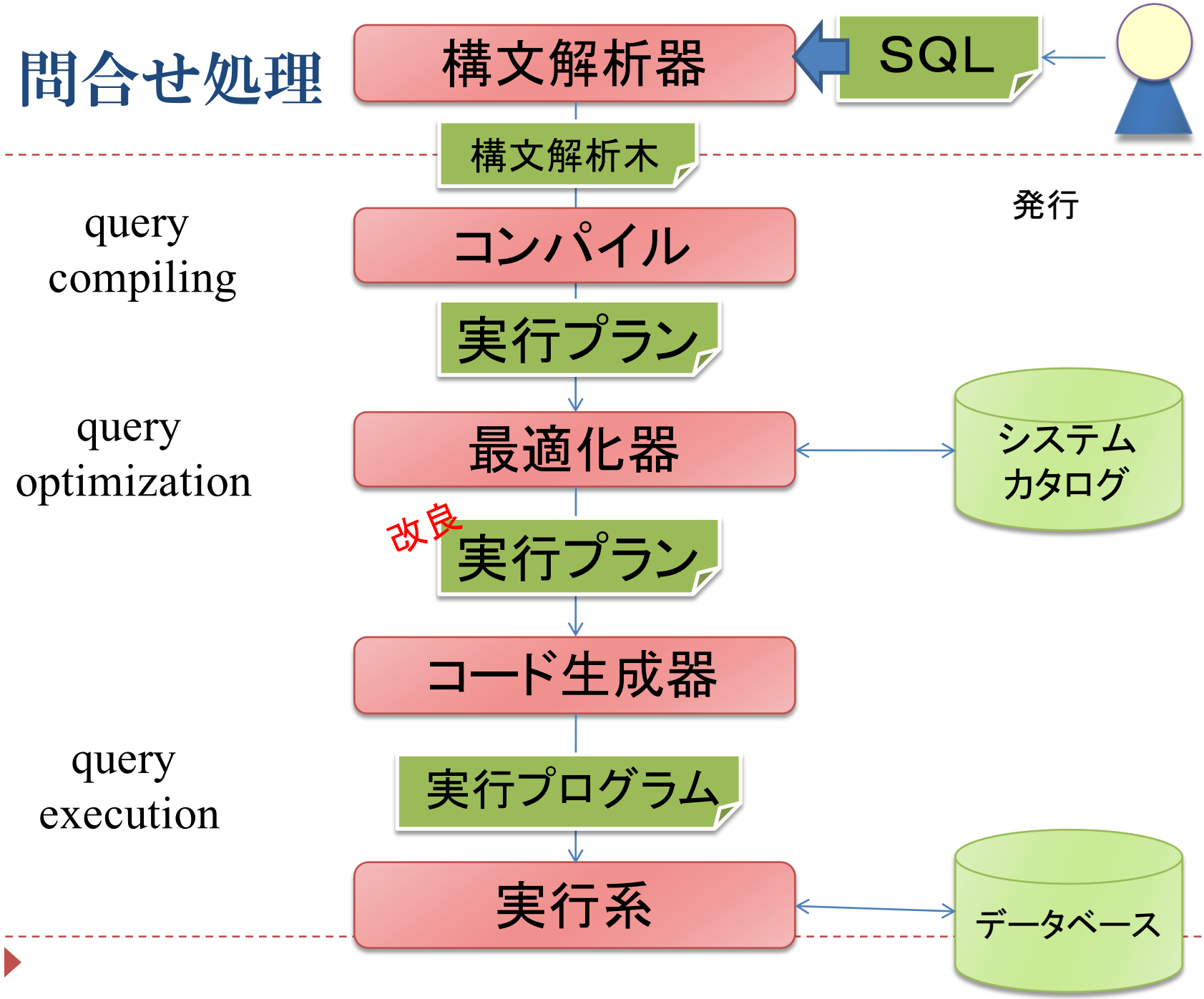
データベースシステム
問合せプラン構成

問合せ処理


構文解析器
SQL
構文解析木
発行
query
compiling
コンパイル
実行プラン
query
optimization
最適化器
システム
カタログ
改良
実行プラン
コード生成器
query
execution
実行プログラム
実行系
データベース

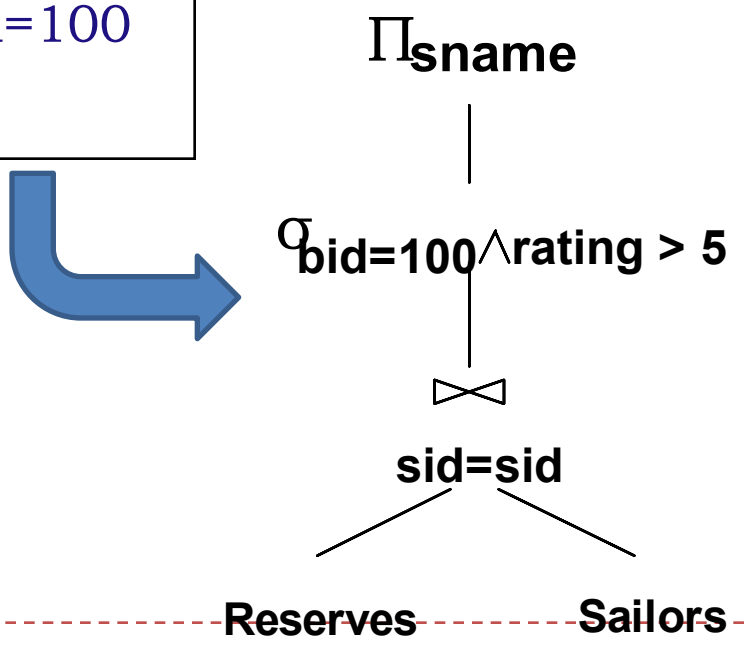
問合せ処理の流れ（例に沿って）

Sailors (sid, sname, rating, age)

Reserves (sid, bid, day, rname)

```
SELECT  S.sname
  FROM  Reserves R, Sailors S
WHERE  R.sid=S.sid AND  R.bid=100
   AND  S.rating>5
```

問合せ実行プラン

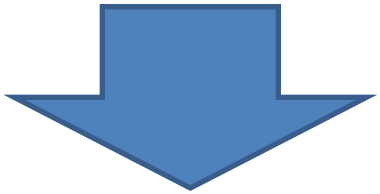


$\pi_{sname}(\sigma_{bid=100 \wedge rating>5}(Reserves \bowtie Sailors))$

関係代数の形に直す

問合せ実行プラン

- 基本処理（選択、射影、結合）の組合せ
- 下から順番に処理する
- はじめは素直に関係代数の内側から処理する順番で問合せ実行プランを作る



問合せ最適化(Query Optimization)

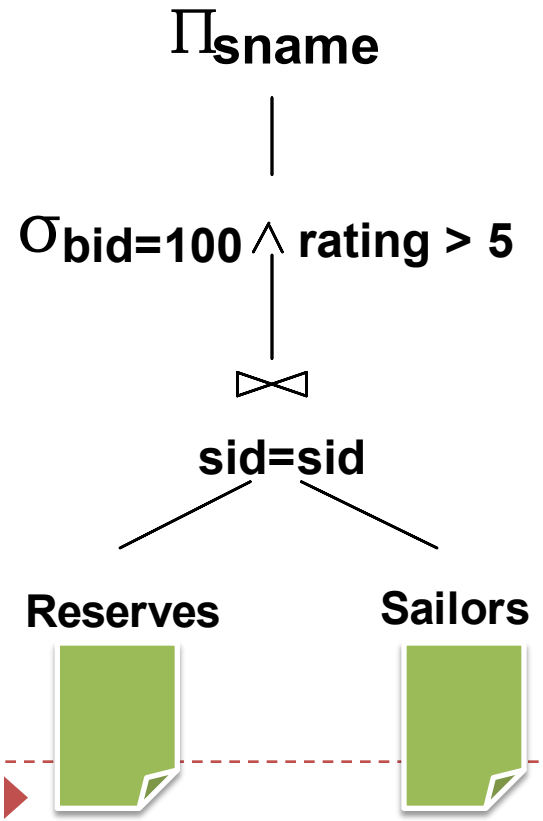
もっと速い問合せ処理を実行するための実行プランに書き換える

最適化器＝Optimizer

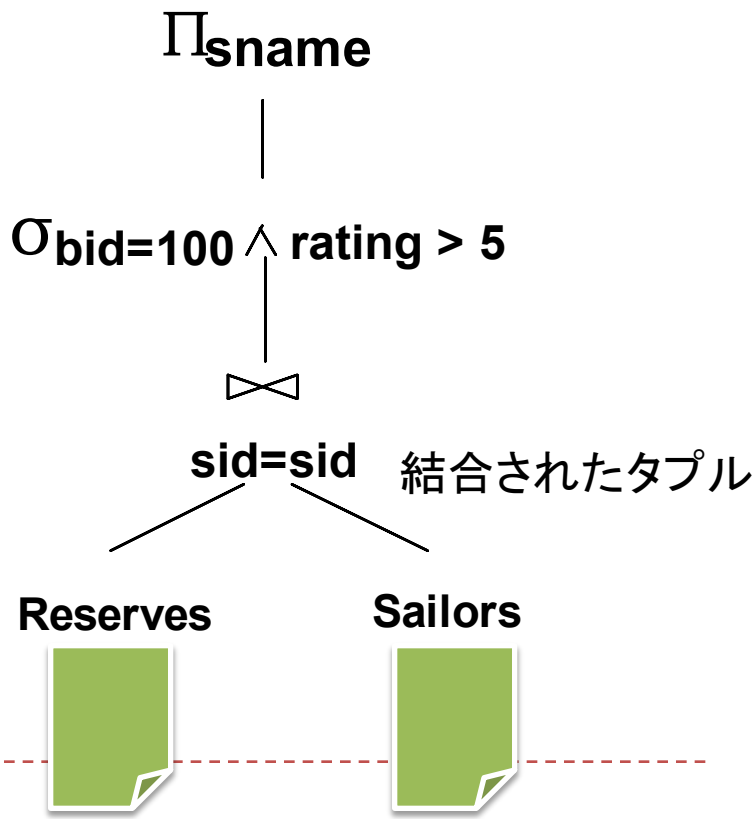
問合せの実行

on-the-fly

(1)処理毎に中間テーブルを作る

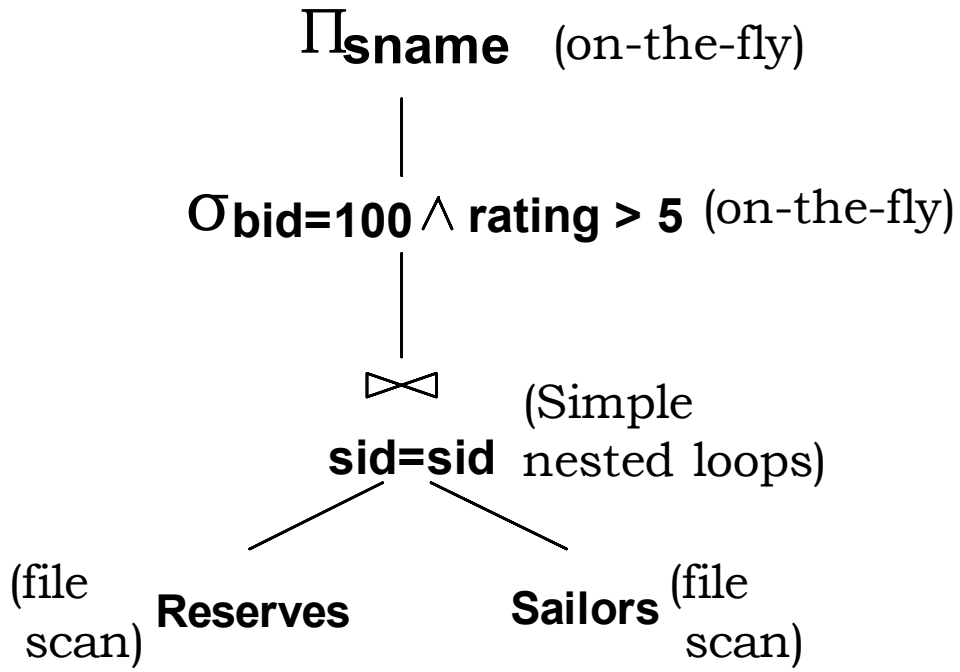


(2)流れ作業のように前の演算で処理の
終わったタプルを直ぐに受取り実行していく



問合せ最適化

- 実行プランの各々の処理を
  どんな方法で実行するか
  - 選択
    - スキャンする
    - 索引を使う
  - 射影
  - 結合
    - nested loop
    - sort-merge join
    - hash join
- どの順番で実行するか



問合せ最適化の必要性（直観的な説明）

通常の実行計画の場合

Table A

ID	value
1	1
2	2
…	…
10000000	

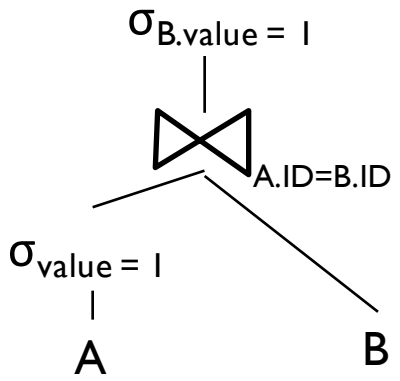
Table B

ID	value
1	1
2	2
…	…
100	100

発行されたSQL

```
SELECT *
FROM A,B
WHERE A.ID=B.ID
  and A.value = 1
  and B.value = 1
```

考えられる実行プラン



問合せ最適化の必要性（直観的な説明）

前ページの実行プランがうまくいかないケース

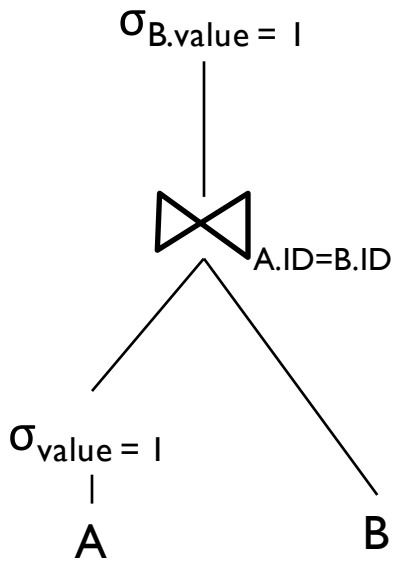
→ TableAの8割がvalue=1である場合

Table A

ID	value
1	1
2	1
…	…
10000000	1

Table B

ID	value
1	1
2	2
…	…
100	100



問合せ最適化の必要性（直観的な説明）

前ページの場合の適切な実行プランを使うと…

Table B

ID	value
1	1
2	2
…	…
100	100

Table A

ID	value
1	1
2	1
…	…
10000000	1

問合せ最適化

- 最適な実行プランを作るために考えること

1. 実行する演算の順序（木の組み換え）
2. それぞれの演算で何のアルゴリズムを採用するか（索引を使う・使わない、など）

- どうやって最適なものを見つけるのか

1. 他のプランをいくつか挙げていく
2. それぞれのプランのコスト見積もりをする
3. コストが小さいものを選択する

演算のコストを見積もるために

- 演算のコストを見積もるためにはいろいろな情報が必要となる
  - テーブルのデータ量、最大値、最小値、値の分布
  - 索引がどの属性に貼られているか
- それらの情報はどこに行けばアクセスできるのか？

システムカタログ

リレーショナルデータベースの管理システムがテーブルや列の情報などのスキーマメタデータと内部的な情報を格納する場所

システムカタログ

- テーブル情報
  - テーブル名、ファイル名、ファイル構造
  - 属性名とデータ型
  - 索引名
  - 整合性制約（主キーや外部キー）
- 各索引に関して
  - 索引名と構造（B+-treeなど）
  - 検索キー属性
- 各ビューに関して
  - ビュー名と定義
- 統計情報

代表的な統計情報

- Cardinality :
  テーブルRにおけるタプル数
- Size:
  テーブルRにおけるページ数
- Index Cardinality:
  索引Iにおけるキー値の数
- Index Size:
  索引のページ数
- Index Height:
  木索引の高さ
- Index Range:
  索引中のキー値の最小値と最大値

カテゴリの格納の仕方

- システム用のテーブルとして管理する

attr_name	rel_name	type	position
sid	Sailors	integer	1
sname	Sailors	string	2
rating	Sailors	integer	3
age	Sailors	integer	4
sid	Reservers	integer	1
bid	Reservers	integer	2
day	Reservers	dates	3
rname	Reservers	string	4

問合せ最適化の例

Sailors (sid, sname, rating, age)

Reserves (sid, bid, day, rname)

```
SELECT  S.sname
  FROM  Reserves R, Sailors S
WHERE  R.sid=S.sid AND  R.bid=100
    AND  S.rating>5
```

問合せ実行プラン

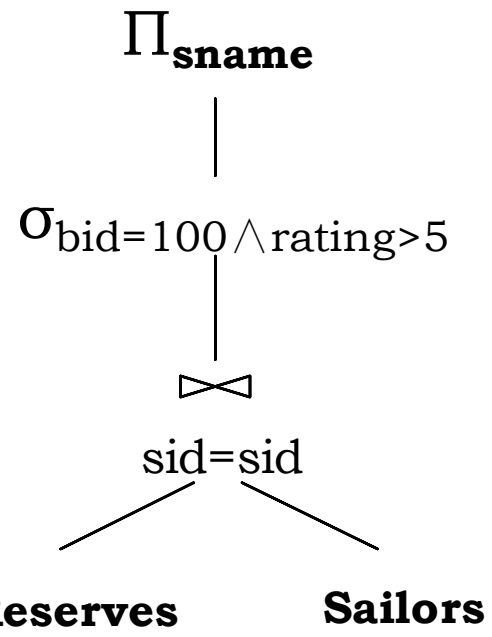
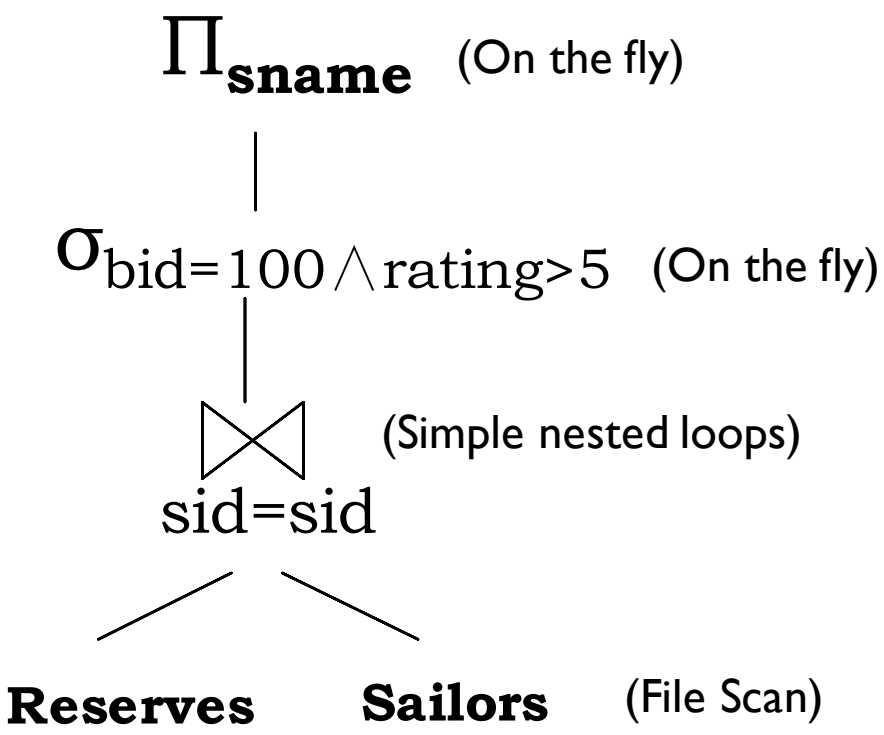


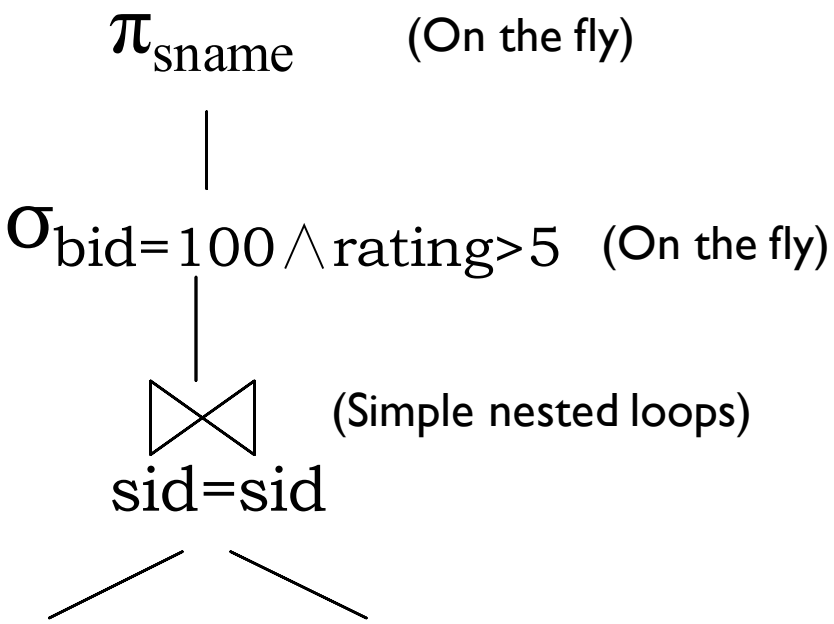
Table	タプル長 (bytes)	1ページ内のレコード数	レコード数	ページ数
Sailors	40	100	100000	1000
Reservers	50	80	40000	500

まずは元のプラン木のコストを見積もってみる



コスト計算をしてみよう

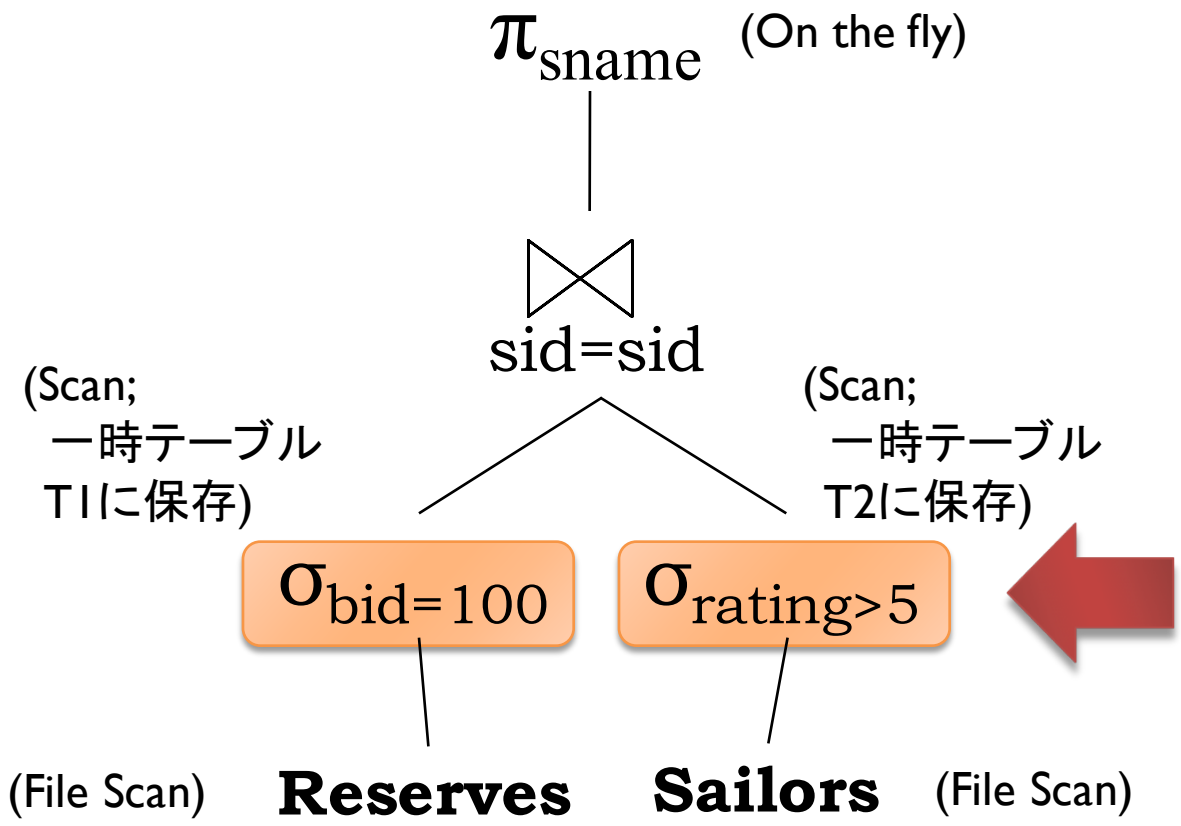
Table	タプル長 (bytes)	1ページ内のレコード数	レコード数	ページ数
Sailors	40	100	100000	1000
Reservers	50	80	40000	500



バッファページ数 : 12

代替実行プラン案（その1）

- Selectionを上にあげる



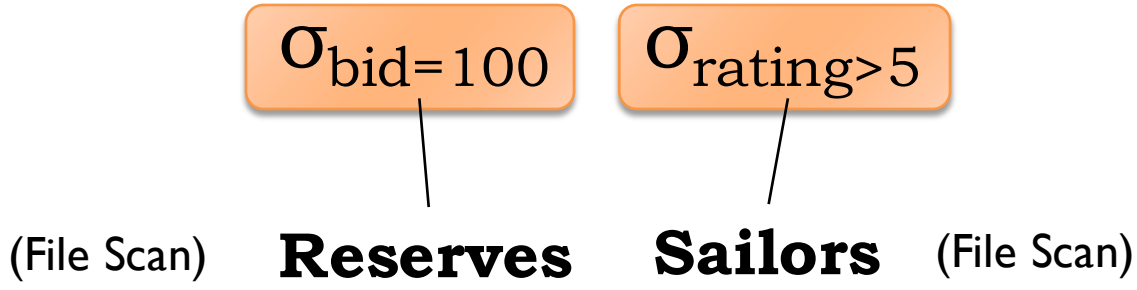
それぞれの演算のあとの一時テーブルのページ数を見積る

選択されるタプル数の見積もり

まず選択率を見積もる

- *column* = *value*の場合
  - columnが索引付き･･･ 1/(キーの数)
  - columnが索引なし･･･1/10
- column > valueの場合
  - columnが索引付き･･･
    (キーの最大値-value)/(最大値-最小値+1)
  - columnが索引なし･･･半分弱
- column1 > column2
  - 両columnとも索引付き
    1/Max({column1のキー数,column2のキー数})

選択率から一時テーブルの大きさを求める



Reserver.bidは索引 bidindexが付いているとする

bidindexのキー数: 100

Sailors.rating は索引 rtindexが付いているとする

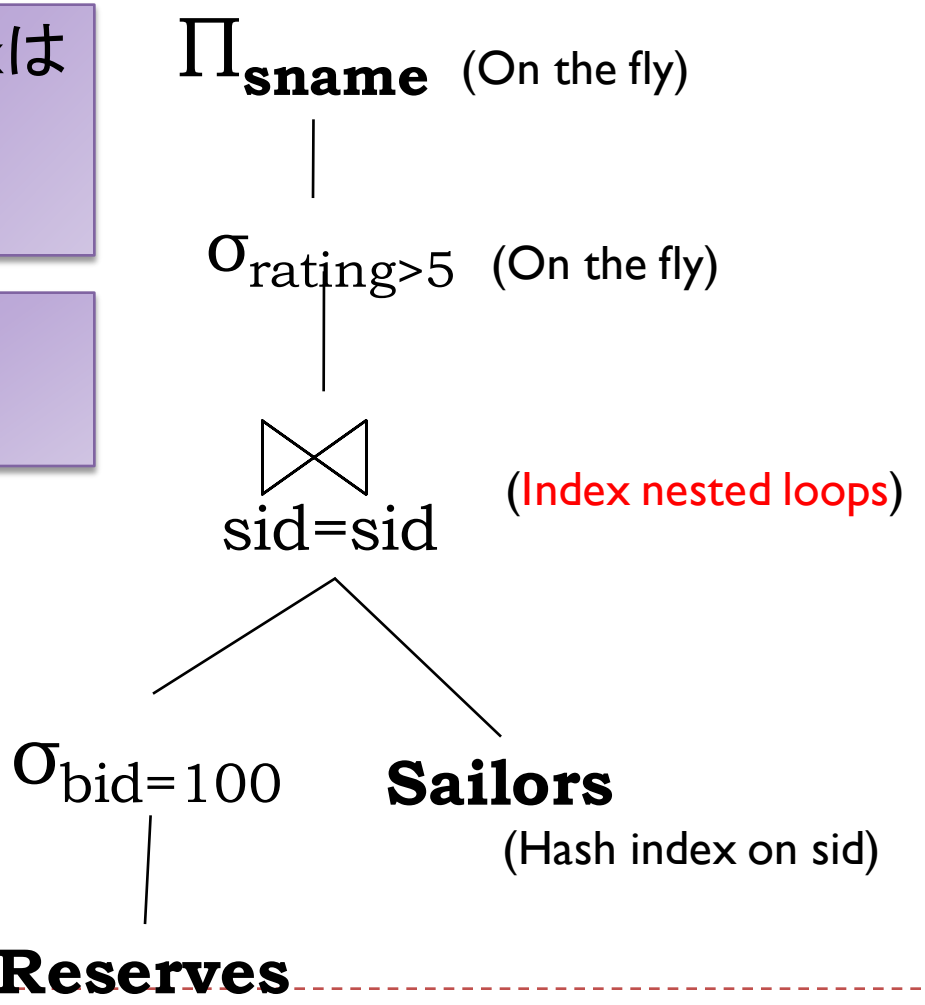
rtindexのキーの最大値: 10
rtindexのキーの最小値: 1

代替実行プラン案（その2）

- 索引を使う

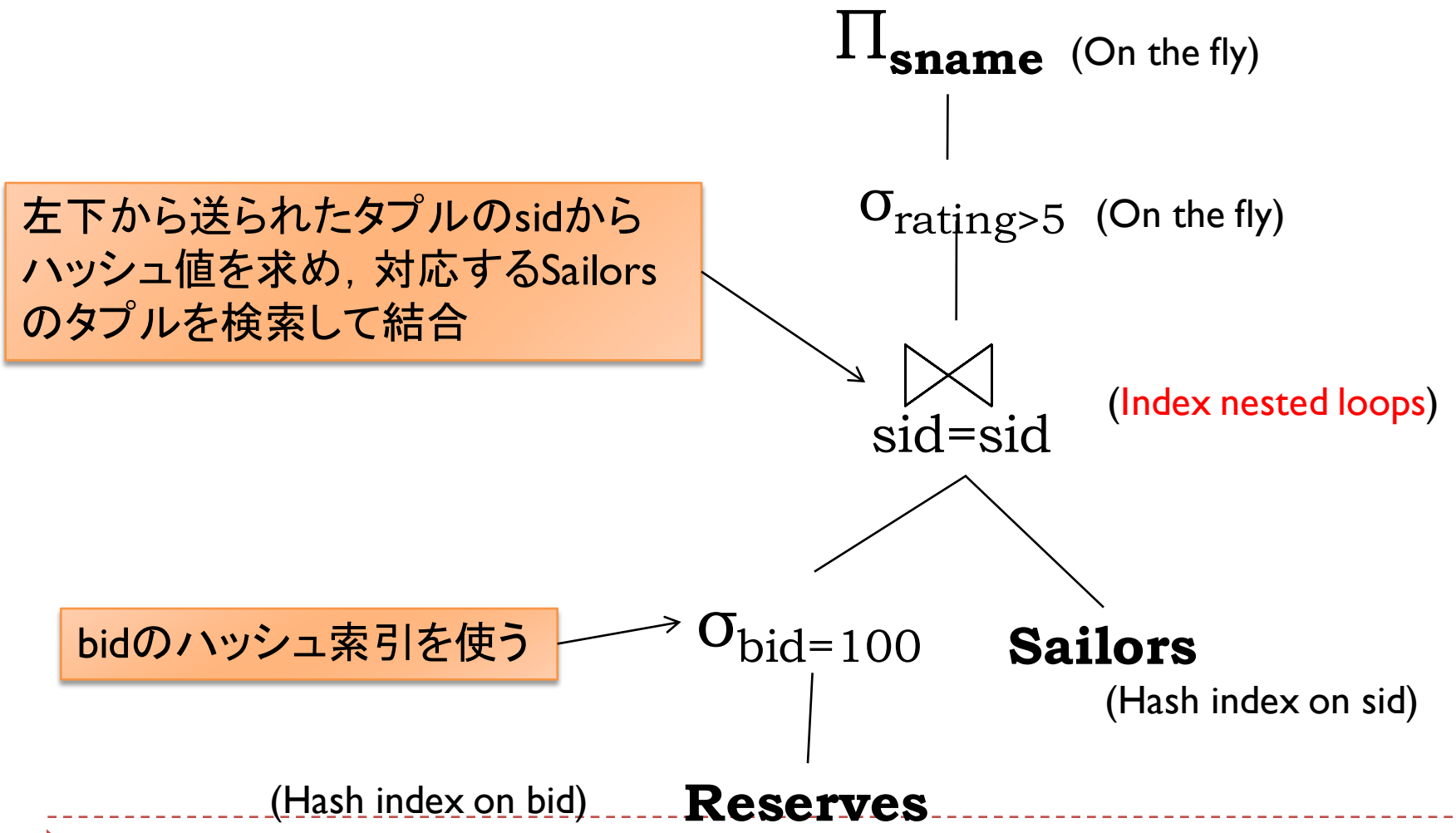
Reserver.bidの索引 bidindexは
ハッシュ索引(一次索引)と
する

Sailors.sidの索引 sidindexも
ハッシュ索引(一次索引)



代替実行プラン案（その2）

- 索引を使う



関係代数演算の等値関係

- 代替プラン木を組み立てる時に利用する

$$\sigma_{c1 \wedge c2 \wedge \ldots \wedge cn}(R) = \sigma_{c1}(\sigma_{c2}(\ldots(\sigma_{cn}(R))\ldots)$$

$$\sigma_{c1}(\sigma_{c2}(R)) = \sigma_{c2}(\sigma_{c1}(R))$$

$$\pi_{a1}(R) = \pi_{a1}(\pi_{a2}(\ldots(\pi_{an}(R))\ldots)$$

但し, $a_i \subseteq a_{i+1}$

$$R \times S = S \times R$$

$$R \bowtie S = S \bowtie R$$

関係代数演算の等値関係

$$\pi_a(\sigma_c(R)) \equiv \sigma_c(\pi_a(R))$$

※ただし属性リストaの中に探索条件cで使う属性が含まれているとする

$$R \overset{\times}{|}_c S \equiv \sigma_c(R \times S)$$

$$\pi_a(R \times S) \equiv \pi_{a1}(R) \times \pi_{a1}(S)$$

$$\pi_a(R \times_c S) \equiv \pi_{a1}(R) \times_c \pi_{a1}(S)$$

$$\pi_a(R \times_c S) \equiv \pi_a(\pi_{a1}(R) \times_c \pi_{a1}(S))$$