SRA OSS

# PostgreSQLバックアップ基礎講座

2024-03-01

SRA OSS LLC 正野裕大

# PostgreSQLの環境をセットアップ 1/3

## 仮想マシンosc (Rocky Linux 9) を用意

```
[root@osc ~]# cat /etc/redhat-release
Rocky Linux release 9.3 (Blue Onyx)
```

## PostgreSQL16をインストール(*)

```
# PostgreSQLの公式リポジトリを登録
[root@osc ~]# dnf install -y \
https://download.postgresql.org/pub/repos/yum/reporpms/EL-9-x86_64/↵( 長いので折返し，実際は一行 )
pgdg-redhat-repo-latest.noarch.rpm

# ディストリビューション側のPostgreSQLモジュールを無効化
[root@osc ~]# dnf -qy module disable postgresql

# PostgreSQL16をインストール
[root@osc ~]# dnf install -y postgresql16-server
```

(*) 開発コミュニティのダウンロードページにOS毎にインストールガイドがまとまっているので参照してください。
[PostgreSQL: Downloads]
https://www.postgresql.org/download/

# PostgreSQLの環境をセットアップ 2/3

- postgresユーザに変わって環境変数(*1)を設定

```
[root@osc ~]# su - postgres

[postgres@osc ~]$ cat <<-EOT >.pgsql_profile
export PATH=/usr/pgsql-16/bin/:\$PATH
export PGDATA=/var/lib/pgsql/16/data
EOT
[postgres@osc ~]$ source .pgsql_profile
```

- PostgreSQLインストール手順の参考情報(*2)

  [2023/01/21]OSS-DB Exam Silver 技術解説セミナー「運用管理：基本的な運用管理作業」
  https://www.youtube.com/watch?v=qeXUdTTW1Uc&t=355s

  - 弊社のYouTubeチャンネルもおすすめ
    SRA OSS LLC
    https://www.youtube.com/c/sraoss-official

(*1) 環境変数: プログラムが動作する際に参照する設定値。RPMパッケージからPostgreSQLをインストールすると、ホームディレクトリ直下の.pgsql_profileから環境変数を読み込めるようになります。.pgsql_profileを作成せずに.bash_profileで環境変数を設定してもよいです。

(*2) 扱っているPostgreSQLバージョンは16ではありませんが、内容は参考になります。

# PostgreSQLの環境をセットアップ 3/3

## initdbの実行

データベースクラスタ(*)を初期化するPostgreSQLコマンド

```
[postgres@osc ~]$ initdb --encoding=UTF8 --no-locale
```

- --encoding=ENCODING
  データベースのデフォルト文字エンコーディングを指定
- --no-locale
  ロケールを使用しない（慣習的にロケールを使用しないことが推奨されている）
- データベースクラスタパスの指定方法
  $PGDATAで指定するか--pgdata=《データベースクラスタパス》で指定

## PostgreSQLの起動

```
[postgres@osc ~]$ pg_ctl start
```

- 操作対象となるデータベースクラスタをセットで指定する
- 指定方法は$PGDATAか--pgdata=《データベースクラスタパス》

(*) データベースクラスタ: ストレージに記録されるPostgreSQLのデーター式を格納するディレクトリ。

# バックアップデータの作成

- データベース(*)benchmarkを作製

```
[postgres@osc ~]$ createdb benchmark    # 第一引数に作成したいデータベース名を指定する
```

- pgbenchでbenchmarkデータベースにデータを作成

```
[postgres@osc ~]$ pgbench --initialize --scale=30 benchmark
```

  - PostgreSQLに同梱されているベンチマークツール
  - --initialize　　ベンチマークテーブルの初期化
  - --scale=NUM　　ベンチマークテーブルの規模（--scale=1でデータベースサイズは15MB程度になる）
  - 第一引数　　pgbenchの対象データベース

(*) データベース: テーブルやインデックスを格納する領域。initdb直後はtemplate0, template1, postgresの3つのデータベースが存在しています。ただし、それらはメンテナンス用データベースなので、アプリのデータを入れてはいけません。

# PostgreSQLのバックアップ手法

| 手法 | バックアップ対象 | 方法 |
| --- | --- | --- |
| 論理バックアップ | PostgreSQLのデータ | PostgreSQLコマンド |
| 物理バックアップ | データベースクラスタ | OSコマンド<br>or<br>PostgreSQLコマンド |
| PITR<br>(Point In Time Recovery) | データベースクラスタとWALファイル(*1) | 物理バックアップ<br>と<br>WALアーカイブ(*2) |

(*1) WALファイル: データの書き込み速度と信頼性を担保するファイル。詳細は後述。

(*2) WALアーカイブ: WALファイルをバックアップするPostgreSQLのしくみ。詳細は後述。

# 論理バックアップ

- データベースのデータをSQL文としてエクスポートする

- pg_dump
  指定のデータベースのデータをバックアップ

- pg_dumpall
  全てのデータベースのデータをバックアップ

# 論理バックアップ > pg_dump

## pg_dump

- データベース単位のバックアップを行なうPostgreSQLコマンド
- 実行時に使うデーベースユーザはデータベースの所有者かスーパーユーザ

```
[postgres@osc ~]$ pg_dump --file=benchmark.sql benchmark
```

- --file=《バックアップファイルの出力パス》
- 第一引数
  バックアップしたいデータベース名

## pg_dumpは出力フォーマットを選択可能

- --format=p　テキスト形式（PostgreSQLデータがSQL文のテキストとして出力される）※デフォルト
- --format=c　カスタム形式（PostgreSQL独自の圧縮形式）
- --format=t　tar形式
- --format=d　ディレクトリ形式（テーブル単位のカスタム形式）
  --jobs=《並列数》で並列バックアップ可能

```
[postgres@osc ~]$ pg_dump --format=c --file=benchmark.dump benchmark    # カスタム形式
```

# 論理バックアップ > pg_dumpall

- pg_dumpall
  - データベース全体のバックアップを行なうPostgreSQLコマンド
  - 実行時に使うデーベースユーザはスーパーユーザのみ

```
[postgres@osc ~]$ pg_dumpall --file=db_all.sql
```

  - --file=《バックアップファイルの出力パス》

- pg_dumpallの出力フォーマットはテキスト形式のみ

# pg_dumpしたデータのリストア

- テキスト形式のバックアップデータ
  - psqlを使う
  - 実行時に使うデーベースユーザはデータベースの所有者かスーパーユーザ

```
[postgres@osc ~]$ createdb benchmark02                    # リストア先データベースを新規作成
[postgres@osc ~]$ psql --file=benchmark.sql benchmark02   # テキスト形式をリストア
```

  - --file=《リストアに使うバックアップファイルのパス》
  - 第一引数
    リストア先のデータベース名
- それ以外の形式
  - pg_restoreを使う

```
[postgres@osc ~]$ createdb benchmark03                          # リストア先データベースを新規作成
[postgres@osc ~]$ pg_restore --dbname=benchmark03 benchmark.dump # カスタム形式をリストア
```

  - --dbname=《リストア先のデータベース名》
  - 第一引数　　リストアに使うバックアップファイル、ディレクトリを指定
  - ディレクトリ形式はリストア時に--jobs=《並列数》で並列リストア可能

# pg_dumpallしたデータのリストア

- データベースクラスタを初期化してリストアする
  - 既存のPostgreSQLを停止

```
[postgres@osc ~]$ pg_ctl stop
```

  - 既存のデータベースクラスタを待避（あるいは削除）

```
[postgres@osc ~]$ mv $PGDATA ${PGDATA}.bak
```

  - データベースクラスタの初期化と設定ファイルのリストア(*)

```
[postgres@osc ~]$ initdb --no-locale --encoding=UTF8
[postgres@osc ~]$ cp ${PGDATA}.bak/*.conf $PGDATA
```

  - 起動してpsqlでリストア

```
[postgres@osc ~]$ pg_ctl start
[postgres@osc ~]$ psql --file=db_all.sql postgres
```

(*) pg_dump / pg_dumpall がバックアップするのはデータだけです。つまり、設定ファイルはバックアップされません。別の手段で設定ファイルはバックアップする必要があります。また、今回は設定ファイルを編集していないので、設定ファイルのリストアは必要な手順ですがここでは意味はありません。

# 物理バックアップ

- データベースクラスタを構成するディレクトリ・ファイルをコピーする

- オフラインバックアップ（コールドバックアップ）
  PostgreSQLを停止してOSコマンドで$PGDATAを物理バックアップ

- オンラインバックアップ
  PostgreSQLを稼働したままPostgreSQLコマンド / OSコマンドで物理バックアップ(*)

(*)もう一つ、PostgreSQLが用意している低レベルAPIを使う方法もありますがここでは取り扱いません。詳細はマニュアルを参照してください。
[PostgreSQL: Documentation: 16: 26.3. Continuous Archiving and Point-in-Time Recovery (PITR)]
https://www.postgresql.org/docs/16/continuous-archiving.html#BACKUP-LOWLEVEL-BASE-BACKUP

# 物理バックアップ > オフラインバックアップ

- オフラインバックアップ（コールドバックアップ）
  PostgreSQLを停止してOSコマンドで$PGDATAを物理バックアップ
  - PostgreSQLを停止(*)

```
[postgres@osc ~]$ pg_ctl stop
```

  - たとえばcpコマンドでバックアップ（rsync、tar、あるいは仮想マシンならスナップショットを取得する）

```
[postgres@osc ~]$ cp -r $PGDATA ${PGDATA}.offline
```

  - PostgreSQLを起動

```
[postgres@osc ~]$ pg_ctl start
```

(*) オフラインバックアップ、つまり、OSコマンドで物理バックアップを取得する場合は必ずPostgreSQLを停止します。PostgreSQL稼働中にOSコマンドで取得したバックアップは内部が不正な状態になるので、バックアップデータとして使えずリストアもできません。

# 物理バックアップ > オンラインバックアップ

- オンラインバックアップ
  PostgreSQLを稼働したままPostgreSQLコマンド / OSコマンドで物理バックアップ
  - pg_basebackup

```
[postgres@osc ~]$ pg_ctl status          # 起動していることを確認
pg_ctl: server is running (PID: 3332)
/usr/pgsql-16/bin/postgres
[postgres@osc ~]$ pg_basebackup --pgdata=${PGDATA}.online
```

  - --pgdata=《バックアップディレクトリの出力パス》
  - pg_basebackupはデフォルトではローカルで起動しているPostgreSQLのデータベースクラスタをバックアップ対象とする
  - リモートPostgreSQLのデータベースクラスタのバックアップを取得したい場合は以下を指定する
    --host=《ターゲットのホスト名（IPアドレス）》
    --port=《ターゲットPostgreSQLの待受ポート番号》
    --user=《接続に使うデータベースユーザ名》

# 物理バックアップのリストア

- バックアップデータを$PGDATAに配置してpg_ctl startで起動

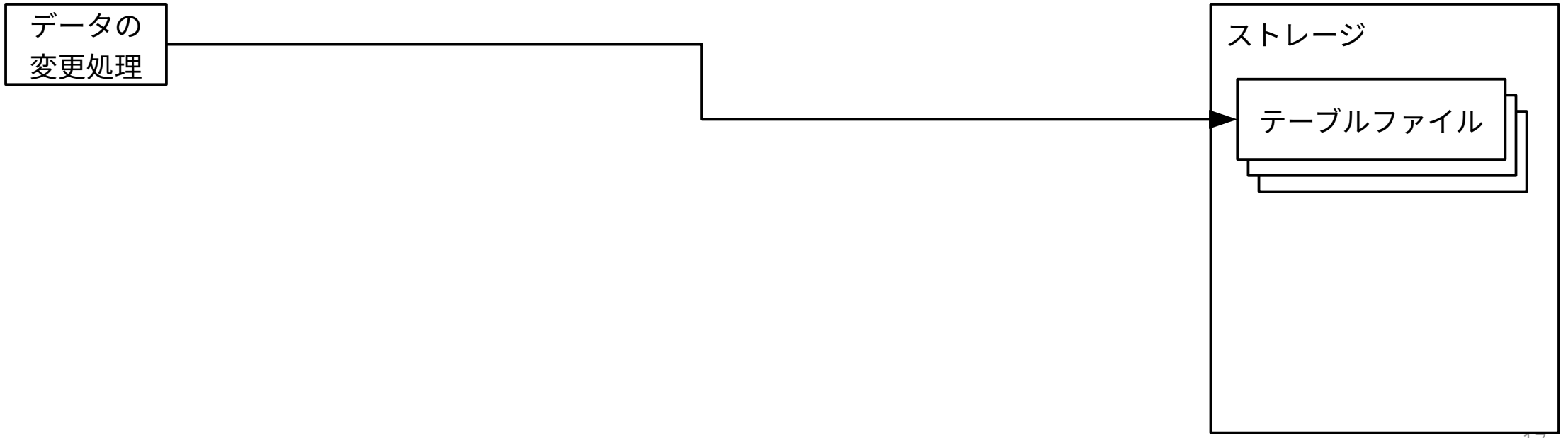
```
[postgres@osc ~]$ pg_ctl stop                          # PostgreSQLを停止
[postgres@osc ~]$ rm -rf $PGDATA                       # データベースクラスタを削除
[postgres@osc ~]$ cp -r $PGDATA.offline $PGDATA        # オフラインバックアップデータを$PGDATAに配置
[postgres@osc ~]$ pg_ctl start                         # バックアップデータで起動
```

# PITR (Point In Time Recovery)

- PITRとは
  - 物理バックアップに加えて**WAL**のバックアップ（WALアーカイブ）も使ったバックアップ手法
- WALとは
  - PITRの理解にはWALの理解が必要なので先に解説

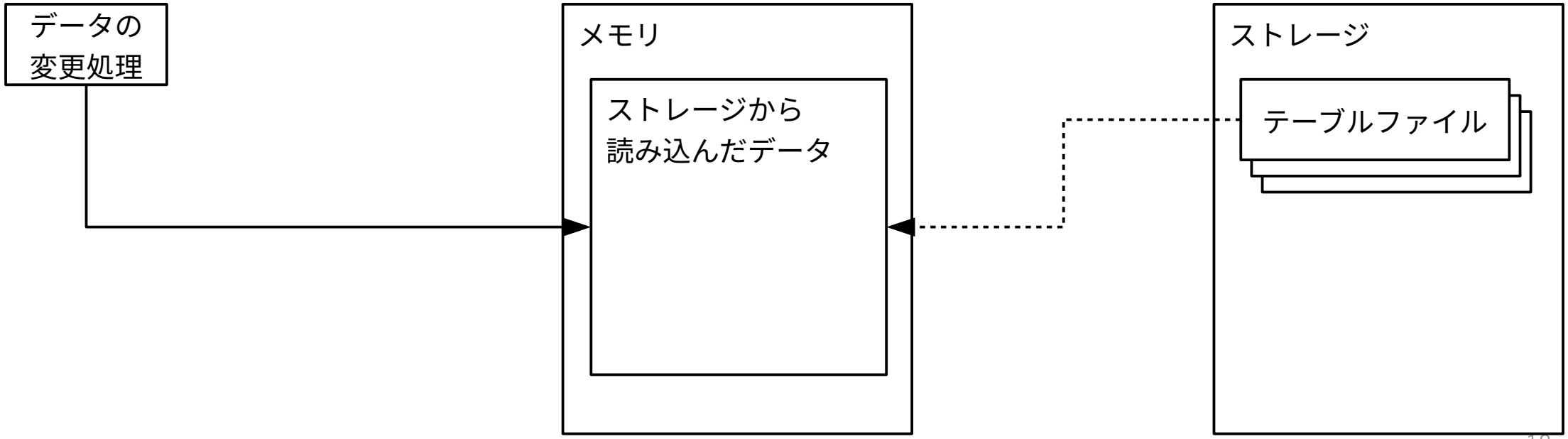
# WALとは

- 前提: PostgreSQLデータのデータ書き込みについて
  - **ストレージに直接書き込むのは高コストなのでやりたくない**



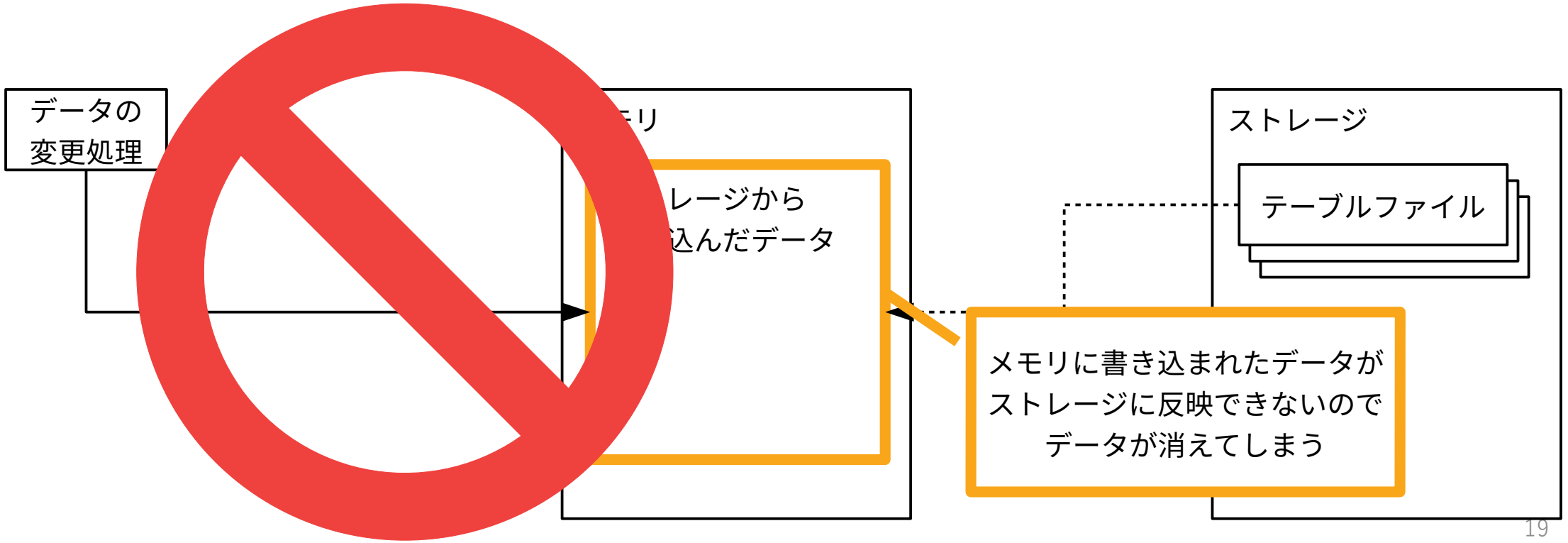
# WALとは

- 前提: PostgreSQLデータのデータ書き込みについて
  - ストレージに直接書き込むのは高コストなのでやりたくない
  - **そこで: メモリを介する**



# WALとは

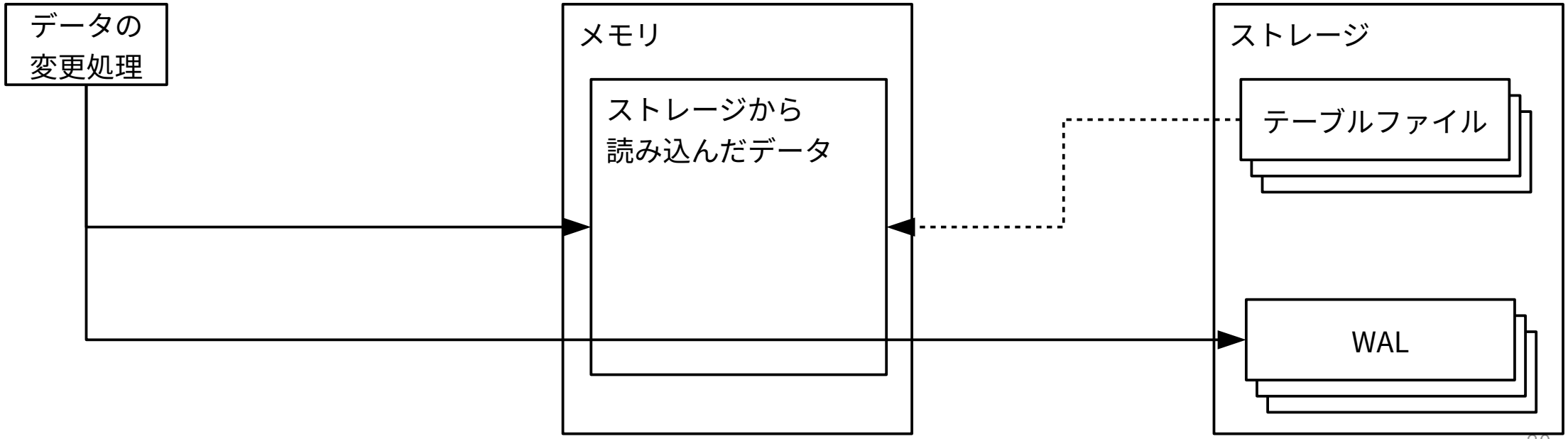
- 前提: PostgreSQLデータのデータ書き込みについて
  - ストレージに直接書き込むのは高コストなのでやりたくない
  - そこで: メモリを介する　**しかし: メモリにデータを書き込むだけではPostgreSQLがクラッシュするとデータが消えてしまう**



# WALとは

## 前提: PostgreSQLデータのデータ書き込みについて

- ストレージに直接書き込むのは高コストなのでやりたくない
- そこで: メモリを介する　しかし: メモリにデータを書き込むだけではPostgreSQがクラッシュするとデータが消えてしまう
- **そこで: データの変更内容をWALファイルとメモリに書き込む(*)**

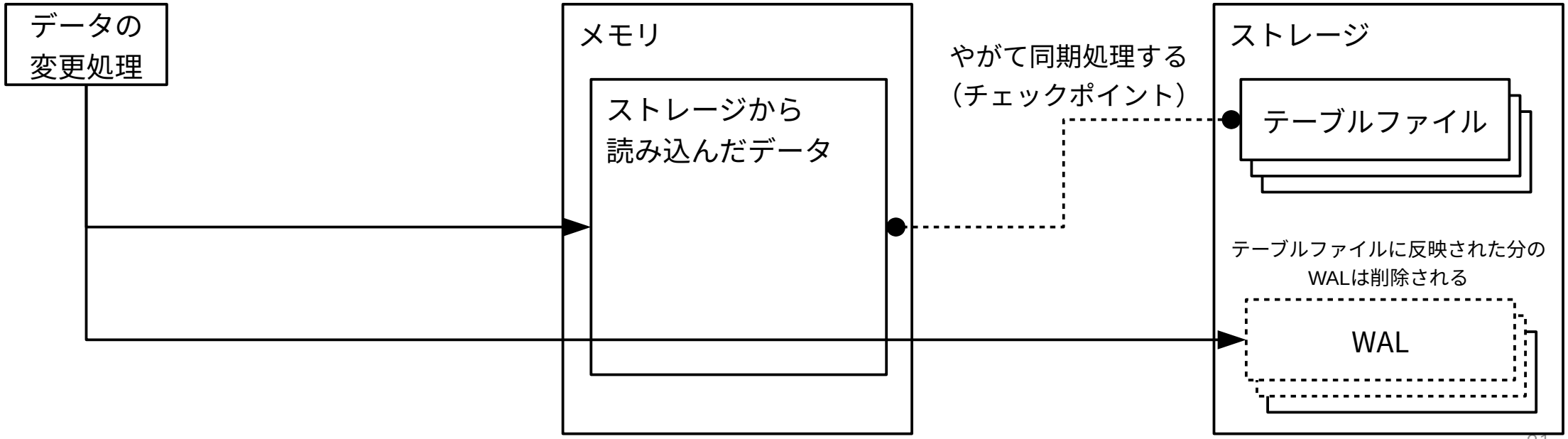





(*) 結局ストレージに書き込んでいますがシーケンシャルに追記しているだけなのでテーブルファイルに書き込むよりずっと高速です。

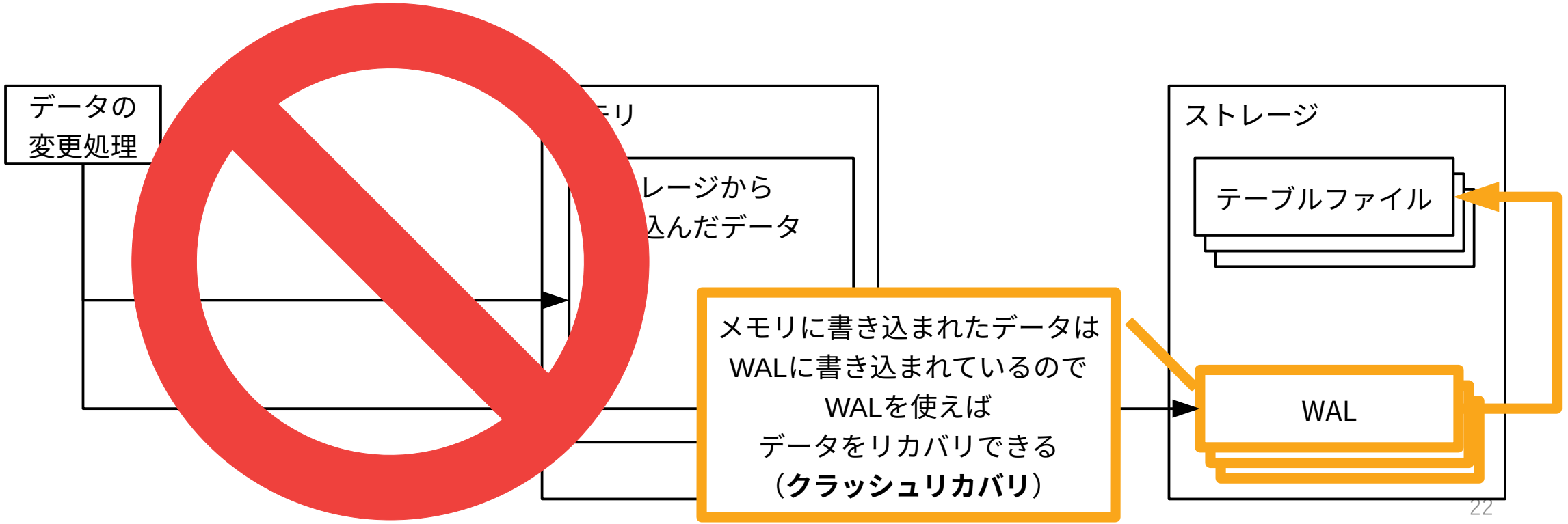
# WALとは

- 前提: PostgreSQLデータのデータ書き込みについて
  - ストレージに直接書き込むのは高コストなのでやりたくない
  - そこで: メモリを介する　しかし: メモリにデータを書き込むだけではPostgreSQがクラッシュするとデータが消えてしまう
  - そこで: データの変更内容をWALファイルとメモリに書き込む(*)
  - **メモリとテーブルファイルが同期（チェックポイント）したら不要になったWALは削除される**



# WALとは

- 前提: PostgreSQLデータのデータ書き込みについて
  - ストレージに直接書き込むのは高コストなのでやりたくない
  - そこで: メモリを介する　しかし: メモリにデータを書き込むだけではPostgreSQがクラッシュするとデータが消えてしまう
  - そこで: データの変更内容をWALファイルとメモリに書き込む(*)
  - メモリとテーブルファイルが同期（チェックポイント）したら不要になったWALは削除される
  - **これなら: チェックポイント前にPostgreSQLがクラッシュしてもデータの変更内容はストレージに記録されているのでデータが消えることはない**



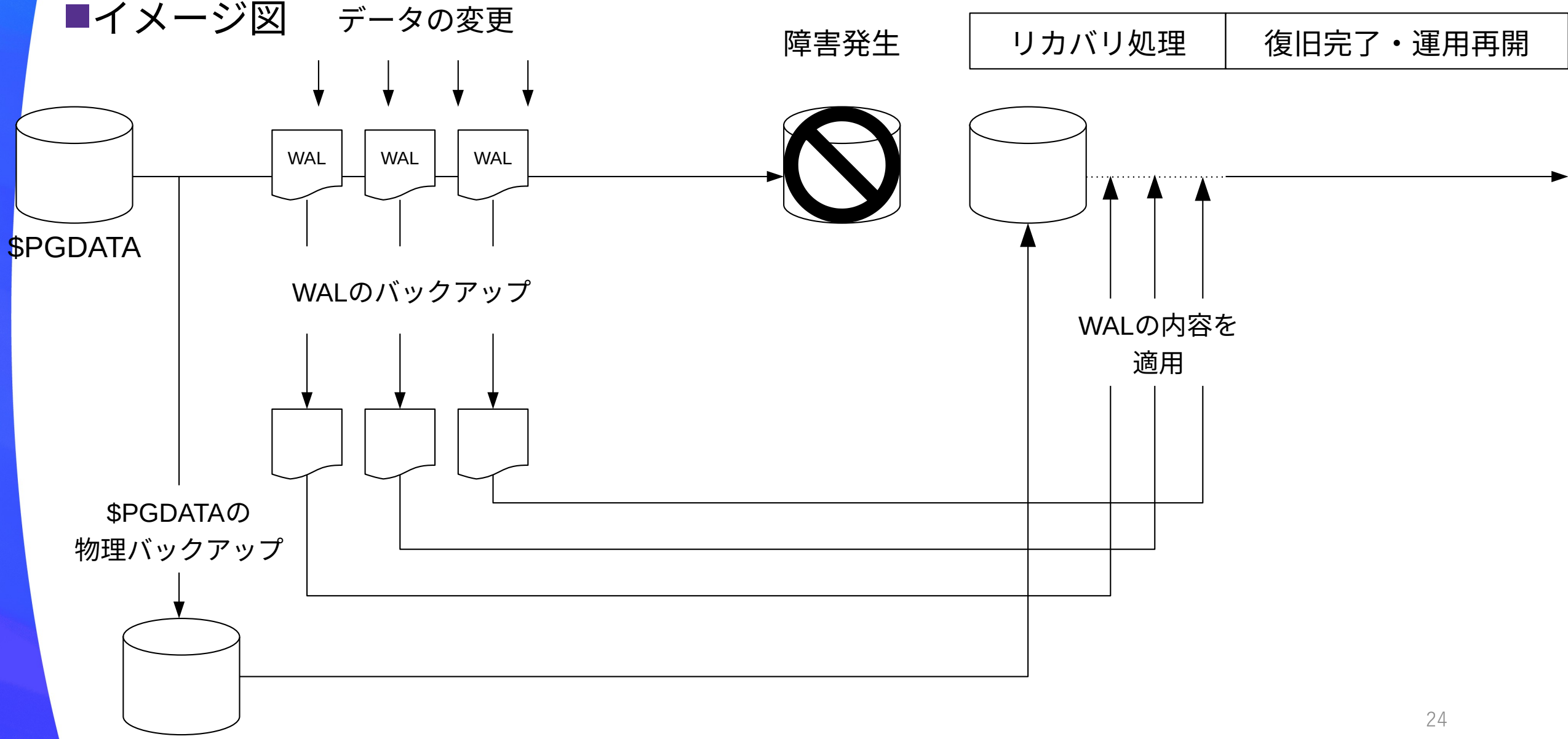
# PITR (Point In Time Recovery)

- PITRとは
  - 物理バックアップに加えて**WAL**のバックアップ（WALアーカイブ）も使ったバックアップ手法
  - **物理バックアップにバックアップしたWALを適用してデータのリカバリができる**
  - **バックアップしたWALが適用できる限り任意の時点にデータをリカバリできる**

- WALとは
  - データの書き込み速度と信頼性を担保する仕組み
  - 不要になると削除される
  - PostgreSQLがダウンしてもWALを使ってデータのリカバリができる（クラッシュリカバリ）

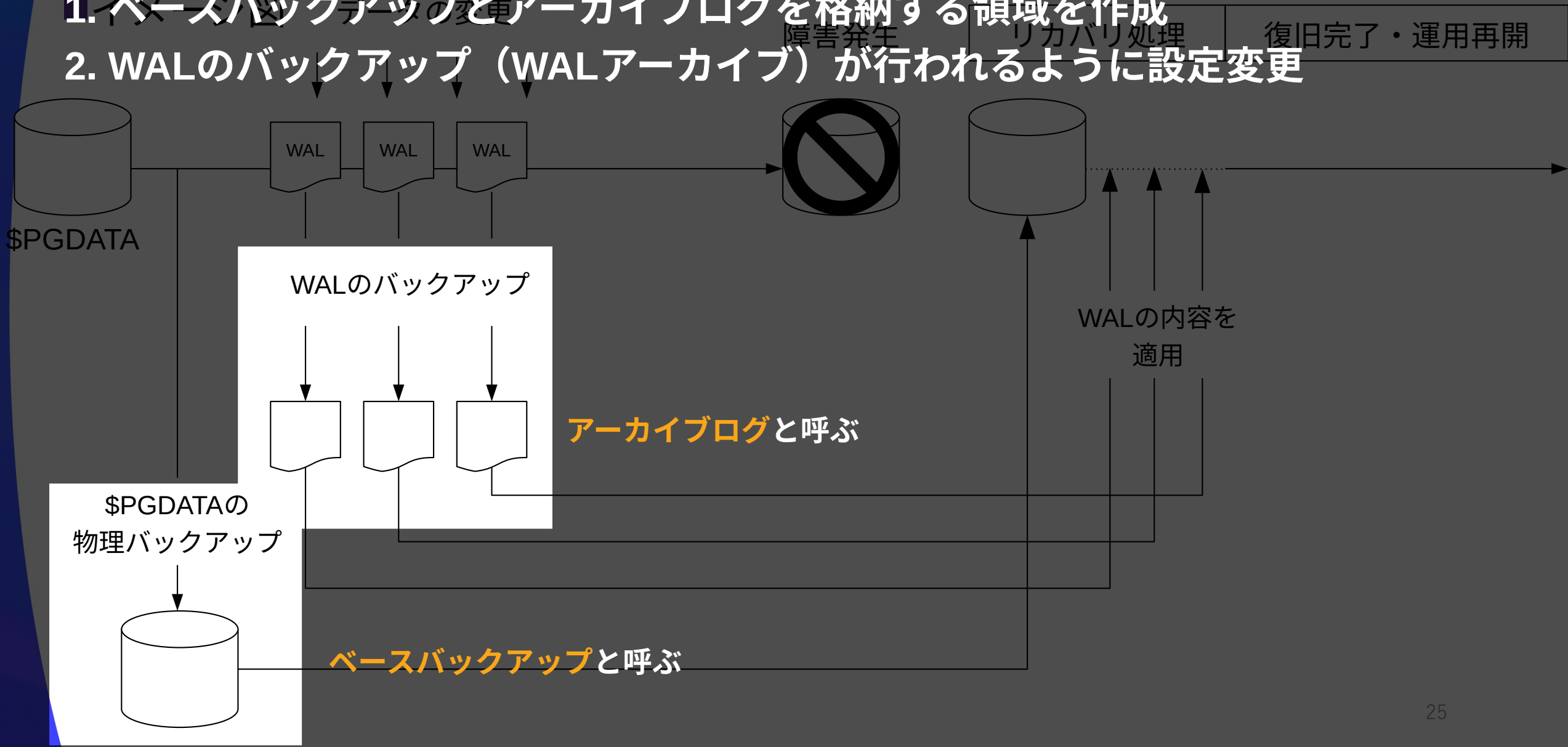
# PITR (Point In Time Recovery)

■イメージ図



# PITR (Point In Time Recovery)

1. ベースバックアップとアーカイブログを格納する領域を作成
2. WALのバックアップ（WALアーカイブ）が行われるように設定変更



# PITR (Point In Time Recovery) > 設定

■ベースバックアップとアーカイブログの格納領域を作製

```
[postgres@osc ~]$ mkdir $HOME/16/backups/base    # ベースバックアップ格納ディレクトリを作成
[postgres@osc ~]$ mkdir $HOME/16/backups/arc     # アーカイブログ格納ディレクトリを作成
```

■WALアーカイブの設定（説明は次のページ）

■$PGDATA/postgresql.confの編集と適用

```
@@ -255,12 +255,12 @@

 # - Archiving -

-#archive_mode = off             # enables archiving; off, on, or always
+archive_mode = on               # enables archiving; off, on, or always
                                 # (change requires restart)
 #archive_library = ''           # library to use to archive a WAL file
                                 # (empty string indicates archive_command should
                                 # be used)
-#archive_command = ''           # command to use to archive a logfile segment
+archive_command = 'cp "%p" "/var/lib/pgsql/16/backups/arc/%f"'          # command to use to ...
```

# PITR (Point In Time Recovery) > 設定

- archive_mode
  onにすると不要になって削除されるWALをアーカイブ領域に転送するようになる

- archive_command
  archive_mode = onのとき、実行するOSコマンド
  → データベースクラスタ内に生成されるWALをアーカイブ領域へ転送する方法はDB管理者が決める
  - %p: アーカイブ対象のWALファイルのパス名
  - %f: アーカイブ対象のWALファイル名

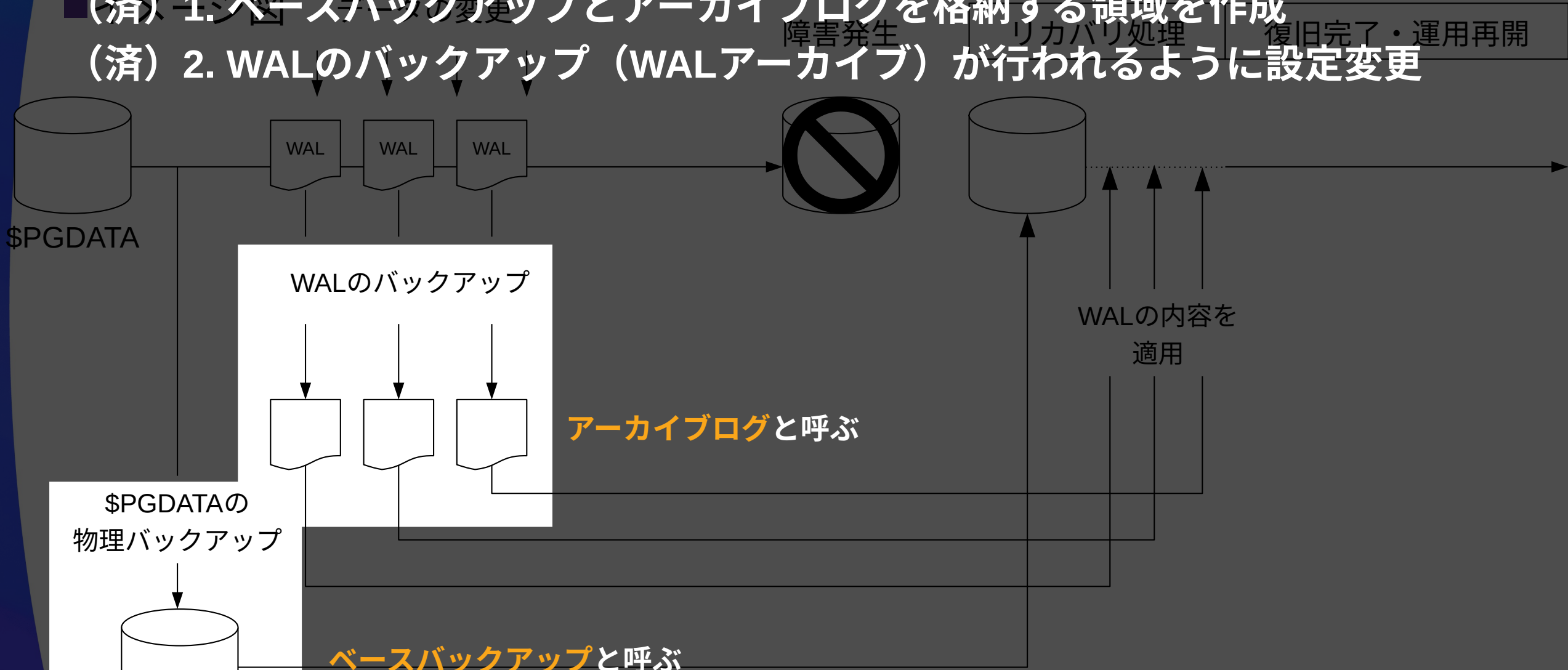
- $PGDATA/postgresql.confの反映

```
[postgres@osc ~]$ pg_ctl restart
```

  - 設定ファイルの変更反映はrestartかreload
  - 変更したパラメータによって決まる

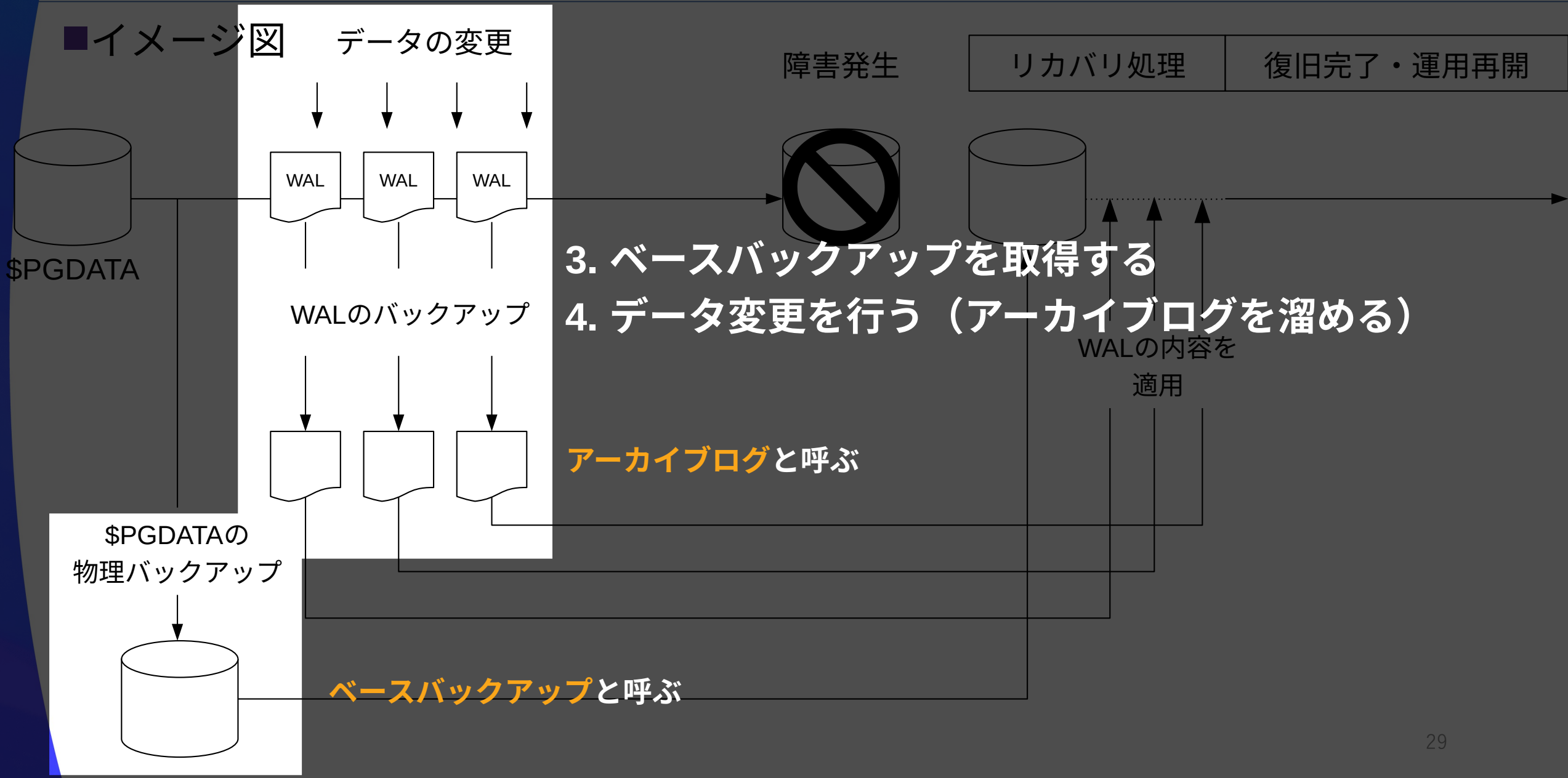
# PITR (Point In Time Recovery)

- （済）1. ベースバックアップとアーカイブログを格納する領域を作成
  （済）2. WALのバックアップ（WALアーカイブ）が行われるように設定変更



# PITR (Point In Time Recovery)

■イメージ図



# PITR (Point In Time Recovery) > 運用開始

- ベースバックアップの取得
  ベースバックアップ = $PGDATAの物理バックアップ

- pg_basebackupでOK

```
[postgres@osc ~]$ pg_basebackup --pgdata=$HOME/16/backups/base/001 --wal-method=none
```

  - --wal-method=none
    物理バックアップ対象にWALは含めない
    （WALアーカイブしているので含める必要がない）

# PITR (Point In Time Recovery) > 運用開始

- benchmarkデータベースにデータ書き込み
  pgbenchでベンチマークを実行してデータ書き込みを発生させる

```
[postgres@osc ~]$ pgbench --client=10 --time=30 benchmark
```

  - --client=《ベンチマーチクライアントの同時接続数》
  - --time=《ベンチマーク実行時間（秒）》

- 履歴テーブルから最新のデータ行を確認しておく(*)

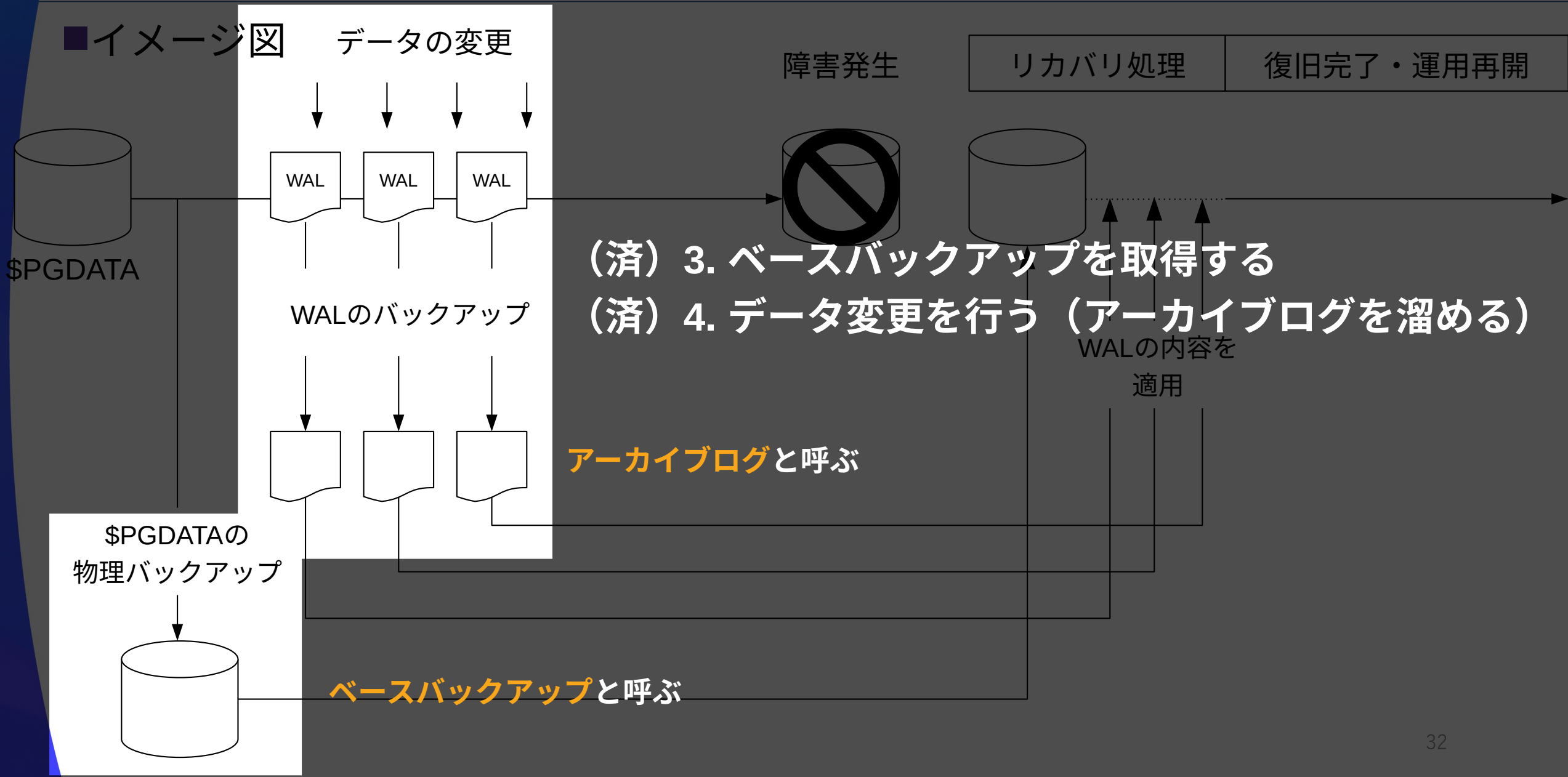
```
[postgres@osc ~]$ psql benchmark
psql (16.2)
Type "help" for help.

benchmark=# SELECT * FROM pgbench_history ORDER BY mtime LIMIT 1;
 tid | bid |   aid   | delta |           mtime            | filler
-----+-----+---------+-------+----------------------------+--------
   5 |   7 | 2654468 | -4820 | 2024-02-18 13:30:36.983247 |
(1 row)
```

(*) 履歴テーブルのタイムスタンプを、昇順でソート(ORDER BY)して、先頭の1行だけを表示(LIMIT 1)しています。

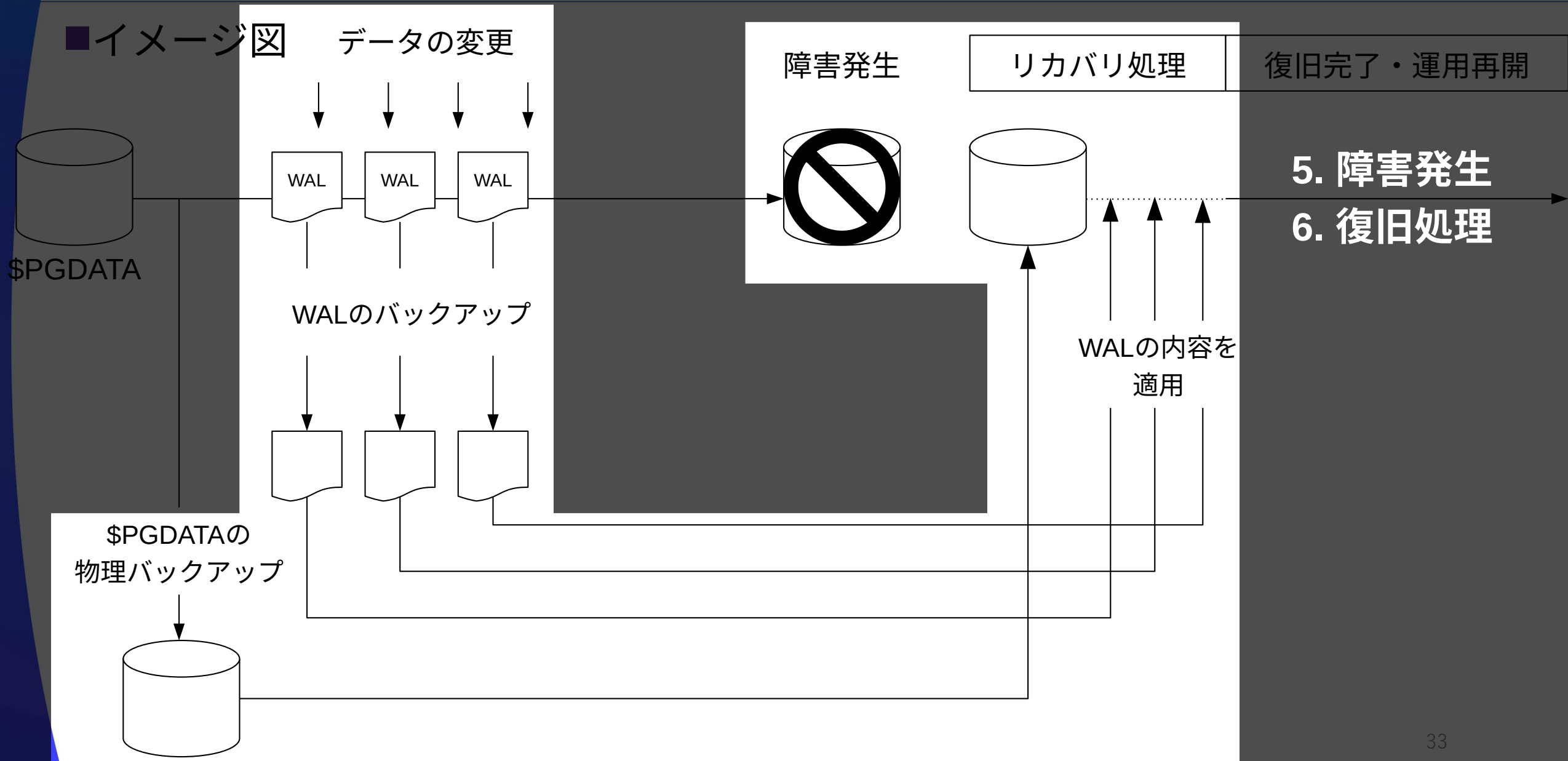
# PITR (Point In Time Recovery)

■イメージ図



# PITR (Point In Time Recovery)

■イメージ図



# PITR (Point In Time Recovery) > 障害発生

- ベンチマークを実行したデータベースクラスタを強制終了

```
[postgres@osc ~]$ pg_ctl --mode=immediate stop
```

  - --mode=《シャットダウンモード》
    immediateは強制終了モード（PostgreSQLがクラッシュする）

- 強制終了（障害が発生した）データベースクラスタを待避

```
[postgres@osc ~]$ mv $PGDATA $PGDATA.crash
```

# PITR (Point In Time Recovery) > リカバリ処理

■ベースバックアップを$PGDATAに配置してログを削除(*)

```
[postgres@osc ~]$ cp -a $HOME/16/backups/base/001 $PGDATA
[postgres@osc ~]$ rm -f $PGDATA/pg_log/*
```

■$PGDATA/postgresql.confでリカバリ設定

```
@@ -271,7 +271,7 @@

 # These are only used in recovery mode.

-#restore_command = ''          # command to use to restore an archived WAL file
+restore_command = 'cp "/var/lib/pgsql/16/backups/arc/%f" "%p"'          # command to use to ...
```

■restore_command
アーカイブログを適用するOSコマンドを指定
→ アーカイブログからデータベースクラスタへの転送方法はDB管理者が決める

%p: WALファイルのパス名
%f: アーカイブログのファイル名



(*) これからリカバリして稼働させるデータベースクラスタに、ベースバックアップ取得時点までのログファイルを残しておく意味はありません。

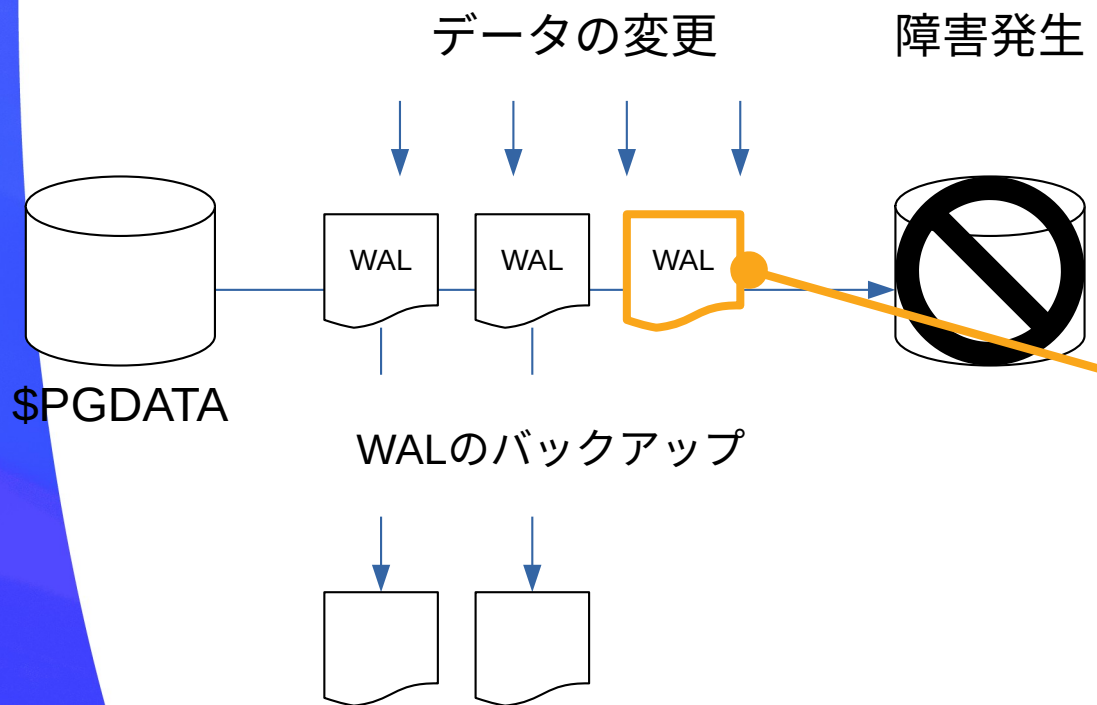
# PITR (Point In Time Recovery) > リカバリ処理

■未アーカイブのWALを$PGDATA/pg_walに配置

```
[postgres@osc ~]$ ls $PGDATA.crash/pg_wal    # クラッシュしたデータベースクラスタ内のWALを確認
[postgres@osc ~]$ ls $HOME/16/backups/arc    # アーカイブログを確認
[postgres@osc ~]$ cp $PGDATA.crash/pg_wal/* $PGDATA/pg_wal/
```

■なぜやるのか？

■WALがアーカイブされないまま障害が発生するケースもある




■履歴テーブルから最新のデータ行を確認しておく(*)

```
[postgres@osc ~]$ psql benchmark
psql (16.2)
Type "help" for help.

benchmark=# SELECT * FROM pgbench_history ORDER BY mtime LIMIT 1;
 tid | bid |   aid   | delta |           mtime            | filler
-----+-----+---------+-------+----------------------------+--------
   5 |   7 | 2654468 | -4820 | 2024-02-18 13:30:36.983247 |
(1 row)
```

# PITR (Point In Time Recovery) > リカバリ処理

- $PGDATA/recovery.signalを作成

```
[postgres@osc ~]$ touch $PGDATA/recovery.signal
```

  - recovery.signal
    このファイルがデータベースクラスタ内にある状態でPostgreSQLを起動するとPostgreSQLはリカバリモードで起動する
    restore_commandを実行してアーカイブログを適用する

- リカバリ実行

```
[postgres@osc ~]$ pg_ctl start
```

  - リカバリ中はデータベースに接続できない。
    →リカバリするアーカイブログが多いほどデータベースに接続できない時間は長くなる

# PITR (Point In Time Recovery) > リカバリ処理

- リカバリ完了
  - recovery.signalが削除される
  - ログファイルに「LOG: archive recovery complete」が出力される
  - 障害発生直前の最新データまで復旧できている

```
[postgres@osc ~]$ psql benchmark
psql (16.2)
Type "help" for help.

benchmark=# SELECT * FROM pgbench_history ORDER BY mtime LIMIT 1;
 tid ¦ bid ¦   aid   ¦ delta ¦           mtime            ¦ filler
-----+-----+---------+-------+----------------------------+--------
   5 ¦   7 ¦ 2654468 ¦ -4820 ¦ 2024-02-18 13:30:36.983247 ¦
(1 row)
```

# PostgreSQLのバックアップ手法

| 手法 | バックアップ対象 | 方法 |
| --- | --- | --- |
| 論理バックアップ | PostgreSQLのデータ | PostgreSQLコマンド |
| 物理バックアップ | データベースクラスタ | OSコマンド<br>or<br>PostgreSQLコマンド |
| PITR<br>(Point In Time Recovery) | データベースクラスタとWAL<br>ファイル | 物理バックアップ<br>と<br>WALアーカイブ |