電子情報通信学会　SWIM 研究会

MongoDBにおけるトランザクションとしての一括更新方式

2015年　8月 20日

○工藤　司（静岡理工科大学）
石野　正彦（文教大学）
五月女　健治（法政大学）
片岡　信弘（インタプライズモデリング研究所）

目次

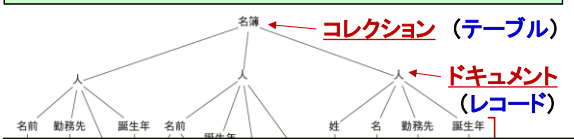
NoSQLデータベースの普及

■ ビッグデータの時代のデータベースへの要請
- Volume：膨大なデータへの対応
  - ✓ 保存するデータ量の増大
- Velocity：効率的なアクセスの実現
  - ✓ 全世界のユーザからのアクセスに対応
- Variety：多種多様なデータへの対応
  - ✓ 固定的な表　⇒　スパース・動画などへ拡大

■ リレーショナルデータベース（RDB）の限界
⇒ 様々なNoSQL（Not Only SQL）データベース実用化

MongoDBの概要

■ MongoDB
- ドキュメント指向 NoSQLデータベース
  - ✓ JOSNで表現される半構造データモデル
  - ✓ スキーマレス（データ構造の事前決定不要）



✓ JSONによる表現の事例（工藤の氏名，住所）

```
{ "_id" : 1, "name" : { "first" : "Tsukasa", "last" : "Kudo" },
"address" : "Hukuroi-shi, Shizuoka"}
```

"nobunaga@example.com"　"ieyasu@example.jp"　"ieyasu@example.com"

（異なる）フィールド

本研究の狙い

■ NoSQLのトランザクション管理の課題
- ✓ MongoDB：ドキュメント単位のみ
  （複数ドキュメントのトランザクション更新は不可）

□ リレーショナルデータベースにおける関連研究
- ✓「時制更新方式」の提案と実装
  （長時間のバッチ更新をトランザクション処理）

■ 本研究の狙い：「時制更新方式」のMongoDB適用
⇒ MongoDBにおけるトランザクション管理の提供

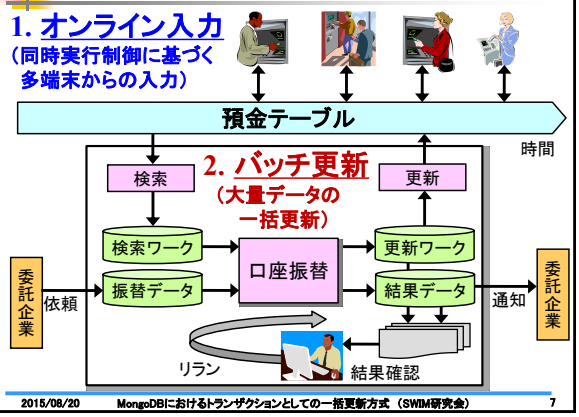
従来のMongoDBのトランザクション管理

■ 複数ドキュメントの一括更新
- 方式：2相コミット（Two Phase Commit）
- 事例：銀行システムの口座振替
  （口座Aから口座Bに100円振り込む）

預金口座	口座A	1000	1000	900	900	900
				1	1	
	口座B	1000	1000	1000	1100	1100
					1	
状態遷移	状態	initial	penging	penging	applied	done

■ 中間状態を他のトランザクションから検索可能
⇒ ACID特性を維持できない（分離性に課題）

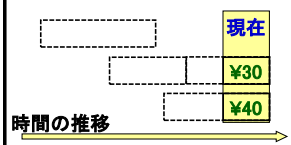
時制更新：業務データベース更新の運用



時間の概念を取り入れたデータベース

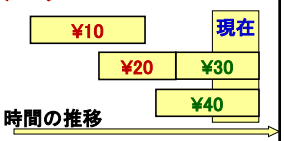
■時制データベース：時間履歴を管理するデータベース

■通常のデータベース



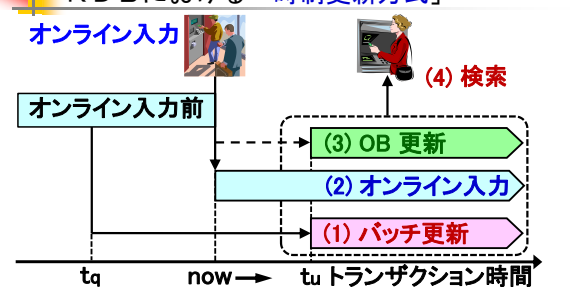
➢ 現在時刻のスナップショットのみを管理

■時制（トランザクション時間）データベース



➢ 時間の推移に伴うデータの履歴を管理

ＲＤＢにおける「時制更新方式」



■全更新種別のデータを保存，(4) 有効なデータ検索
（OB更新 ＞ オンライン入力 ＞ バッチ更新）
⇒ バッチ更新をトランザクションとして実行

MongoDBにおける一括更新方式の提案

■複数ドキュメントの更新ではACID特性の維持が困難
⇒ 1つのドキュメントに全ての更新結果を保存

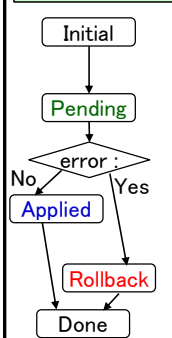
{ "account" : 1, "balance" : 2000, "last" : 2,
"temp" : { "b" : 500, "o" : 2000, "ob" : 1500 }}

※ "temp" ：バッチ更新中に一時的に追加されるフィールド
"b"：バッチ更新，"o"：オンライン入力，"ob"：OB更新

➢ バッチ更新中に競合なしでオンライン入力可能．
➢ 更新あとに，tempから有効なデータを検索．

一括更新の状態遷移とデータ

Applied: OB更新を反映； Rollback：オンライン入力を反映



{ "account" : 1, "balance" : 1000, "last" : 1}
(1) Initial 終了時点のデータ（Pending）

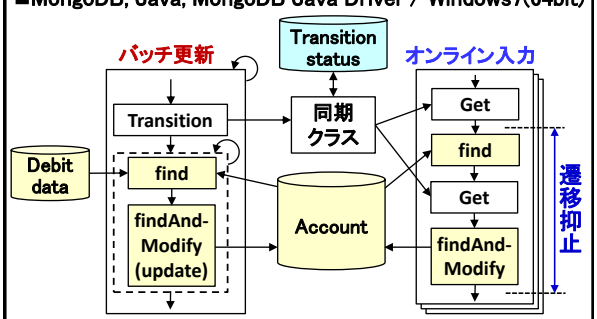
{ "account" : 1, "balance" : 2000, "last" : 2,
"temp" : { "b" : 500, "o" : 2000, "ob" : 1500 }}
(2) Pending 終了時点（Applied, Rolback）

{ "account" : 1, "balance" : 1500, "last" : 3}
(3) Applied 終了時点のデータ（Done）

{ "account" : 1, "balance" : 2000, "last" : 2}
(4) Rollback 終了時点のデータ（Done）

一括更新方式の実装

■オンライン入力中の口座振替のプロトタイプ
■MongoDB, Java, MongoDB Java Driver / Windows7(64bit)



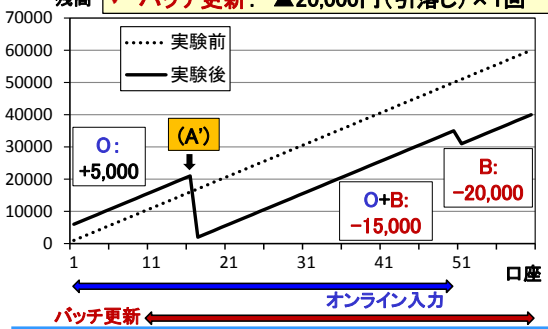
時制更新方式の実装

処理段階	バッチ更新		オンライン入力	
	読出し	書込み	読出し	書込み
Initial	ー	ー	balance	balance
Pending	balance	temp.b	balance	balance temp.o temp.ob
Applied	temp	balance temp（削除）	temp	balance temp（削除）
Rollback	ー	temp（削除）	balance	balance
Done	ー	ー	balance	balance

■Applied（tempの有効データをbalanceに反映）で競合
⇒ 更新回数（last）を用い楽観的方法で同時実行制御
■その他の段階は競合なし

同時実行制御の評価：正常終了

■オンライ
✓ オンライン入力：1,000円（預金）×5端末
✓ バッチ更新：▲20,000円（引落し）×1回



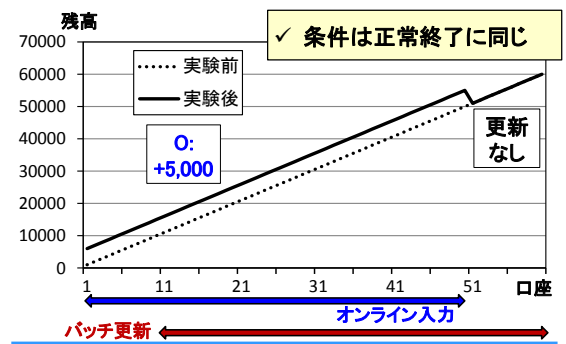
同時実行制御の評価：正常終了

■変化点（A'）前後のデータ（Pending完了時点）
- バッチ更新終了後も，オンライン入力継続
- 最終残高：OB更新＋以降のオンライン入力

```
{ "account" : 15, "balance" : 18000, "last" : 3 }
{ "account" : 16, "balance" : 19000, "last" : 3 }  ⬅ (A')
{ "account" : 17, "balance" : 20000, "last" : 3,
      "temp" : { "o" : 20000, "ob" : 0 } }
{ "account" : 18, "balance" : 21000, "last" : 3,
      "temp" : { "o" : 21000, "ob" : 1000 } }
{ "account" : 19, "balance" : 22000, "last" : 3,
      "temp" : { "b" : 0, "o" : 22000, "ob" : 2000 } }
{ "account" : 20, "balance" : 23000, "last" : 3,
      "temp" : { "b" : 1000, "o" : 23000, "ob" : 3000 } }
```


同時実行制御の評価：バッチ更新異常終了

■オンライン入力の更新結果のみ反映



✓ 条件は正常終了に同じ

考察

1. ACID特性を維持したバッチ更新の実現
   - a. 原子性
     - ✓ Applied：オンライン入力・バッチ更新の両方反映
     - ✓ Rollback：バッチ更新のみ取消し
   - b. 一貫性：a. より更新結果は一貫性のある状態
   - c. 分離性：バッチ更新はオンライン入力に影響しない
   - d. 持続性：
     - ✓ Applied状態でオンライン入力・バッチ更新統合
     - ✓ ただし，統合前後，実施中で検索結果は一致

考察

2. オンライン入力の長時間待ちなしにバッチ更新を実行
   - ✓ Appliedの段階以外では，競合は発生しない．
   - ✓ Appliedの段階では，楽観的方法で1件単位に処理
3. 実際の業務における一括更新の事例
   - ⇒ 本方式の適用対象
   - ✓ 販売システム：季節ごとの商品の入替え
   - ✓ 人事システム：年度当初の人事異動

まとめ

- NoSQLデータベース（MongoDB）の課題
  - 複数ドキュメントの更新でACID特性の維持が困難
- 提案：RDBの時制更新の概念に基づく一括更新方式
  - ACID特性を維持した更新が可能
  - オンライン入力を同時実行しても長時間待ちがない
- 今後の課題
  - 複数データを更新するオンライン入力への適用
- 謝辞

本研究はJSPS科研費15K00161の助成を受けたものです.

MongoDBにおけるトランザクションとしての一括更新方式

ご静聴ありがとうございました。

2015年　8月　20日

○工藤　司（静岡理工科大学）
石野　正彦（文教大学）
五月女　健治（法政大学）
片岡　信弘（インタプライズモデリング研究所）