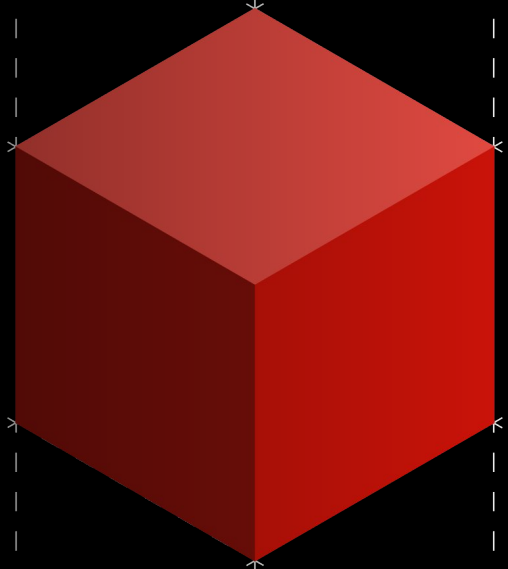
TiDB

分散SQLデータベース「TiDB」のリアルな課題と運用ノウハウ

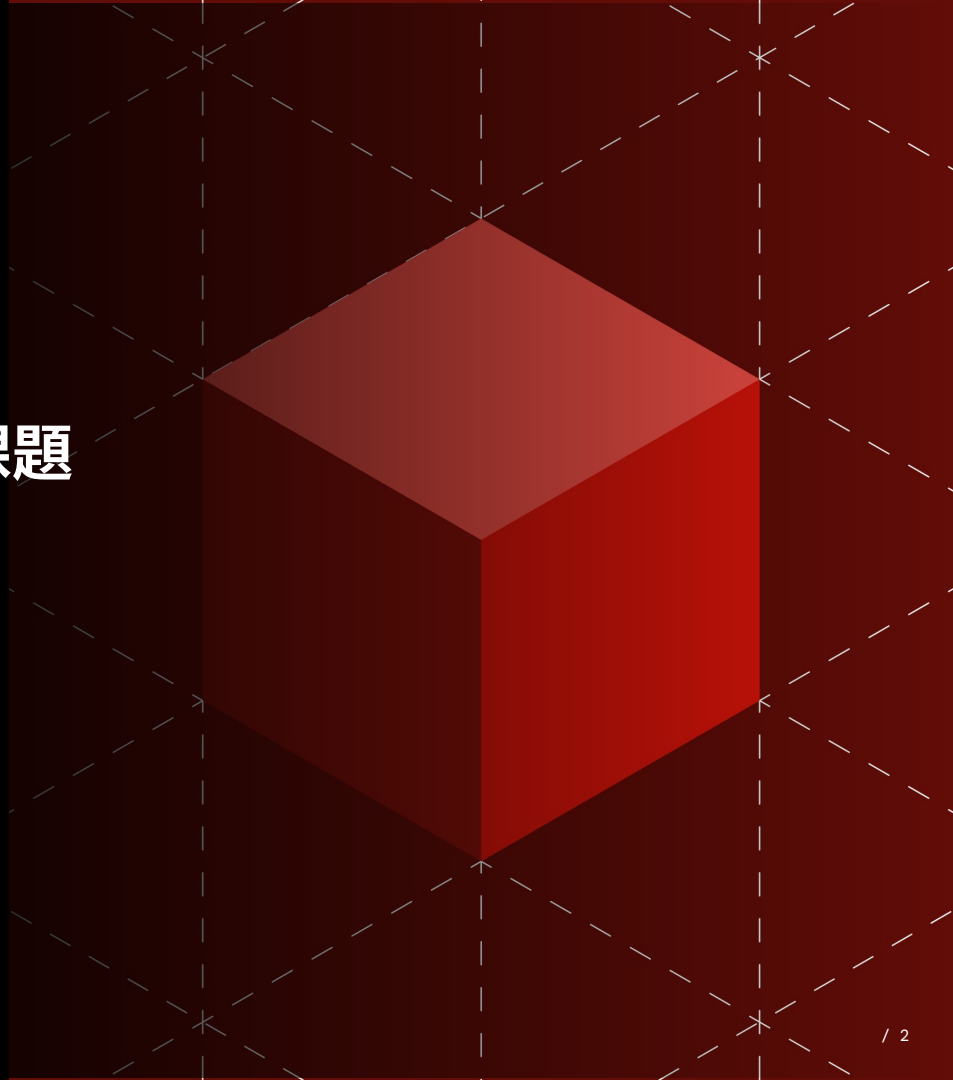


Koitabashi Yoshitaka
Senior Solution Architect / PingCAP Japan

11 Jul. 2025

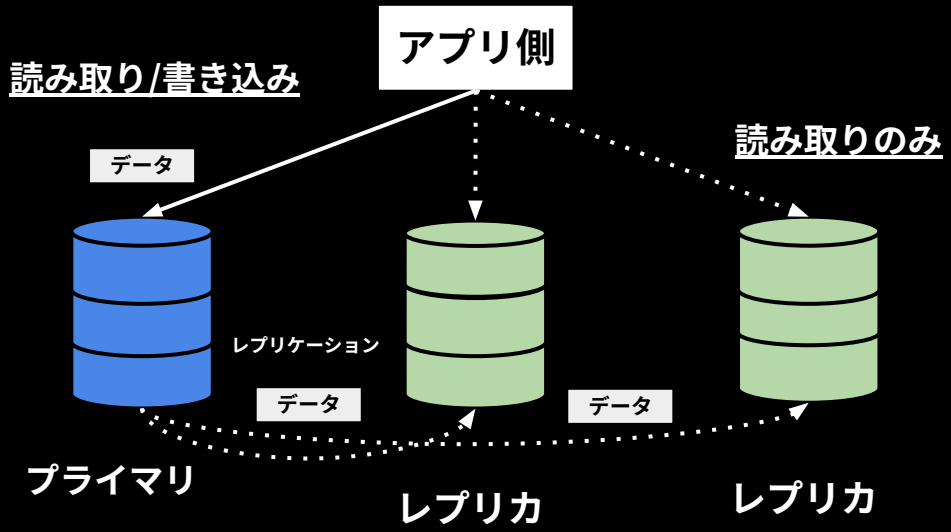
AGENDA

01 分散型SQLデータベース
02 TiDBの裏側
03 実際の運用現場で直面する課題

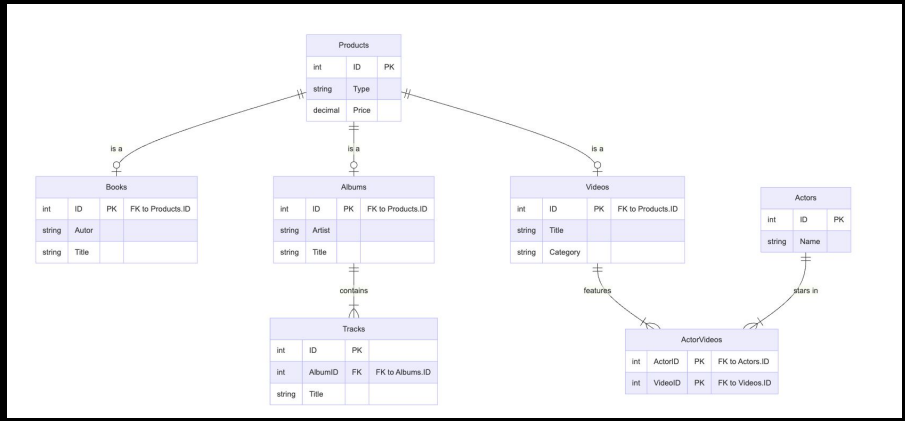


01 分散型SQLデータベース ≒ NewSQL

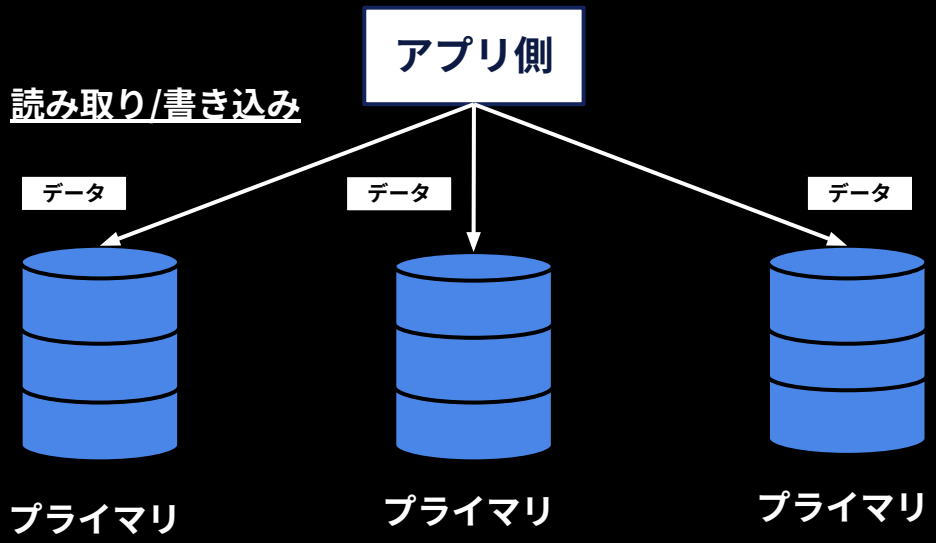
例: RDBMSアーキテクチャ / テーブル構造



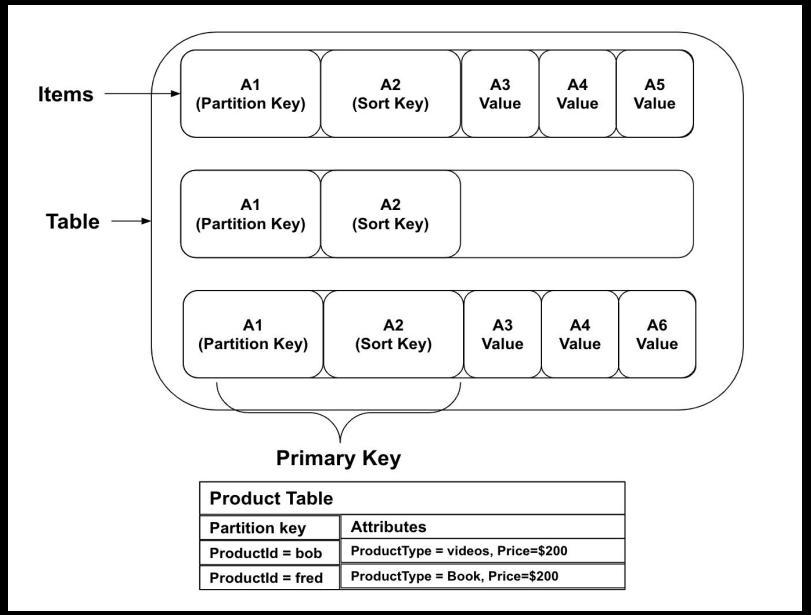
例: 製品(Products)データベース



例: NoSQLアーキテクチャ / テーブル構造

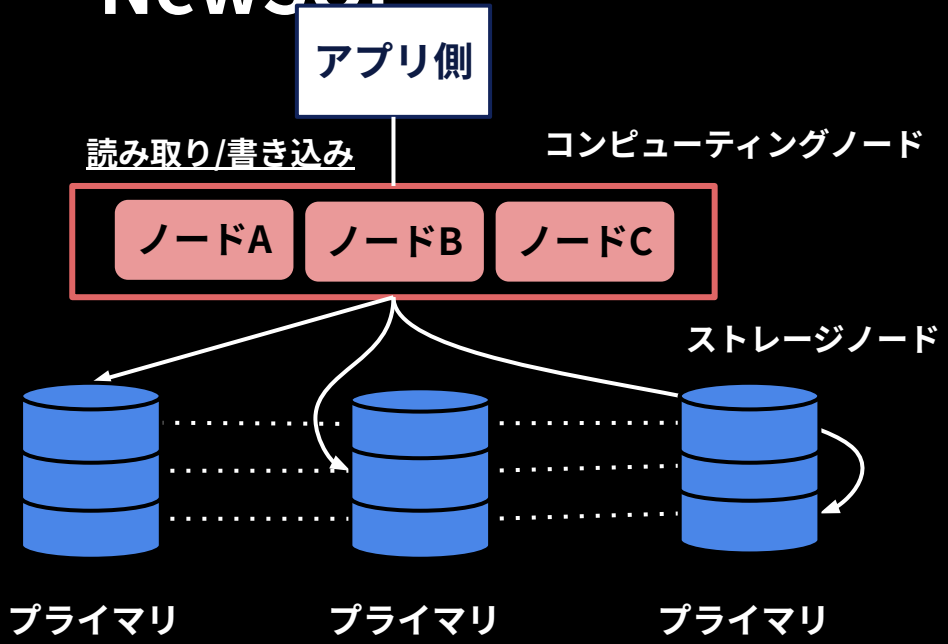


例: KVSベースのテーブル設計

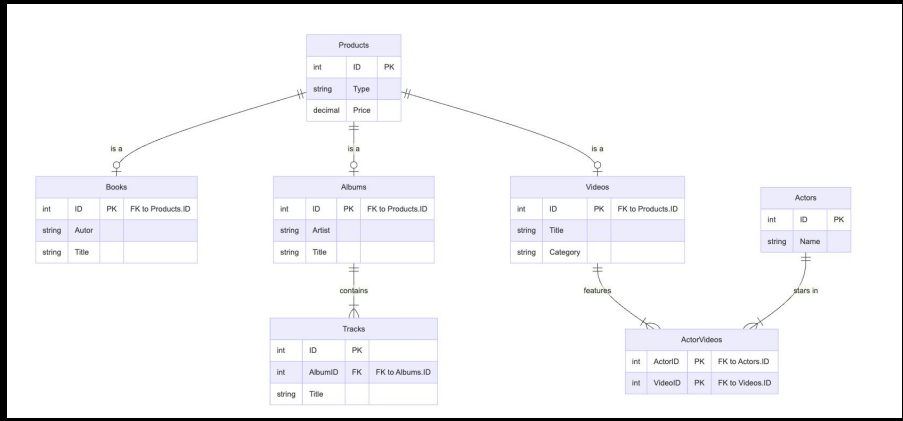


Product Table	
Partition key	Attributes
ProductId = bob	ProductType = videos, Price=$200
ProductId = fred	ProductType = Book, Price=$200

例: 分散型SQLデータベース ≒ NewSQL



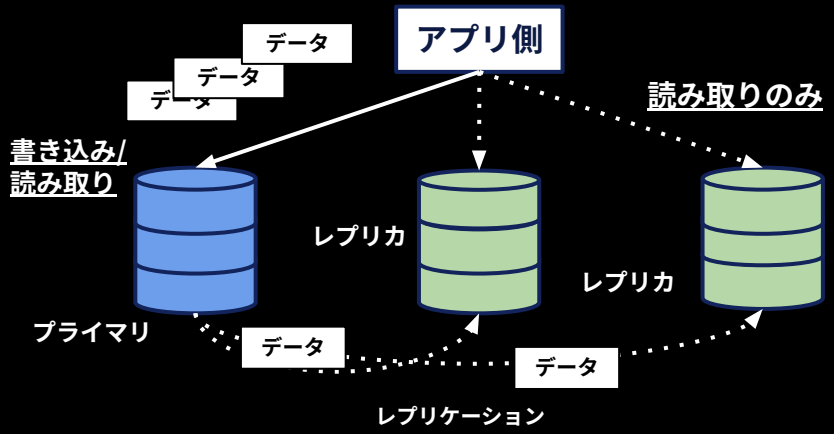
例: 製品(Products)データベース



RDBMSとNewSQL(TiDB)との違い

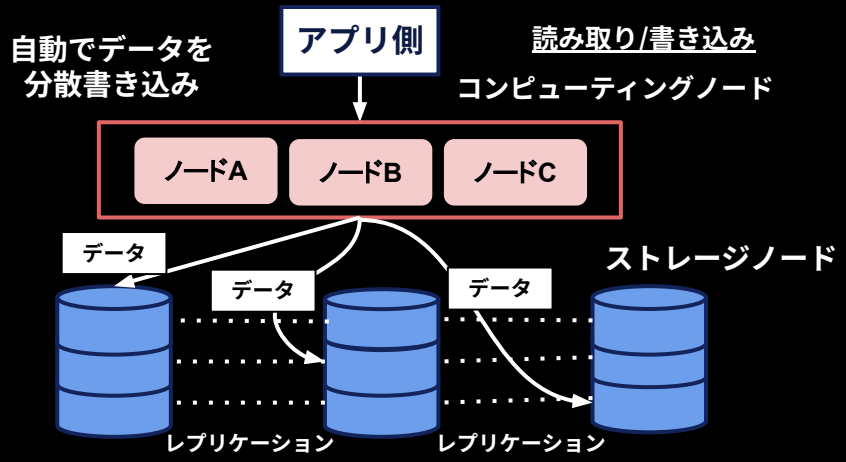
RDBMS

- 書き込み負荷の集中に伴うボトルネック
- レプリカのスケール限界 / レプリカラグ

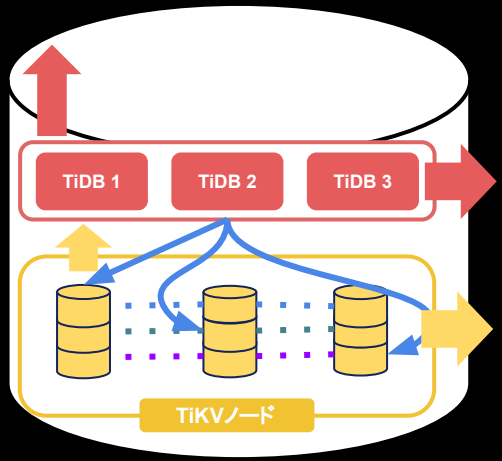


NewSQL (TiDB)

- 大量の同時接続でも一定のレイテンシ
- オンラインで水平/垂直に拡張可能

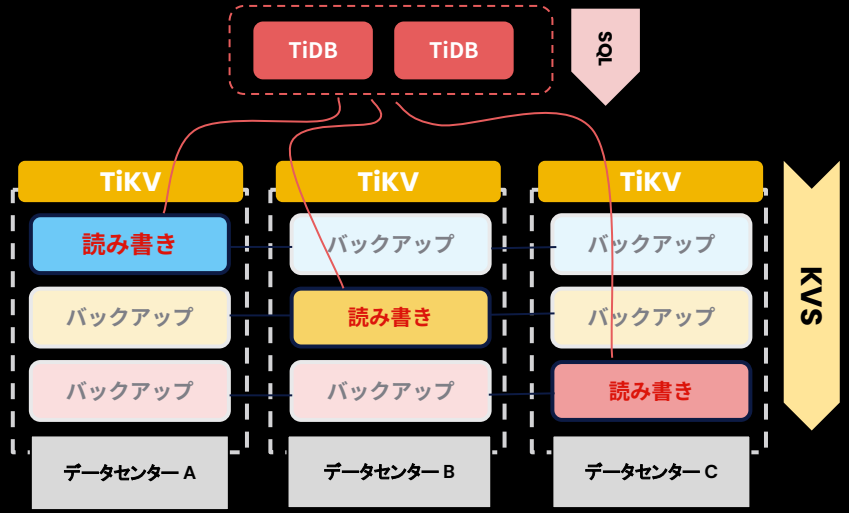


なぜ分散型SQLデータベースが注目されているのか



柔軟なスケーリング

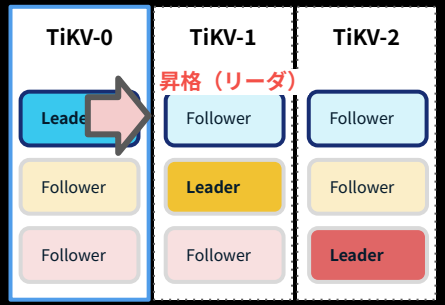
ビジネスの成長に合わせて、
稼働するDBを**止めず**に拡張可能



BCP

インスタンス/DC
障害時も自動復旧

ローリング
アップグレード

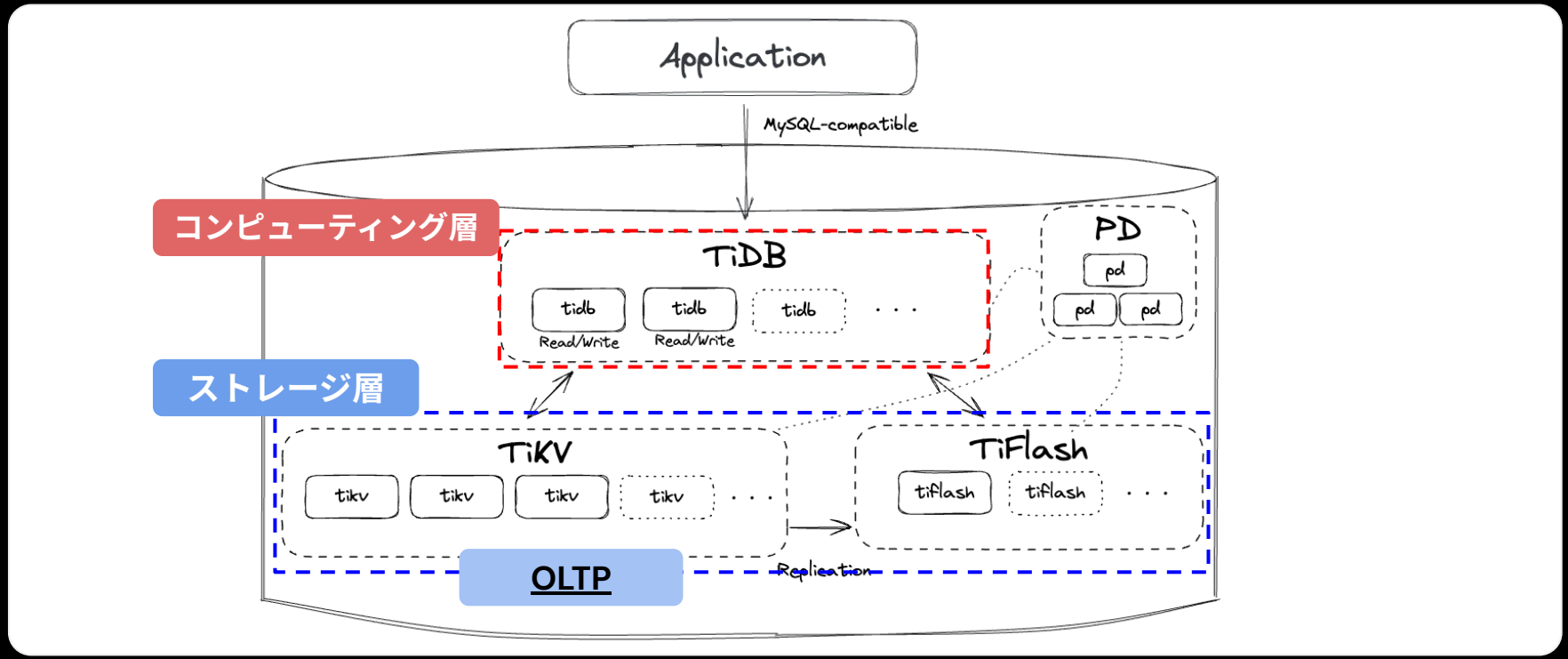


Resilient

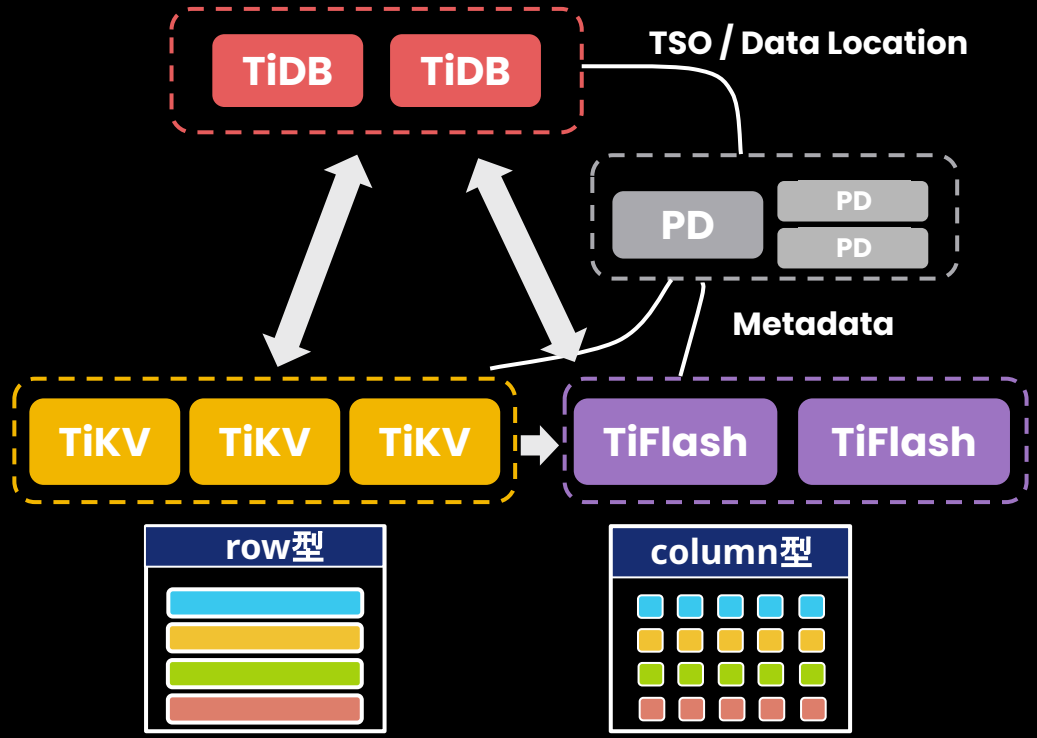
アップグレードは
無停止実行が可能

02 TiDBの裏側

全体のアーキテクチャー



TiDB内部のコンポーネント



コンピューティング TiDB

- SQL解析を行う *MySQLプロトコルをKVに変換
- HTAPではTiKV(row型)かTiFlash(column型)判断

ストレージ TiKV TiFlash

TiKV

- OLTP用途の分散Key-Value Store※RocksDB利用
- パーティショニングによるデータ分散管理
- Raftや2PCにより整合性担保

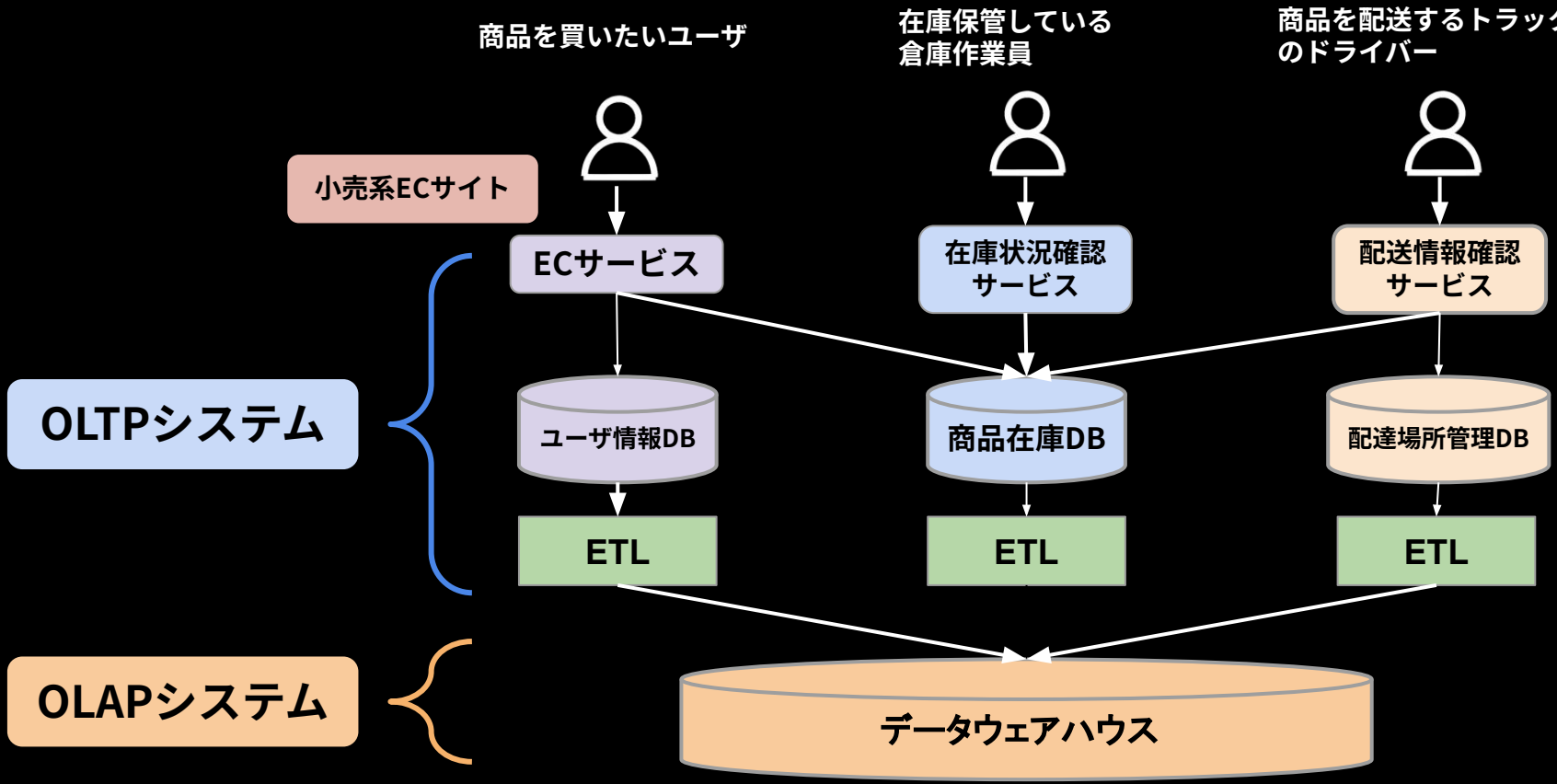
TiFlash *optional*

- HTAP利用時の追加コンポーネント
- OLAP用途のカラム型ストア

司令塔 PD

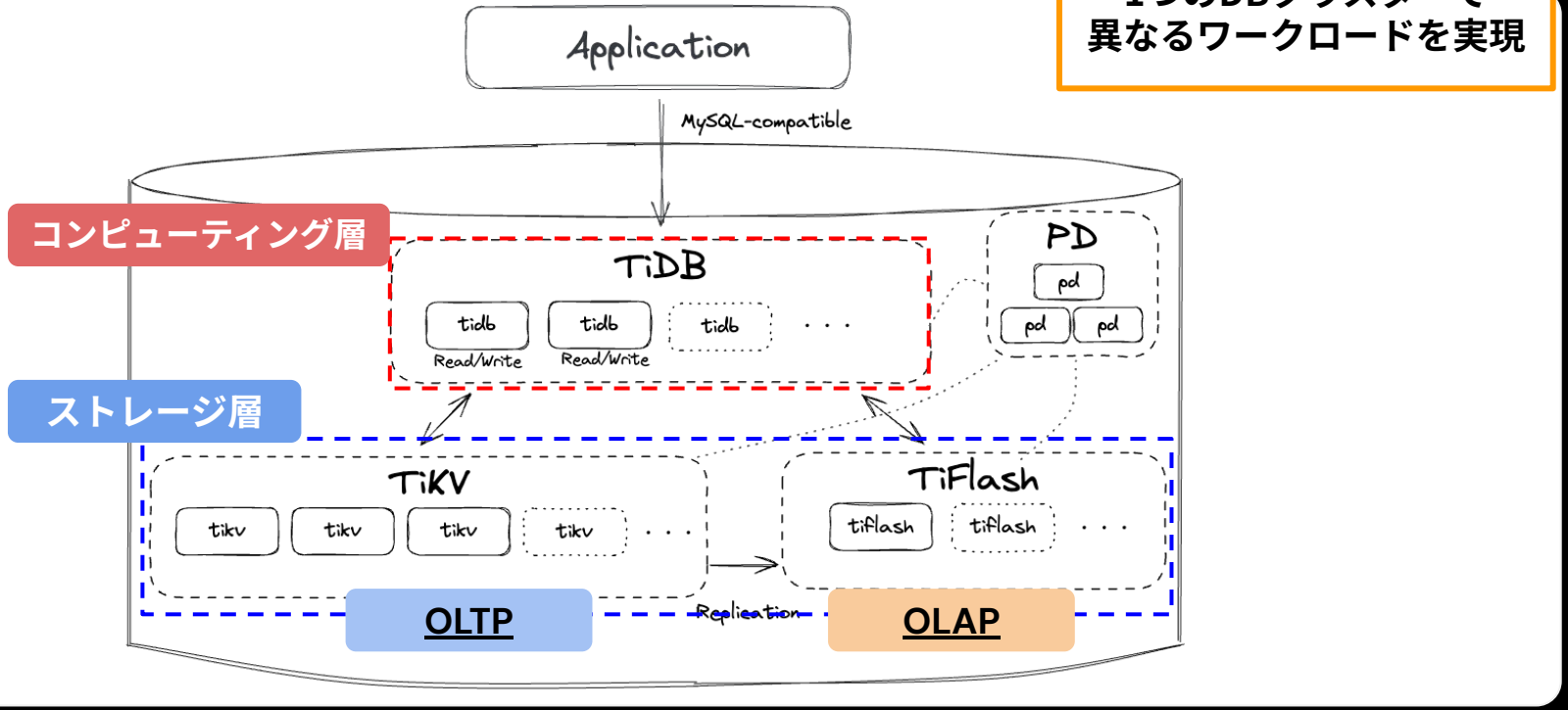
- データ配置場所の管理（Region管理）
- 分散トランザクションで利用するTSOを発行

よくあるOLTPワークロード / OLAPワークロード



TiDBならではの機能としてHTAP

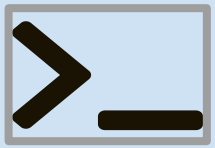
1つのDBクラスターで
異なるワークロードを実現



TiDBの利用パターン

パターン 1

Instance



TiUP

TiDBのセットアップから運用まで
※ローカルでも使える

パターン 2

Kubernetes

TiDB Operator

K8sでのセットアップ・運用

パターン 3

Cloud

TiDB

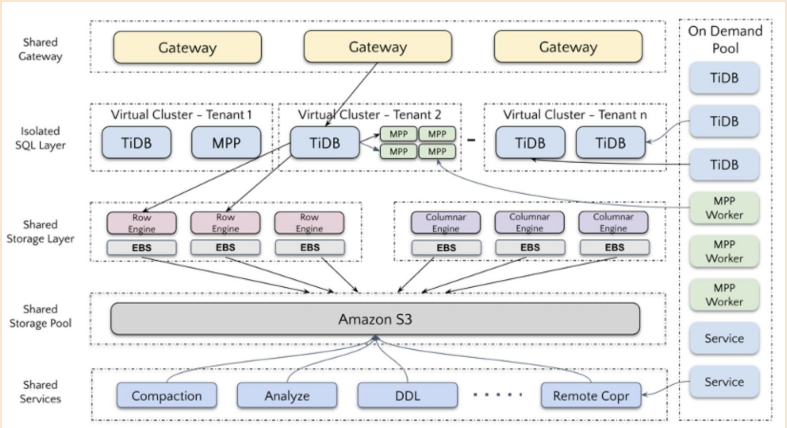
aws Google Cloud Microsoft Azure

TiDB Cloud

フルマネージドDBaaS
ServerlessとDedicatedがある

TiDB Cloudのラインナップ

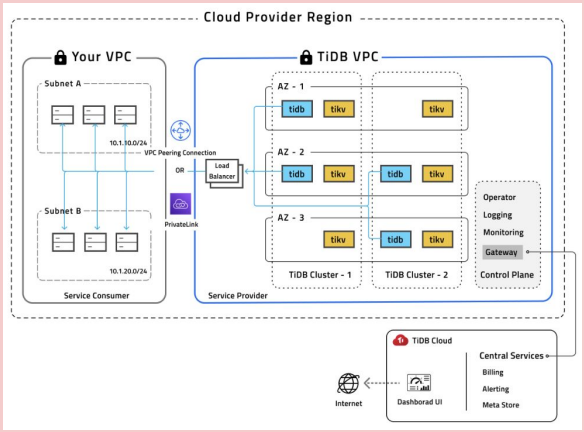
Serverless



マルチテナント型 aws

- シングルAZ or マルチAZ / Autoスケール
- BranchingやEdge Function用のDriver用意
- Vector Search※Betaもあり

Dedicated



専有型 aws Google Cloud Microsoft Azure

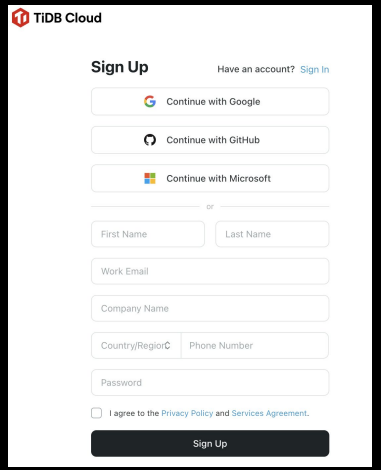
- マルチAZ / 各コンポーネントスケール(APIあり)
- MySQLからの移行ツールもフルで使える
- OSSライクに柔軟なチューニング可能

簡単に始められるTiDB Serverless

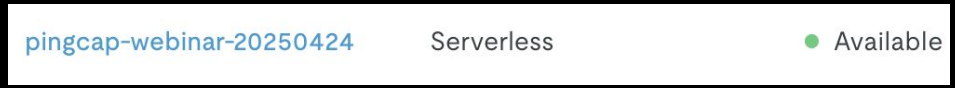
クレカ不要！

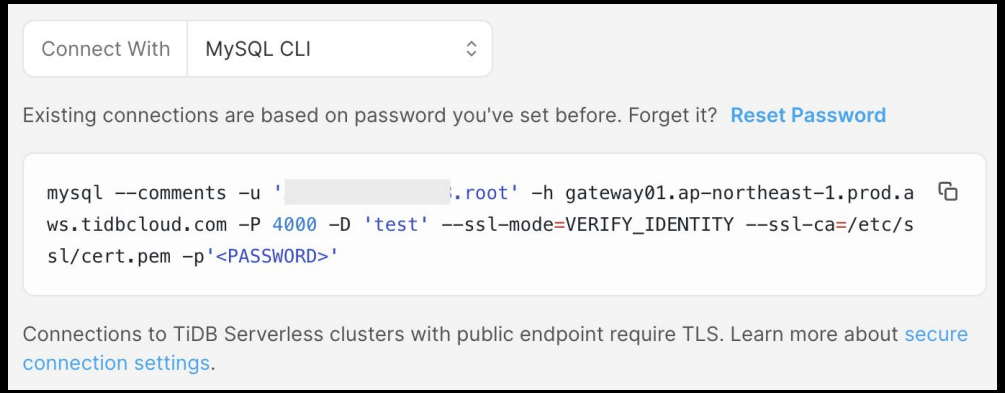
$0から利用可能

・1ヶ月間で行ベースデータ5GiB / 列ベースデータ5GiBを同時に保存可能
・5,000万RUを消費可能
※無料クラスター: 1アカウント5つまで



クラスタの起動10秒くらい

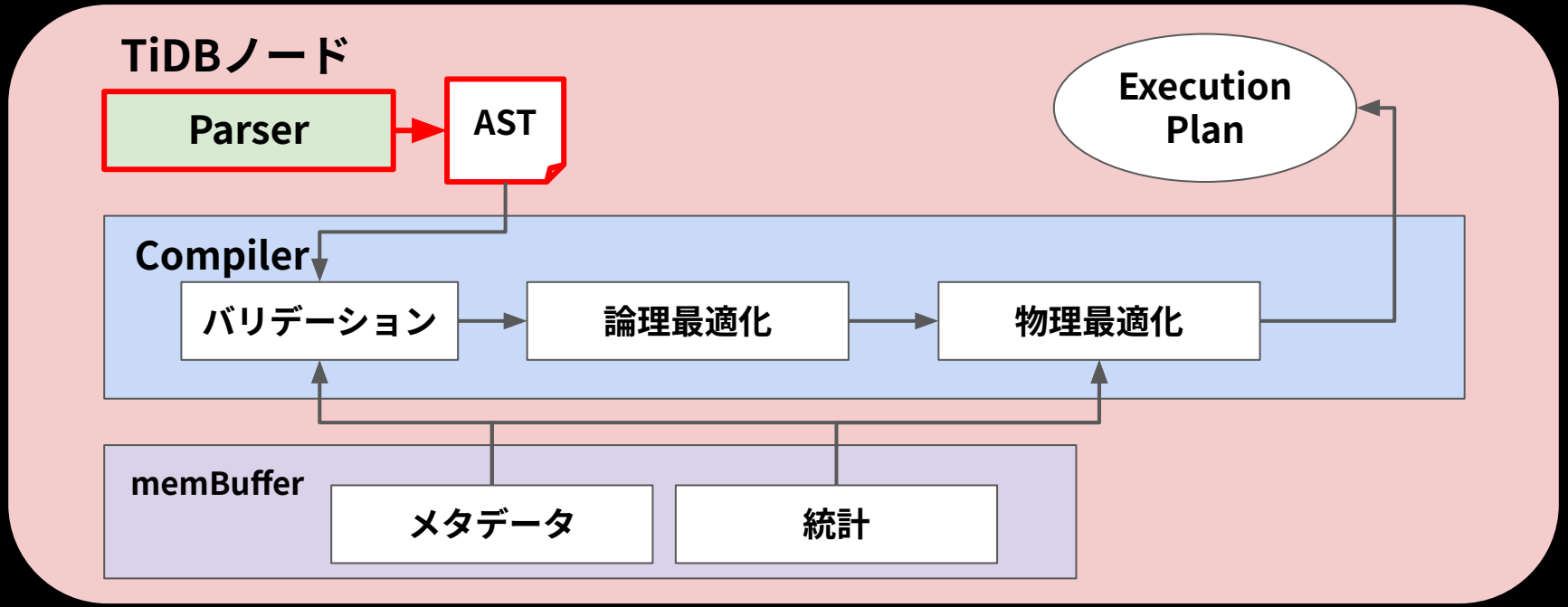




MySQLクライアントからの接続時の情報も自動生成

分散DBの裏側

TiDBの役割: SQLの変換とトランザクション



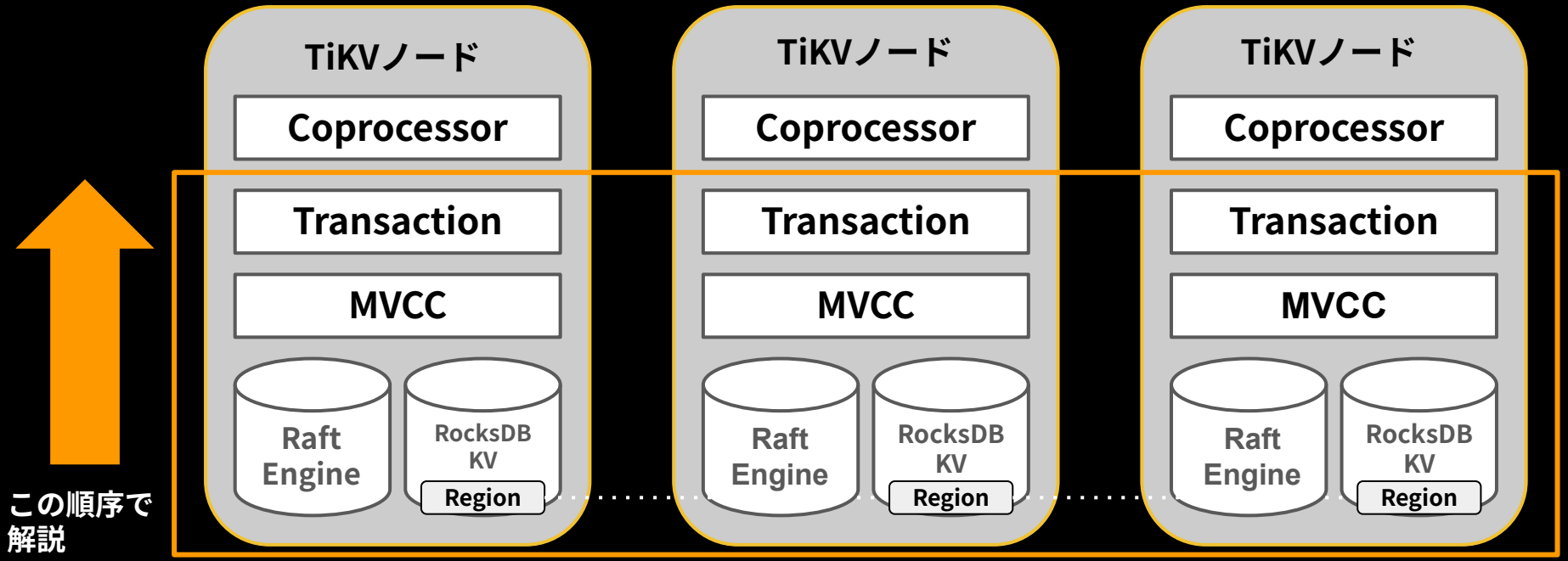
TiDBにおけるテーブルからKey-Valueへの変換

- 行データを <{table_id, primary key},{values*}> の形のKVに変換
- インデックスも <{index_columns*},rowid>の形のKVに変換

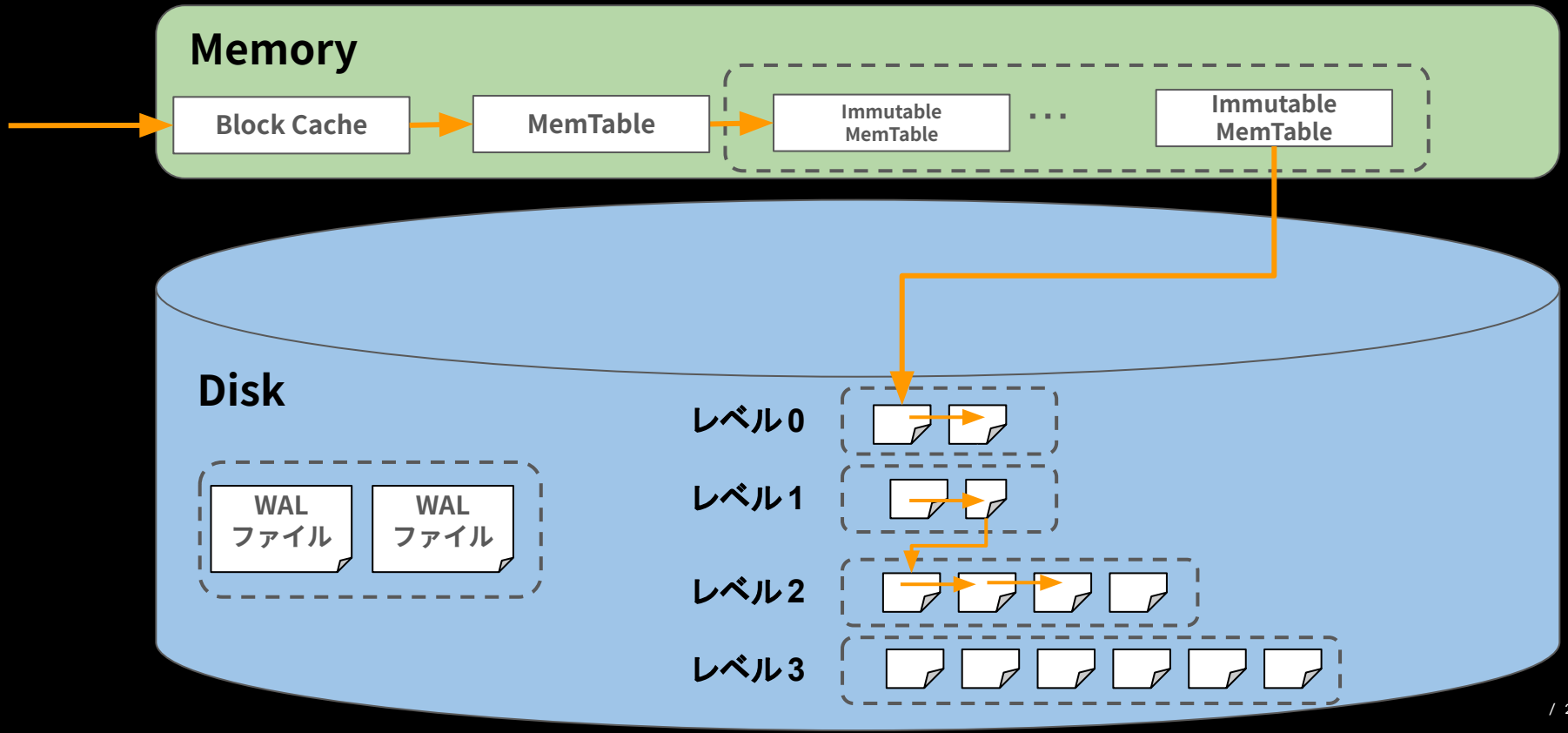
id	名前	誕生日	携帯電話	点数
r1	Tom	1982-09-28	1390811212	78
r2	Jack	1996-04-12	1801222187	91
r3	Frank	1982-09-28	1364571212	90
r4	Tony	1977-03-12	1391113134	65
r5	Jim	1992-07-19	1579915611	51
r6	Sam	1978-09-12	1713665011	97

Key	Value
tid_r1	Tom, 1982-09-28, 1390811212, 78
tid_r2	Jack, 1996-04-12, 1801222187, 91
tid_r3	Frank, 1982-09-28, 1364571212, 90
tid_r4	Tony, 1977-03-12, 1391113134, 65
tid_r5	Jim, 1992-07-19, 1579915611, 51
tid_r6	Sam, 1978-09-12, 1713665011, 97

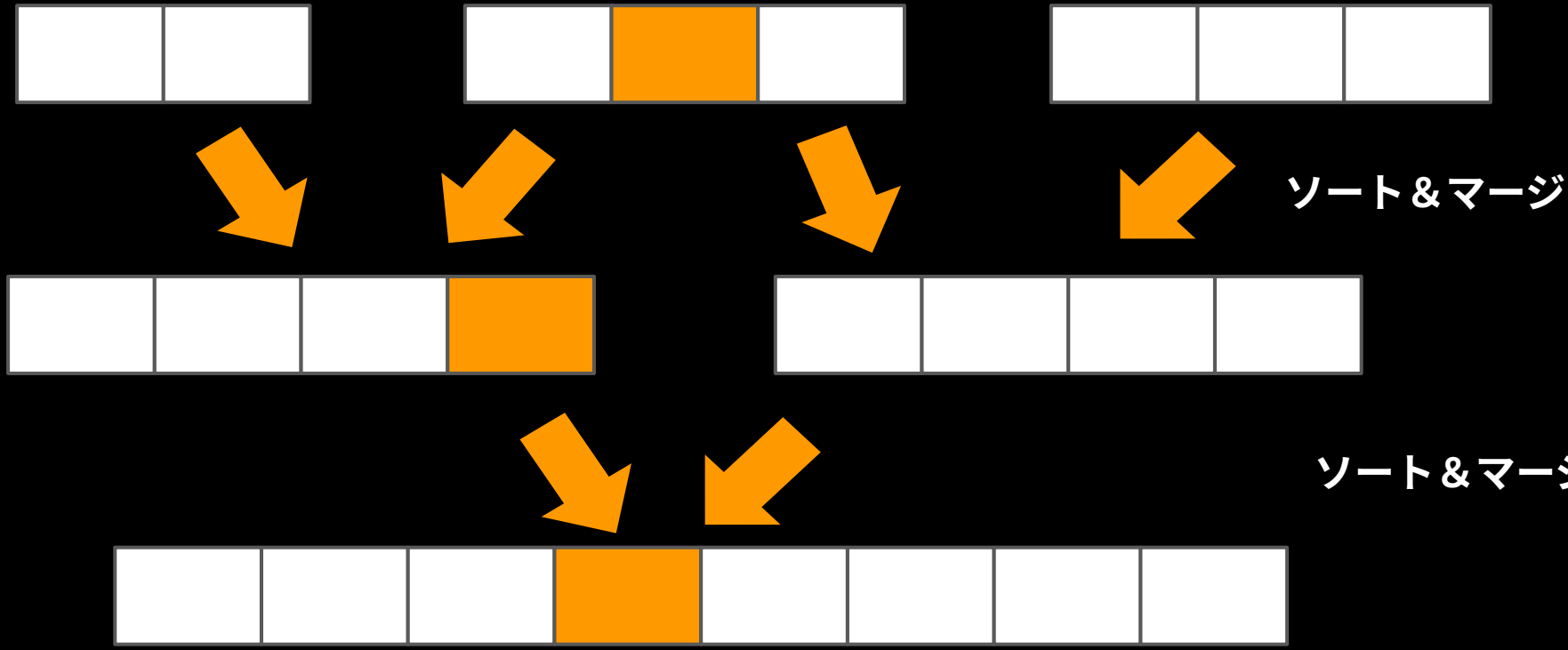
TiKVの役割: データの保存と一貫性



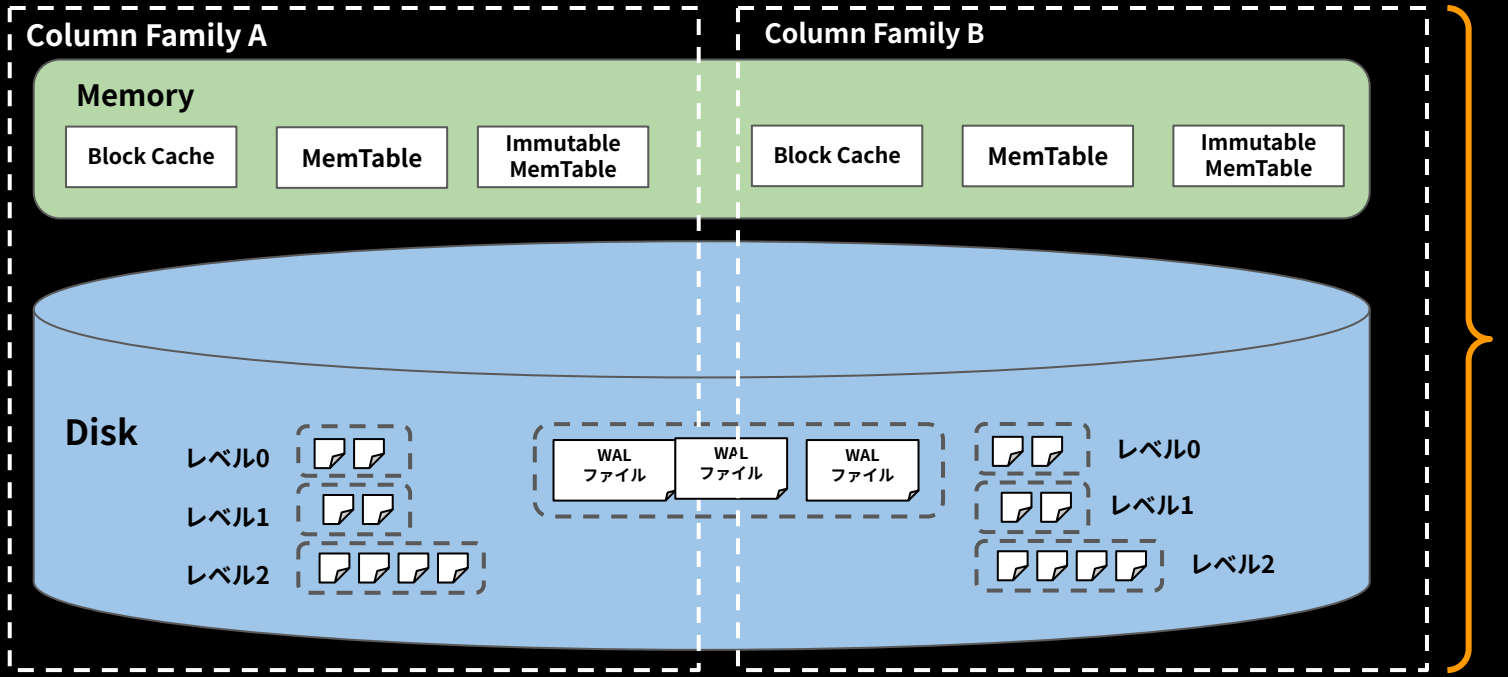
RocksDBの書き込み処理の特徴



ログ構造化マージ(LSM)ツリーの動き



RocksDBにおけるCF(カラムファミリー)



Default CF

実際のデータ

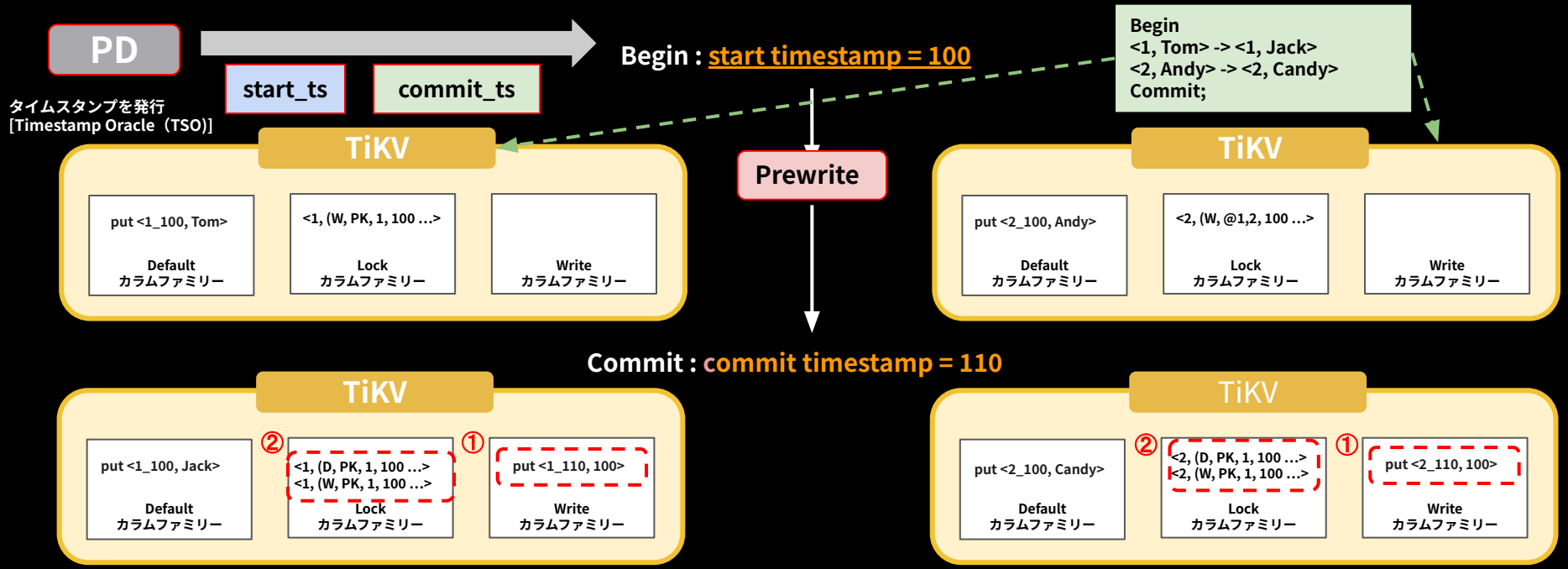
Lock CF

トランザクションのロック情報

Write CF

各キーの更新履歴とコミット情報

分散トランザクション / MVCC



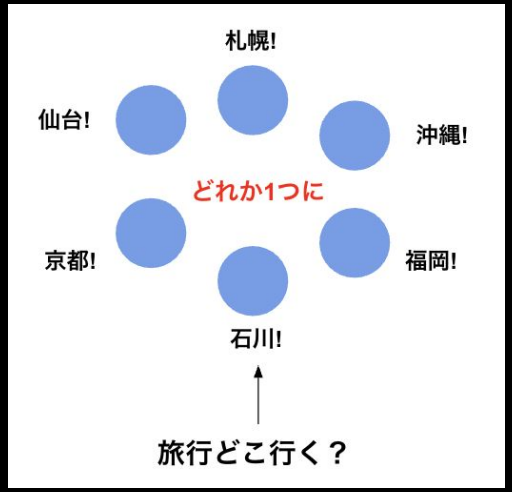
レプリカによる可用性: Raft

分散システム: Consensus(合意)形成は重要

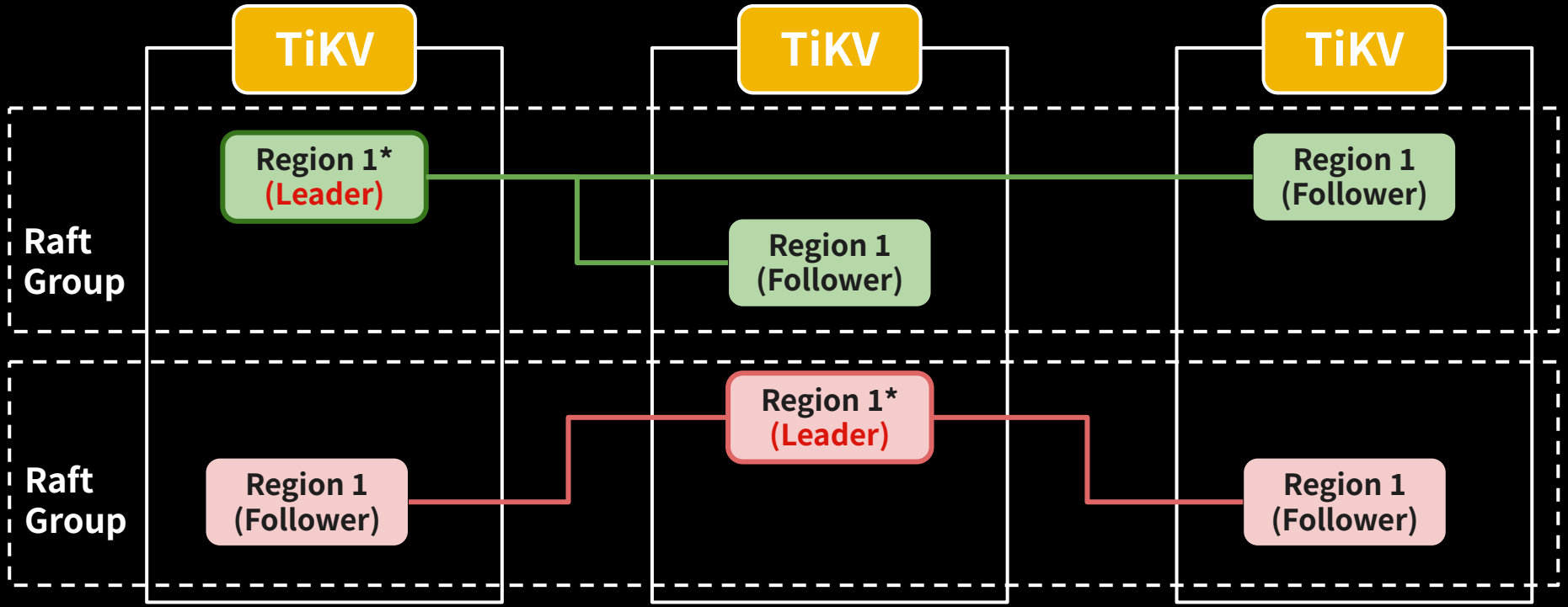
- 異なるレプリカを作り出さないようにする
- リーダーの決定や分散トランザクションに利用

一貫性を保つ合意アルゴリズム

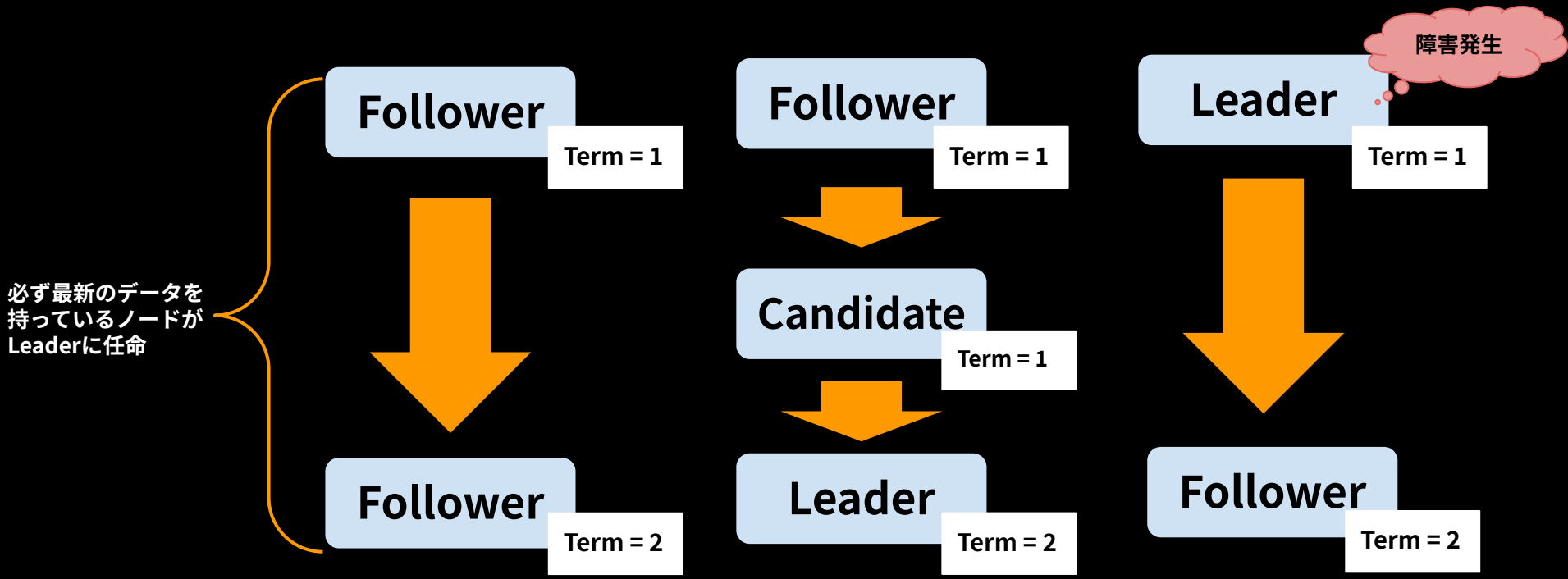
- Raft => TiDBではこちらを採用
- Paxos



Raftによるログレプリケーションの動き



Raftによる選挙の動作



03 リアルな課題と運用ノウハウ

TiDBのテーブル構造

※実際のKeyにはTableの情報も含まれます

TABLE ※デフォルト：CLUSTERD

```
CREATE TABLE t (
`id` INT PRIMARY KEY /*T![clustered_index] CLUSTERD*/,
`name` VARCHAR(255) );
```

(Key) - (Value)

Primary Key - row data

Key (PK)
1001
1002
1003

Value (row data)
やまだ
いとう
さとう

・1レコードを1つのKey-Valueとして保存
・Key：PK - Value：その他のColumn

INDEX

```
CREATE TABLE t(
  `id` INT PRIMARY KEY /*T![clustered_index] CLUSTERED */,
  `name` VARCHAR(255),
  INDEX id_name (`name`));
```

(Key) - (Value)

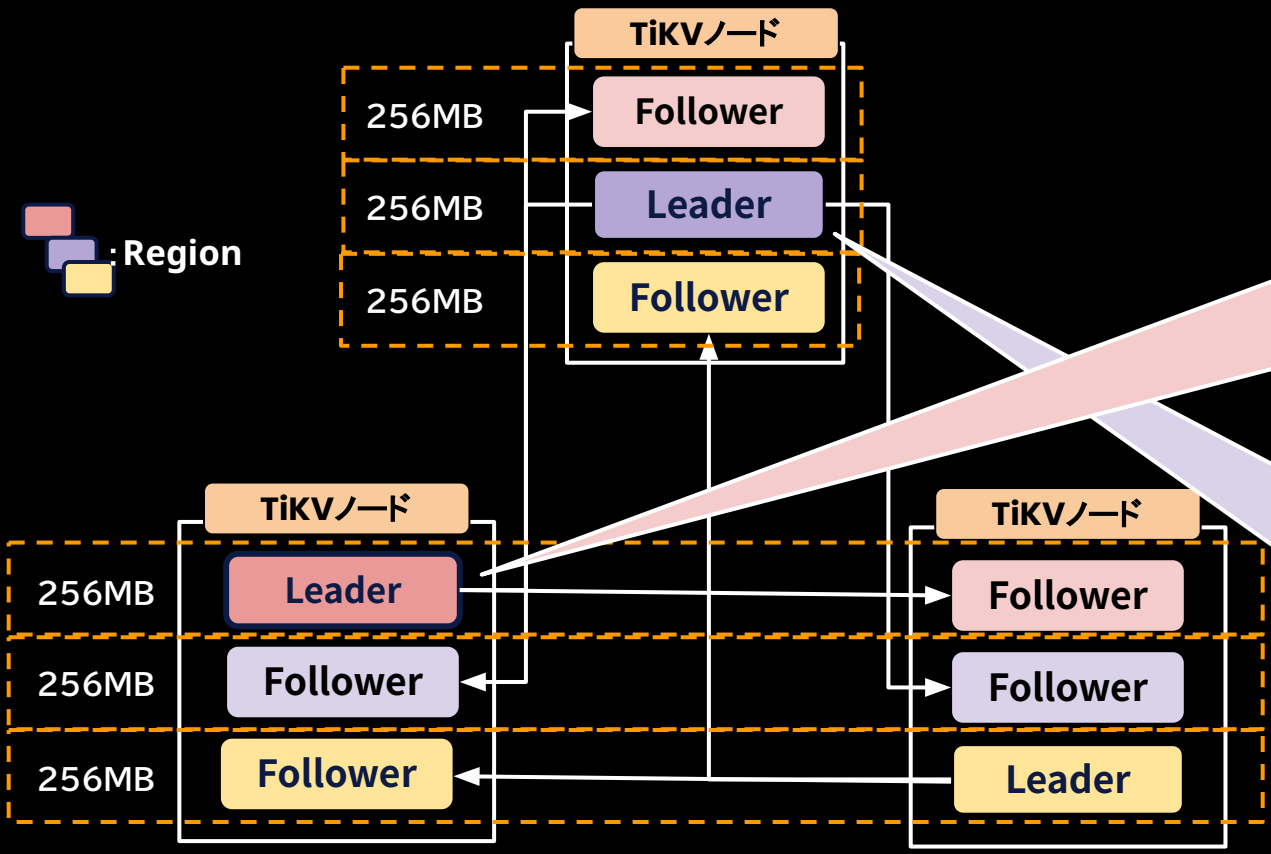
Index - Primary Key

Key
やまだ
いとう
さとう

Value (row data)
1001
1002
1003

・Key：Index / Value：PK
・Index Lookup => 2ホップでアクセス
※①Index KV → ②Table（Row Data）KVの順

TiDBにおける自動シャーディングロジック



例：ユーザーテーブル

256MB

id	名前	住所	電話番号
1	佐藤	北海道	1234
2	鈴木	青森	1235
3	高橋	秋田	1236

256MB

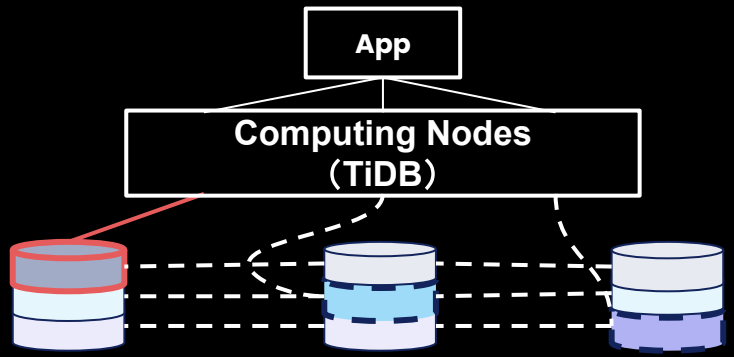
4	田中	岩手	1237
5	伊藤	山形	1238
6	渡辺	茨城	1239

Writeの観点：PKを散らす

PKが連番

多数の近い値を主キーに挿入すると、
書き込みホットスポットを誘発

ex. Auto Incrementテーブルに大量INSERT



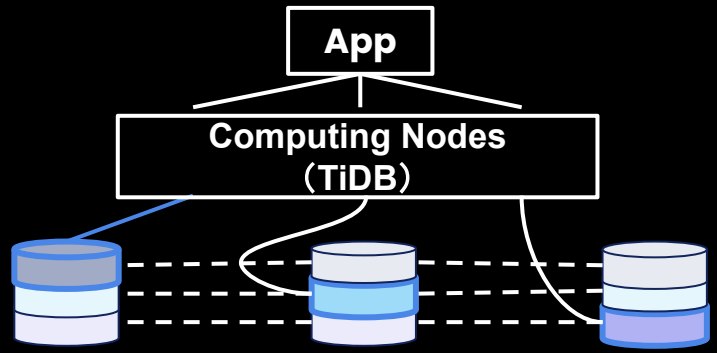
id（PK）	created at
1	4/1 12:00
2	4/1 12:01
3	4/1 12:02
4	4/1 12:03
・・・	・・・

id（PK）	created at
・・・	・・・
9999999	4/4 2:00

id（PK）	created at
・・・	・・・

PKがランダム ※バラつきあり

主キーにはバラつきのある値を利用
-> 負荷もバラけるため**Hotspot回避**
※Auto RandomやUUIDなど



id（PK）	created at
100100001	4/1 12:00
100100002	4/1 12:03
100100003	4/1 12:06

id（PK）	created at
234100001	4/1 12:01
234100002	4/1 12:04
234100003	4/1 12:07

id（PK）	created at
368400001	4/1 12:02
368400002	4/1 12:05

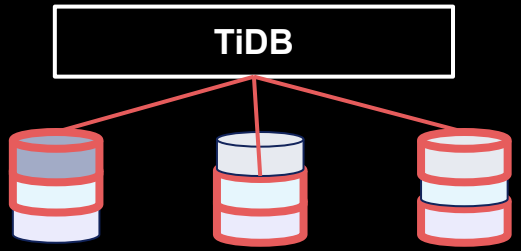
Readの観点：PKの工夫

```
SELECT * FROM `user_action_logs`
 WHERE `user_id` = ? AND `created_at` >= ?
 ORDER BY `created_at` DESC, `id` DESC LIMIT ?
```

サロゲートキー + Index

```
CREATE TABLE `user_action_logs` (
  `id` varchar(255) NOT NULL,
  `user_id` varchar(255) NOT NULL,
  `log_data` json DEFAULT NULL,
  `created_at` timestamp NOT NULL,
  `updated_at` timestamp NULL DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`) /*T![clustered_index] CLUSTERED */,
  KEY `user_action_logs_user_id_created_at_index` (`user_id`,`created_at`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_bin
```

id（PK）	user_id	created_at
asdijasoja	100001	8/19 12:00
zmpkogkp	100001	8/20 22:00
haoahapji	100001	8/21 5:00



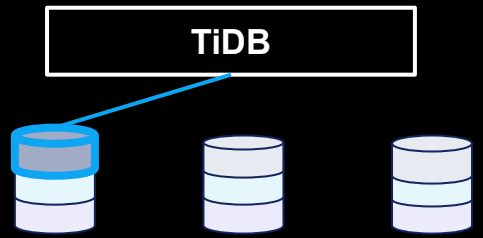
CPU負荷高め

- PKがサロゲートキー（id）のため、
  取得したいデータが各TiKVノードに散らばっている
- Indexからのアクセスのため2ホップ

PK

```
CREATE TABLE `user_action_logs` (
  `id` varchar(255) NOT NULL,
  `user_id` varchar(255) NOT NULL,
  `log_data` json DEFAULT NULL,
  `created_at` timestamp NOT NULL,
  `updated_at` timestamp NULL DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`user_id`, `created_at`, `id`) /*T![clustered_index] CLUSTERED */
  UNIQUE KEY `unique_idx_id` (`id`),
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_bin;
```

user_id（PK）	created_at（PK）	id（PK）
100001	8/19 12:00	asdijasoja
100001	8/20 22:00	zmpkogkp
100001	8/21 5:00	haoahapji



取得したいデータを特定のTiKVノードに収めることができるので効率が良い
=> **SLELECTの条件に即してPKを設計しておく**ことがポイント
※RDBMSと同じ

Readの観点：Covering Index ※PK除いた全カラムのIndex

```
SELECT * FROM `user_action_logs`
 WHERE `user_id` = ? AND `created_at` >= ?
 ORDER BY `created_at` DESC, `id` DESC LIMIT ?
```

テーブルのKV

Primary Key - row data

id（PK）
1
2
3
4

user	department	created at
やまだ	AAA	4/1 12:00
いとう	AAA	4/1 22:00
さとう	BBB	4/2 5:00
いしだ	BBB	4/2 13:00

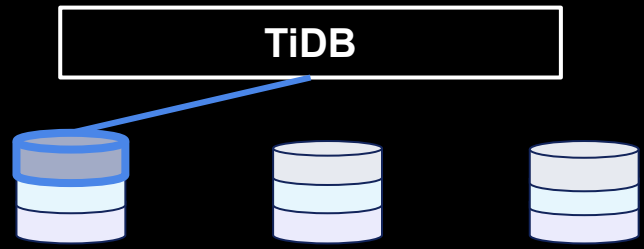
```
CREATE TABLE `user_action_logs` (
  `id` varchar(255) NOT NULL,
  `user_id` varchar(255) NOT NULL,
  `log_data` json DEFAULT NULL,
  `created_at` timestamp NOT NULL,
  `updated_at` timestamp NULL DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`) /*T![clustered_index] CLUSTERED */,
  INDEX idx_covering(`user_id`,`created_at`,`updated_at`,`log_data`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_bin
```

IndexのKV → こっちだけを見る

Index - Primary Key

user	department	created at
やまだ	AAA	4/1 12:00
いとう	AAA	4/1 22:00
さとう	BBB	4/2 5:00
いしだ	BBB	4/2 13:00

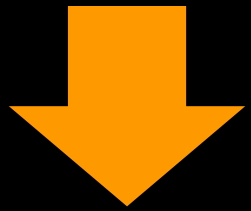
id（PK）
1
2
3
4



取得したいデータを特定のTiKVノードに格納
※ストレージが２倍になる
（テーブルとIndexのKV）

①: 帯域（数百万QPS）やレイテンシに対する設定

例えば、ワークロードとしてRead heavyだった時
TiDBの性能を発揮するパラメータとは？



2024年、TiKVのCPU使用率が高くなると、
Write latencyが上がる課題があった

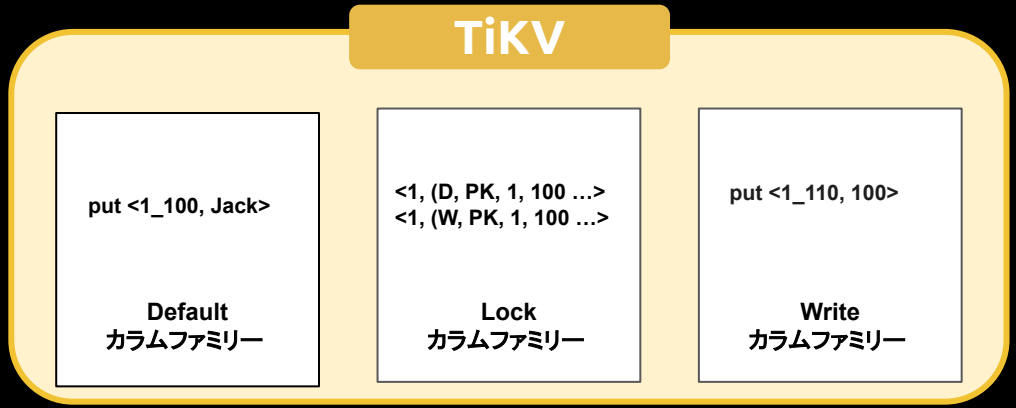
v8.0でstore-pool-ioパラメータのデフォルト値を変更: 0->1
=> Raft I/O タスクを処理するスレッドの許容数

https://docs.pingcap.com/tidb/stable/tikv-configuration-file#store-io-pool-size-new-in-v530

②: 更新ヘビーなワークロードが起こす問題

- TiKVはLSMTree(追記型)
- Write(update,delete)は追記型で保存
=> ある程度の頻度(compaction)で削除

履歴(MVCC)データが多くなる
=> 履歴データを含めた検索



- TiKV CPU使用率の増加
- レイテンシーの増加

TiDB側としての改善

①: GCで削除するの頻度を増やす
(parameter :compaction-filter->false)

GC in Compaction Filter

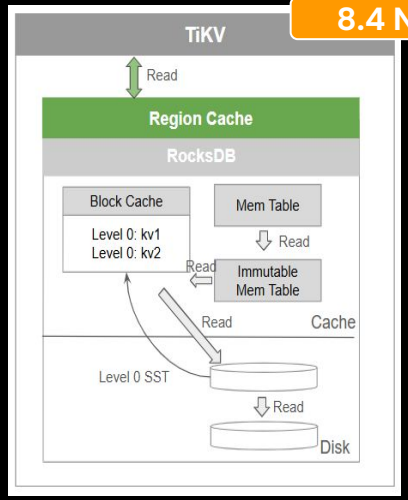
Based on the `DISTRIBUTED` GC mode, the mechanism of GC in Compaction Filter uses the compaction process of RocksDB, instead of a separate GC worker thread, to run GC. This new GC mechanism helps to avoid extra disk read caused by GC. Also, after clearing the obsolete data, it avoids a large number of left tombstone marks which degrade the sequential scan performance.

The following example shows how to enable the mechanism in the TiKV configuration file:

```
[gc]
enable-compaction-filter = true
```

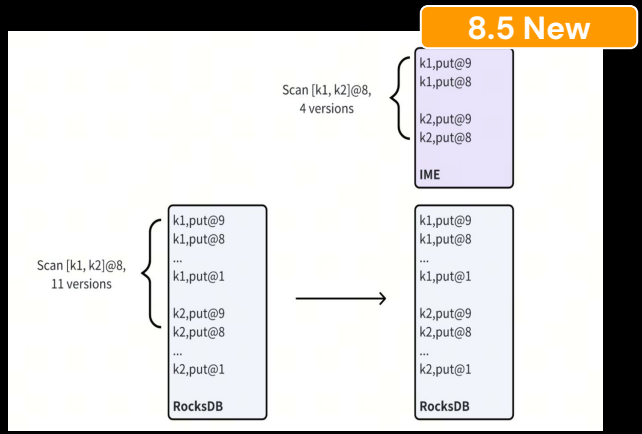
②: TiKVの中にキャッシュを作成
最新のデータのみ読む機能
(in-memory cache)

8.4 New



③: TiKV内にMVCC用の
インメモリエンジンを搭載
最新のMVCCバージョンを
メモリにキャッシュ
(in-memory-engine)

8.5 New



③: 多テーブルが引き起こす問題

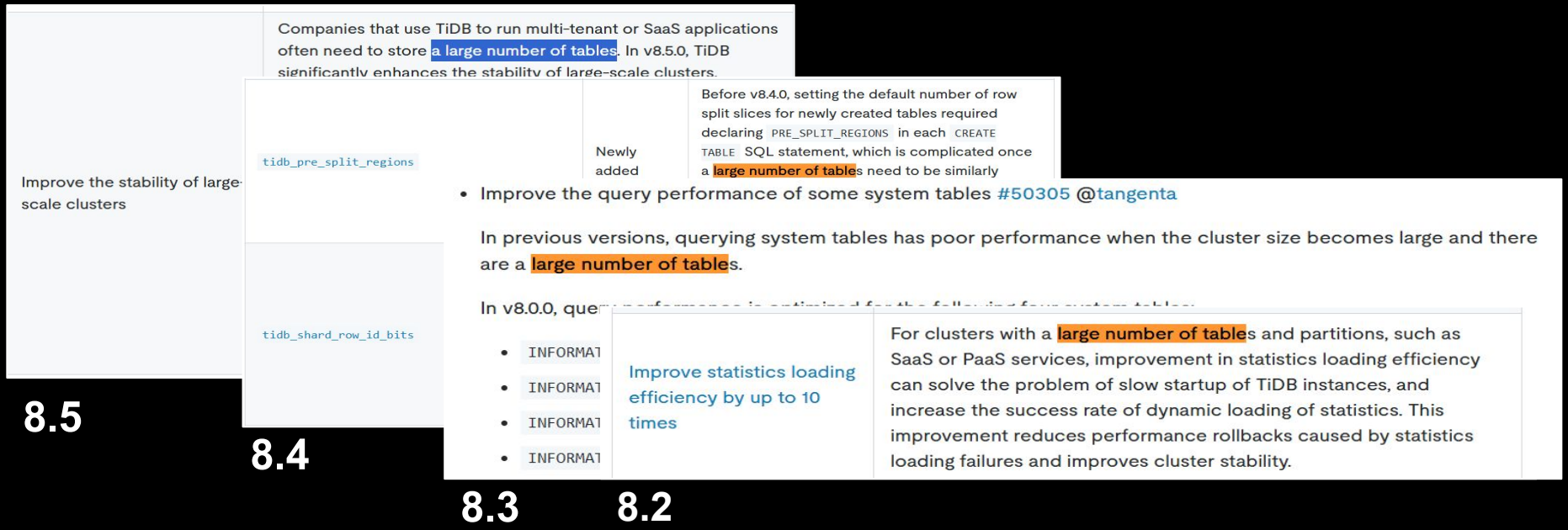
B2B2C/つぎ足すシステムはテーブルが多くなる傾向がある

統計情報のロードに時間がかかる
（起動が遅い、クエリが非効率に）

Information Schemaのレスポンス低下
（show~のせいでmigrationが遅い。）

TiDB側としての改善

1年以上かけて改善し続けています (統計情報のロード性能など)

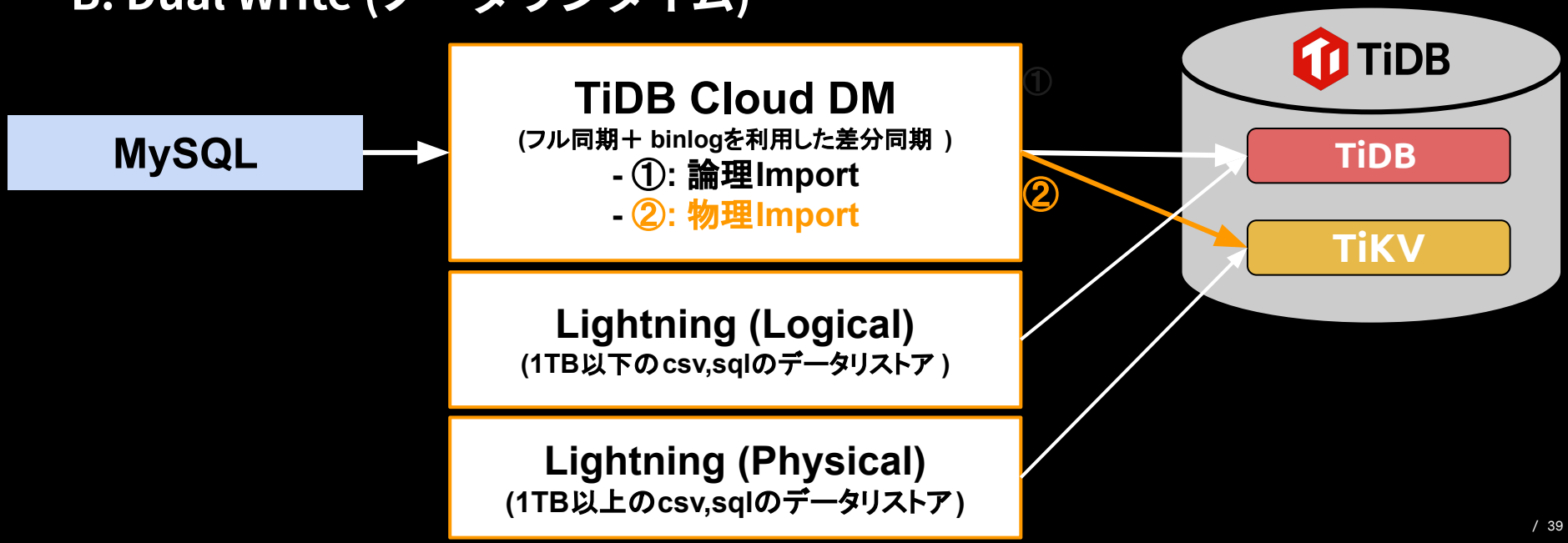


④: 用途に応じた移行方法の複雑化

様々な移行方法例

A. TiDBのエコシステムツールを利用

B. Dual Write (ノーダウンタイム)



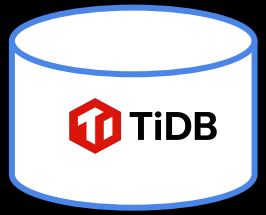
移行時のテクニック
柔軟なスケーリングを考慮したキャパシティプラン

移行直後

CPU増・スロークエリ発生
- Indexが足りない
- クエリが非効率

チューニング

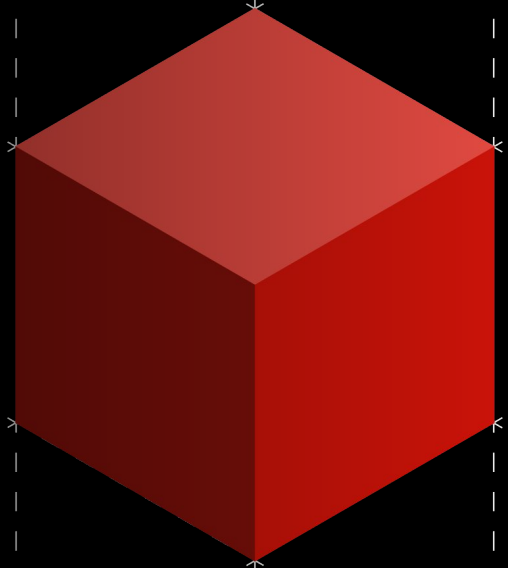
移行後



オンライン
スケールイン/ダウンで
最適なサイジングへ

TiDB

Thank you !



Koitabashi Yoshitaka

yoshii0110