モードが高速な理由

dm_db_index_physical_stats 関数の LIMITED モードが高速な理由は、インデックスのリーフ レベルをスキャンせずに、ルート ページと中間ページのみを調査して、断片化の割合を算出するためです。次の図のように、中間ページにはリーフ ページのページ番号が格納されているので、

ページ番号が連続か不連続であるかをチェックするだけで、断片化の割合を調べることができます。



ただし、LIMITED モードの場合には、**avg_page_space_used_in_percent**（ページの平均使用密度）や、**record_count**（ページ内の行数）など、結果を取得できない列もあります。詳しくは、オンライン ブックの次の場所を参考にしてください。

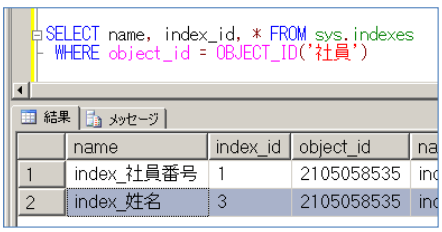
データベース エンジン
> テクニカル リファレンス
> Transact-SQL リファレンス
> システム ビュー
> 動的管理ビューおよび関数
> インデックス関連の動的管理ビューおよび関数
> sys.dm_db_index_physical_stats

Let's Try

それでは、断片化について試してみましょう。

1. まずは、前の Step で作成した付加列インデックス「**index_姓名**」の、インデックス ID を調べましょう。

```
SELECT name, index_id, * FROM sys.indexes
 WHERE object_id = OBJECT_ID('社員')
```

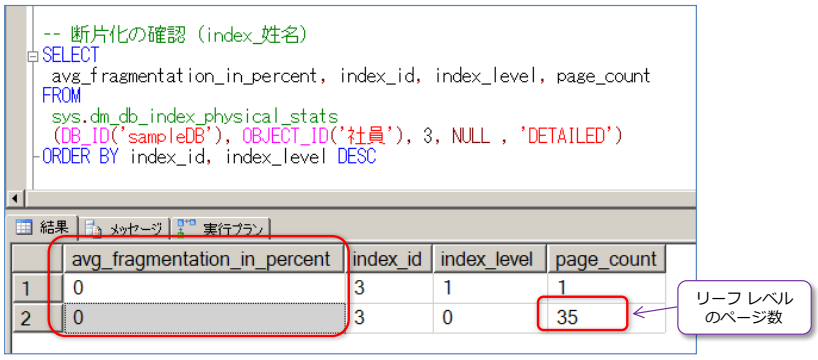


インデックス ID（index_id）が「**3**」であることを確認できます。

2. 続いて、dm_db_index_physical_stats 関数を利用して、「**index_姓名**」の断片化の状態を

チェックしてみましょう。

```
SELECT
 avg_fragmentation_in_percent, index_id, index_level, page_count
FROM
 sys.dm_db_index_physical_stats
 (DB_ID('sampleDB'), OBJECT_ID('社員'), 3, NULL , 'DETAILED')
ORDER BY index_id, index_level DESC
```



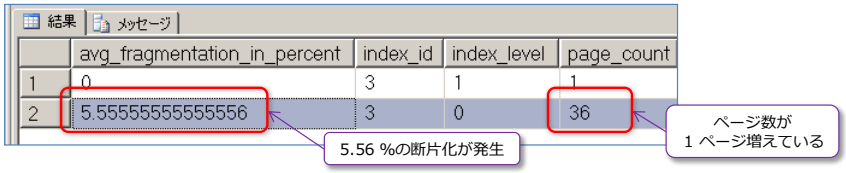
「**avg_fragmentation_in_percent**」列は、すべての階層（**index_level**）で、「**0**」となっていることから、断片化が全く発生していないことを確認できます。また、このときの、リーフ レベル（index_level が 0）のページ数（**page_count** 列）が、「**35**」ページであることも確認できます。

3. 次に、社員テーブルに対して、データを 1 件 INSERT してみましょう。

```
INSERT INTO 社員
 VALUES(10001, 'Aiba', 'Jiro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
```

4. データの追加後、もう一度同じクエリを実行して、index_姓名の断片化の状態をチェックしましょう。

```
SELECT
 avg_fragmentation_in_percent, index_id, index_level, page_count
FROM
 sys.dm_db_index_physical_stats
 (DB_ID('sampleDB'), OBJECT_ID('社員'), 3, NULL , 'DETAILED')
ORDER BY index_id, index_level DESC
```



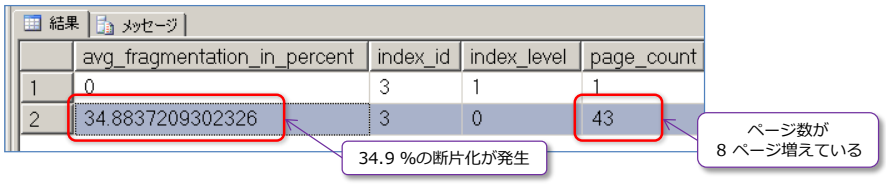
今度は、リーフ レベルで、「**5.555…**」パーセントの断片化が発生し、ページ数がデータを追加する前より 1 ページ増えて、「**36**」ページになっていることを確認できます。

5. 続いて、さらに、社員テーブルに対して、9 件のデータを追加してみましょう。

```
INSERT INTO 社員
 VALUES(10002, 'Eto', 'Goro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10003, 'Fujiwara', 'Goro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10004, 'Goto', 'Goro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10005, 'Inoue', 'Goro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10006, 'Kato', 'Goro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10007, 'Matsumoto', 'Goro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10009, 'Oshima', 'Goro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10009, 'Saito', 'Goro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10010, 'Yamamoto', 'Goro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
```

6. データの追加後、もう一度断片化の状態をチェックします。

```
SELECT
 avg_fragmentation_in_percent, index_id, index_level, page_count
FROM
 sys.dm_db_index_physical_stats
 (DB_ID('sampleDB'), OBJECT_ID('社員'), 3, NULL , 'DETAILED')
ORDER BY index_id, index_level DESC
```



今度は、リーフ レベルで、「**34.88…**」パーセントの断片化が発生していることを確認できます。また、ページ数も「**43**」ページへ増えています。

4.3　断片化の解消（インデックスの再構築と再構成）

断片化の解消

断片化を解消するには、次の 3 つの方法があります。

- インデックスのオフライン再構築
- インデックスのオンライン再構築（Enterprise Edition のみで利用可能）
- インデックスの再編成

これらは、いずれも **ALTER INDEX** ステートメントを利用して実行することができます。

インデックスのオフライン再構築（REBUILD）

インデックスの再構築（オフライン）は、内部的には新しい領域へインデックスを再作成し、古いインデックスを削除することで、断片化を解消します。したがって、インデックスの再構築中は、インデックス全体がロックされるので、再構築中は、別のトランザクションからはインデックスに対して一切アクセスすることができません。再構築が完了するまでは、ユーザー操作は待ち状態になります。これが「オフライン」と呼ばれる理由です。

クラスタ化インデックスの場合は、実際のデータそのものをインデックス内へ格納しているので、再構築中にはテーブル データすべてがアクセスできないことに注意する必要があります。

Note： 再構築にかかる時間

再構築にかかる時間は、インデックスが使用するページ数（ディスク容量）が大きければそれだけ時間がかかります。使用するページ数が大きいのは、行サイズが大きいインデックスで、クラスタ化インデックス、カバリングインデックスなどです。特にクラスタ化インデックスは、実際のデータそのものを格納しているため、再構築には非常に時間がかかります。

インデックスをオフライン再構築（REBUILD）するには、**ALTER INDEX** ステートメントを次のように利用します。

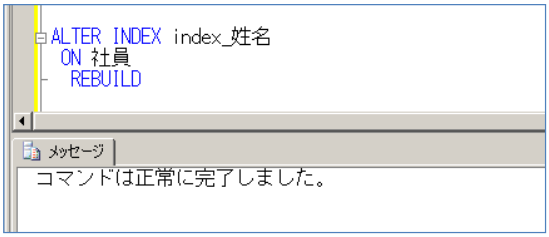
```
ALTER INDEX インデックス名
 ON テーブル
  REBUILD
```

Let's Try

それでは、これを試してみましょう。

1. 社員テーブルへ作成した付加列インデックス「index_姓名」を再構築してみましょう。

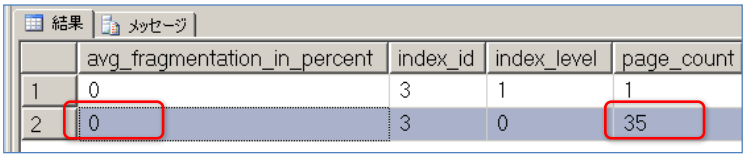
```
ALTER INDEX index_姓名
 ON 社員
  REBUILD
```



「コマンドは正常に完了しました」と表示されれば、再構築が完了しています。

2. 次に、dm_db_index_physical_stats 関数をクエリして、断片化の状態をチェックしてみましょう。

```
SELECT
 avg_fragmentation_in_percent, index_id, index_level, page_count
FROM
 sys.dm_db_index_physical_stats
 (DB_ID('sampleDB'), OBJECT_ID('社員'), 3, NULL , 'DETAILED')
ORDER BY index_id, index_level DESC
```



	avg_fragmentation_in_percent	index_id	index_level	page_count
1	0	3	1	1
2	0	3	0	35

リーフ レベルの **avg_fragmentation_in_percent** が「**0**」% になり、断片化が完全に解消されたことを確認できます。また、**page_count** も「**35**」ページ（断片化する前と同じ）へ戻っていることを確認できます。

インデックスのオンライン再構築

インデックスの再構築は、オンラインで行うことも可能です。これは、SQL Server 2005 から提供された機能で、Enterprise Edition でのみ利用することができます。インデックスの再構築をオンラインで実行した場合は、再構築中にユーザーがデータへアクセスすることができます。

インデックスの再構築をオンラインで行うには、ALTER INDEX ステートメントを次のように実行します。

```
ALTER INDEX インデックス名
 ON テーブル
  REBUILD
   WITH ONLINE = ON
```

インデックスの再編成（REORGANIZE）

インデックスの再編成は、SQL Server 2000 までは、**DBCC INDEXDEFRAG** コマンドとして提供されていた機能です。インデックスの再編成は、リーフ ページの断片化のみを解消し、再編

成の実行中もユーザーがアクセスすることができます。ただし、ロック中のページはスキップされて、また、断片化の度合いがひどい場合には、インデックスの再構築（REBUILD）よりも実行時間のかかってしまうので注意してください。

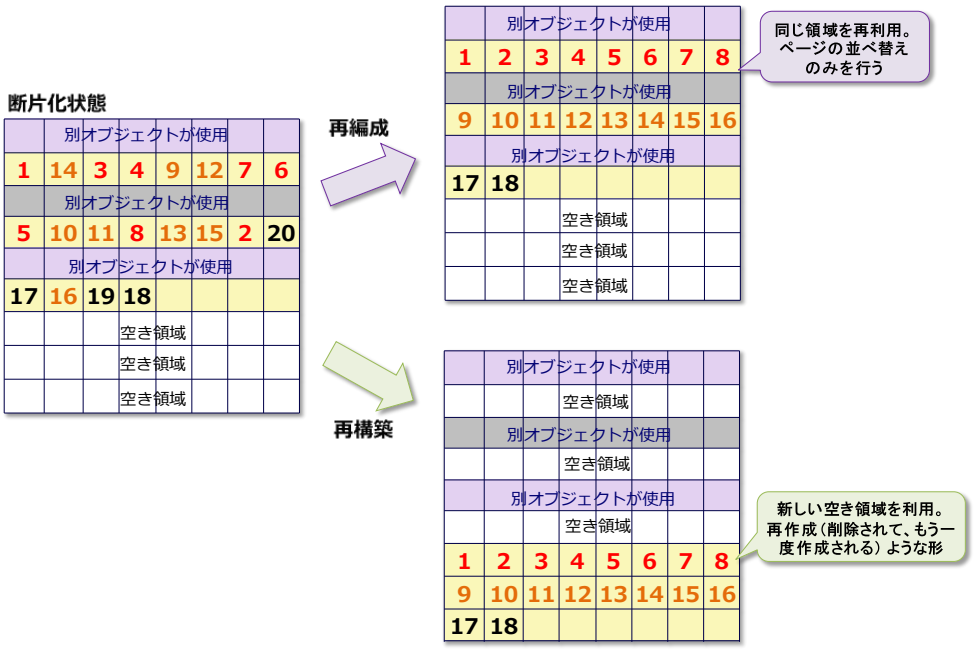
インデックスの再編成を実行するには、**ALTER INDEX** ステートメントを次のように実行します。

```
ALTER INDEX インデックス名
 ON テーブル
  REORGANIZE
```

再構築と再編成の違い

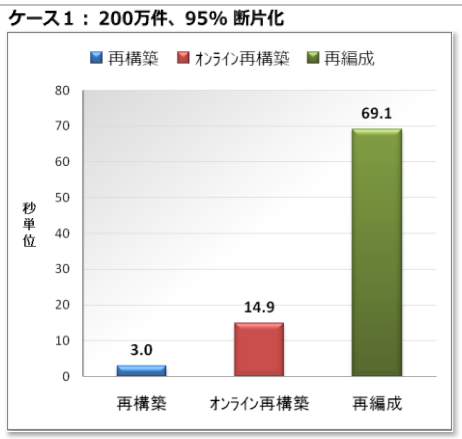
インデックスの再編成は、同じ領域を再利用して、それぞれのページを比較して並び替えを行うことで、断片化を解消しています。このような内部動作の違いがあるので、再編成は断片化の割合が大きい場合には、非常に時間がかかってしまいます。

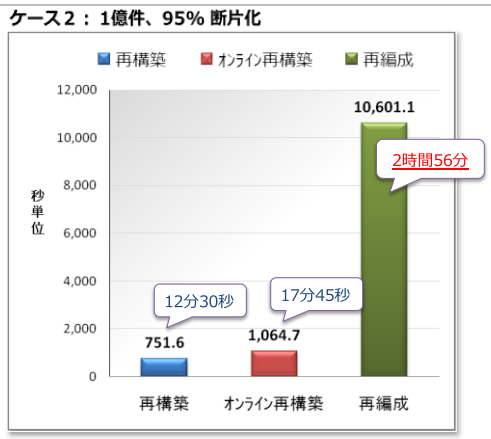
これに対して、インデックスの再構築は、新しい領域にインデックスを再作成します。



Note： 断片化の割合が 30% 未満なら再編成、それ以上なら再構築

再構築を行うか、再編成を行うのかのおおまかな指針は、断片化の割合が 30% 未満なら再編成、それ以上なら再構築です。再編成（REORGANIZE）は、断片化の割合がひどい場合には、非常に時間がかかります。たとえば、次の 2 つのグラフは、弊社のお客様のデータで、再編成と再構築の実行時間を比較したものです。





データが 1 億件で、95%断片化しているデータベースでは、オフライン再構築が 12 分 30 秒で完了しているのに対して、再編成が 2 時間 56 分もかかっています。

Note： 再構築と再編成の詳細比較

再構築と再編成の違いについては、次の表を参考にしてください。

	オフライン再構築	オンライン再構築	再編成（ReOrganize）
SQL Server 2000 での機能	DBCC DBREINDEX	ー	DBCC INDEXDEFRAG
Online / Offline	オフライン	オンライン	オンライン
オンライン中の動作	ー	行バージョン管理 機構を使用	ロック中のページ をスキップ
追加のディスク領域	既存のインデックス サイズ + α	既存のインデックス サイズ + α + 一時マッピング インデックス （≒キーの長さ×行数）	不要
一括ログ モデル	最小ログ記録		完全記録
再コンパイルと 統計の自動更新	行う		行わない
FILLFACTOR	設定可能		設定不可 既存の設定に基づく
並列処理	MAXDOP で制御可 （並列処理は Enterprise Edition の機能）		不可（常に 1 ）

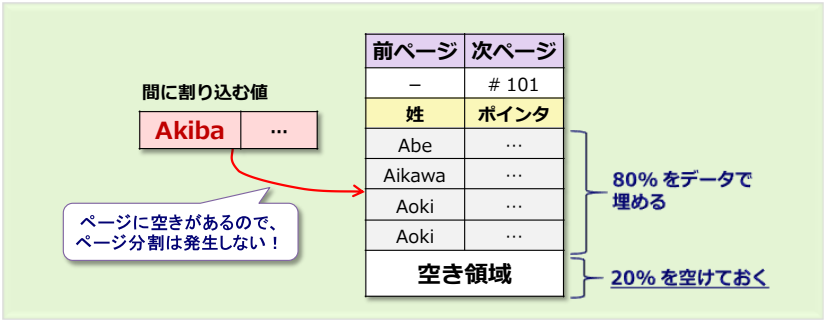
4.4　断片化の事前防止策： FILLFACTOR

断片化の事前防止策： FILLFACTOR

インデックスの再構築や再編成を実行して断片化を解消しても、データの追加や更新、削除が行われていくと、また断片化が発生します。断片化の度合いがひどくなっていくと、パフォーマンスへの悪影響も起こってきます。したがって、断片化がすぐに発生しないように事前防止策を講じておくことが重要です。これを行えるのが「**FILLFACTOR**」です。

FILLFACTOR は、「充填率」とも呼ばれ、インデックスの再構築時にリーフ ページ内の領域をデータで占める割合を制御するためのオプションです。これは 0～100%の間に設定することができます。たとえば、FILLFACTOR を 80%に設定した場合は、次のように 80%をデータで埋め、20%を空き領域として残すことができます。

例： FILLFACTOR を 80% に設定した場合のリーフ ページ



このように、事前に空き領域を作成しておけば、データが追加されてもこの領域が利用されるので、（空き領域がなくなるまでは）50-50 ページ分割の発生（断片化）を防ぐことができます。

Note： FILLFACTOR のデフォルト値

FILLFACTOR は、デフォルトは 0% に設定されますが、これは 100% と同じ意味で、ページ内の領域をデータですべて埋めます。したがって、デフォルトでは、リーフページは満杯に埋められ、この状態で間に割り込むデータが追加されると 50-50 ページ分割（断片化）が発生します。

FILLFACTOR を設定したインデックスの再構築

FILLFACTOR は、インデックスの再構築時に設定することができます。これは、ALTER INDEX ステートメントを次のように記述します。

```
ALTER INDEX インデックス名
 ON テーブル
  REBUILD
   WITH ( FILLFACTOR = 値 )
```

Let's Try

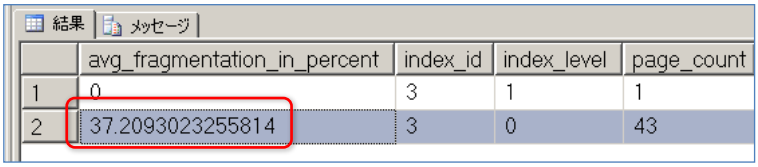
それでは、これを試してみましょう。

1. まずは、社員テーブルに対してデータを 10 件 INSERT して、断片化が発生することを確認してみましょう。(前の Step では、インデックスの再構築を実行したので、断片化が完全に解消されている状態です)。

```
INSERT INTO 社員
 VALUES(10011, 'Aiba', 'Saburo', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10012, 'Matuda', 'Saburo', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10013, 'Kato', 'Goro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10014, 'Matsumoto', 'Goro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10015, 'Okada', 'Ryu', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10016, 'Yamamoto', 'Hiroko', '女性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10017, 'Oda', 'Hiroshi', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10018, 'Sakamoto', 'Kenji', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10019, 'Uchia', 'Yumi', '女性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10020, 'Nakamura', 'Hiromi', '女性', '03-1234-xxxx', '')
```

2. データの追加後、dm_db_index_physical_stats 関数を利用して、断片化の状態をチェックしてみましょう。

```
SELECT
 avg_fragmentation_in_percent, index_id, index_level, page_count
FROM
 sys.dm_db_index_physical_stats
 (DB_ID('sampleDB'), OBJECT_ID('社員'), 3, NULL , 'DETAILED')
ORDER BY index_id, index_level DESC
```



	avg_fragmentation_in_percent	index_id	index_level	page_count
1	0	3	1	1
2	37.2093023255814	3	0	43

リーフ ページが「**37.2…**」パーセントの断片化が発生していることを確認できます。このように、インデックスを再構築した後に、データが追加された場合は、また、断片化が発生してしまうのです。

3. 次に、**FILLFACTOR** を利用して、断片化を事前防止してみましょう。FILLFACTOR を設定

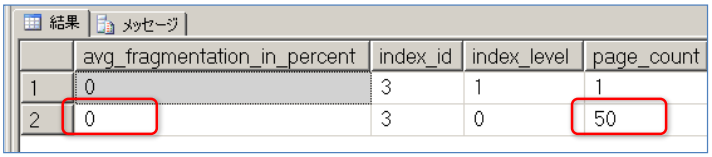
するには、次のように ALTER INDEX ステートメントを実行して、インデックスを再構築します。

```
ALTER INDEX index_姓名
 ON 社員
  REBUILD WITH ( FILLFACTOR = 70 )
```

FILLFACTOR には、70 を指定することで、30% の空き領域を作っています。

4. 次に、dm_db_index_physical_stats 関数を利用して、断片化の状態をチェックします。

```
SELECT
 avg_fragmentation_in_percent, index_id, index_level, page_count
FROM
 sys.dm_db_index_physical_stats
 (DB_ID('sampleDB'), OBJECT_ID('社員'), 3, NULL , 'DETAILED')
ORDER BY index_id, index_level DESC
```

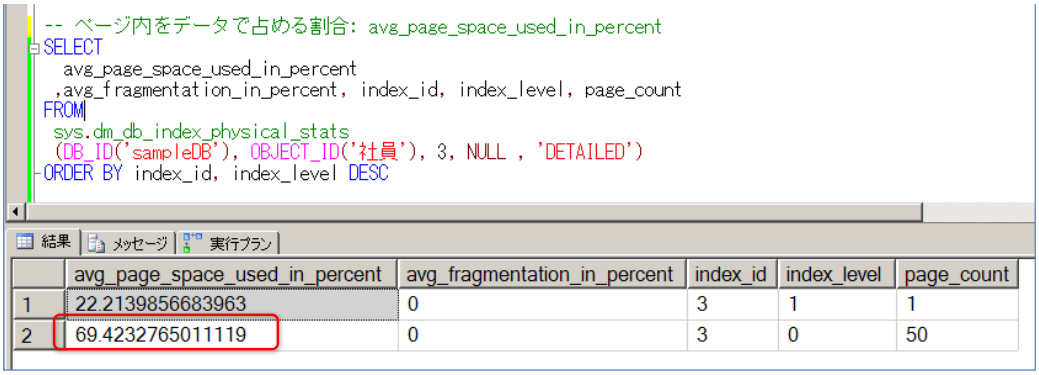


断片化が「**0**」% になって、断片化が起きていない状態であることを確認できます。

また、リーフ レベルの page_count が、「**50**」ページへ増えていることにも注目します。これは、30% の空き領域を作ったことで、使用するページ数が増えています。

5. dm_db_index_physical_stats 関数では、**avg_page_space_used_in_percent** 列を取得すると、ページの平均使用密度を調べることができます。

```
SELECT
  avg_page_space_used_in_percent
 ,avg_fragmentation_in_percent, index_id, index_level, page_count
FROM
 sys.dm_db_index_physical_stats
 (DB_ID('sampleDB'), OBJECT_ID('社員'), 3, NULL , 'DETAILED')
ORDER BY index_id, index_level DESC
```



```
-- ページ内をデータで占める割合: avg_page_space_used_in_percent
SELECT
  avg_page_space_used_in_percent
 ,avg_fragmentation_in_percent, index_id, index_level, page_count
FROM
 sys.dm_db_index_physical_stats
 (DB_ID('sampleDB'), OBJECT_ID('社員'), 3, NULL , 'DETAILED')
ORDER BY index_id, index_level DESC
```

結果 | メッセージ | 実行プラン

	avg_page_space_used_in_percent	avg_fragmentation_in_percent	index_id	index_level	page_count
1	22.2139856683963	0	3	1	1
2	69.4232765011119	0	3	0	50

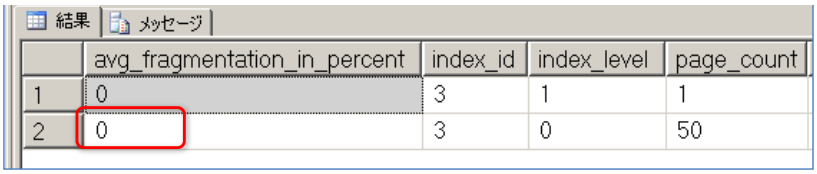
FILLFACTOR を 70%へ設定しているので、**avg_page_space_used_in_percent**（ページの平均使用密度）が「**69.4…**」（約 70%）であることを確認できます。

6. 次に、もう一度、社員テーブルに対して、データを 10 件 INSERT してみましょう。

```
INSERT INTO 社員
 VALUES(10011, 'Aiba', 'Saburo', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10012, 'Matuda', 'Saburo', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10013, 'Kato', 'Goro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10014, 'Matsumoto', 'Goro', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10015, 'Okada', 'Ryu', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10016, 'Yamamoto', 'Hiroko', '女性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10017, 'Oda', 'Hiroshi', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10018, 'Sakamoto', 'Kenji', '男性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10019, 'Uchia', 'Yumi', '女性', '03-1234-xxxx', '')
INSERT INTO 社員
 VALUES(10020, 'Nakamura', 'Hiromi', '女性', '03-1234-xxxx', '')
```

7. データの追加後、dm_db_index_physical_stats 関数を利用して、断片化の状態をチェックしてみましょう。

```
SELECT
 avg_fragmentation_in_percent, index_id, index_level, page_count
FROM
 sys.dm_db_index_physical_stats
 (DB_ID('sampleDB'), OBJECT_ID('社員'), 3, NULL , 'DETAILED')
ORDER BY index_id, index_level DESCORDER BY index_id, index_level DESC
```



結果 メッセージ

	avg_fragmentation_in_percent	index_id	index_level	page_count
1	0	3	1	1
2	0	3	0	50

結果は、断片化が発生していないことを確認できます。また、page_count も増えていないことを確認できます。

このように、FILLFACTOR を設定しておくと、今後追加されるデータを考慮して、あらかじめページに余裕をもたせて、インデックスを再構築することができるので、再構築後すぐに断片化が発生することを防ぐことができます。

おわりに

最後までこの自習書の内容を試された皆さま、いかがでしたでしょうか？
インデックスは、SQL Server のパフォーマンスを大きく左右する非常に重要な機能です。1 つのテーブルに対して複数のインデックスを作成することができますが、むやみに作成するのは良くありません。更新のオーバーヘッド（データ更新時に、実際のデータだけでなく、インデックス自体を更新する負荷）があるからです。
また、せっかくインデックスを作成しても、インデックスが活用されなかったり、検索のパフォーマンスが向上しなかったりすることもあります。インデックスは、特性をきちんと理解した上で、付加列インデックスなどを効果的に活用して、パフォーマンスの向上に役立てていただければと思います。
また、インデックスの作成後は、定期的な断片化のチェックも重要です。これを怠ると、「ある日突然遅くなった」という事態になりかねません。FILLFACTOR を設定して断片化を事前防止し、定期的にインデックスを再構築または再編成を実行して、健全な状態へ保つようにしましょう。

執筆者プロフィール

有限会社エスキューエル・クオリティ（http://www.sqlquality.com/）

SQL Server と .NET を中心とした「コンサルティング サービス」と「メンタリング サービス」を提供。

主なコンサルティング実績

- 9 TB データベースの物理・論理設計支援 （パーティショニング対応など）
- 1 秒あたり 1,000 Batch Request の ASP（アプリケーション サービス プロバイダ）サイトのチューニング（ピーク時の CPU 利用率 100% を 10% まで軽減）
- 高負荷テスト（ラッシュテスト）実施のためのテスト アプリの作成支援
- 大手流通系システムの夜間バッチ実行時間を 4 時間から 1 時間半へ短縮
- 大手インターネット通販システムの夜間バッチ実行時間を 5 時間から 1 時間半へ短縮
- 宅配便トラッキング情報の日中バッチ実行時間を 2 時間から 5 分へ短縮
- 検索系 Web サイトのチューニング（10 倍以上のパフォーマンス UP を実現）
- 10 Server によるレプリケーション環境のチューニング
- 3 TB のセキュリティ監査アプリケーションのチューニング
- 大手家電メーカーの制御系アプリケーション（100GB）のチューニングと運用管理設計
- 約 3,000 本のストアド プロシージャとユーザー定義関数のチューニング
- ASP.NET / ASP（Active Server Pages）アプリケーションのチューニング
- 大手アミューズメント企業の BI システム設計支援
- 外資系医療メーカーの Analysis Services による「販売分析」システムの設計支援
- 大手企業の Analysis Services による「財務諸表分析」システムの設計支援
- Analysis Services OLAP キューブのパフォーマンス チューニング etc

松本美穂（まつもと・みほ）

有限会社エスキューエル・クオリティ 代表取締役
Microsoft MVP for SQL Server / PASSJ 理事
MCDBA（Microsoft Certified Database Administrator）
MCSD for .NET（Microsoft Certified Solution Developer）

現在、SQL Server を中心とするコンサルティング、企業に対するメンタリング サービスなどを行っている。今までに手がけたコンサルティング案件は、テラバイト クラスの DB から少人数向け小規模 DB までと 幅広く多岐に渡る。得意分野はパフォーマンス チューニング。コンサルティング業務の傍ら、講演や執筆も行い、Microsoft 主催の最大イベント Tech・Ed や、PASSJ が主催するカンファレンスなどでスピーカーとしても活躍中。著書の『SQL Server 2000 でいってみよう』と『ASP.NET でいってみよう』（いずれも翔泳社刊）はトップ セラー（前者は 28,500 部、後者は 15,500 部発行）。のびのびになっている SQL Server の新書籍は、もうじき刊行予定。

松本崇博（まつもと・たかひろ）

有限会社エスキューエル・クオリティ 取締役
Microsoft MVP for SQL Server / PASSJ 理事
MCDBA（Microsoft Certified Database Administrator）
MCSD for .NET（Microsoft Certified Solution Developer）

SQL Server のパフォーマンス チューニングを得意とするコンサルタント。過去には、約 3,000 本のストアド プロシージャのチューニングや、テラバイト級データベースの論理・物理設計、運用管理設計、高可用性設計などを行う。また、過去には、実際のアプリケーション開発経験（ASP／ASP.NET、VB 6.0、Java、Access VBA など）と、システム管理者（IT Pro）経験もあり、SQL Server だけでなく、アプリケーションや OS、Web サーバーを絡めた 総合的なコンサルティングが行えるのが強み。最近は、Analysis Services と Excel 2007 による BI（ビジネス インテリジェンス）システムも得意とする。執筆時のペンネームは「百田昌馬」。月刊 Windows Developer マガジンの 『SQL Server でど～んといってみよう！』、DB マガジンの『SQL Server トラの穴』を連載。マイクロソフト公開のホワイトペーパー（技術文書）のゴースト ライターとして活動することもあり。過去、マイクロソフト認定トレーナー時代には、SMS（Systems Management Server）や、Proxy Server、Commerce Server、BizTalk Server、Application Center、Outlook CDO などの講習会も担当。1998 年度には、Microsoft CTEC（現 CPLS）トレーナー アワード（Trainer of the Year）を受賞。