トランザクション (Transaction)とは

- データベースに要求される事項の一部
  - 複数の利用者がデータベースを共有する
  - 故障や異常が生じた場合にも内容を失わない
- データベース操作をまとめる必要性 （なぜ？）

トランザクション の性質

- 処理の論理的単位
  - 成功して終了：コミット (Commit)
  - 失敗して終了：ロールバック (Rollback)
    - アボート (Abort) とも呼ばれる
- ACID 性
  - A: 原子性 (Atomicity)
  - C: 一貫性 (Consistency)
  - I: 分離性 (Isolation)
  - D: 持続性 (Durability)

ACID 性（1）

- A: 原子性 (Atomicity)
  - All-or-nothing。あるトランザクション内の操作の結果は、他のトランザクションから全て見えるか、全く見ることができないかのいずれかである。
- C: 一貫性 (Consistency)
  - あるトランザクションによって、データベースの状態は、一貫性制約を満たした状態から、一貫性制約を満たした別の状態に移る。

ACID 性（2）

- I: 分離性 (Isolation)
  - トランザクションが終了するまでは、トランザクション中に変更したデータは他のトランザクションによって見ることが出来ず、トランザクション中に参照したデータは他のトランザクションによって変更することが出来ない。
- D: 持続性 (Durability)
  - 成功して終了したトランザクションの結果は、他のトランザクションによる明示的な変更がない限り、たとえその後システムに障害等が発生しても、永久的に残る。

メモ: 新しいコンセプト BASE トランザクション クラウドKVS向け
(Basically Available, Soft state, Eventually consistent)

SQL によるトランザクション制御

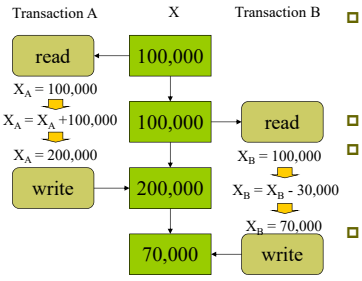
- BEGIN WORK
- COMMIT WORK
  - BEGIN WORKと COMMIT WORKに挟まれた処理の結果は、COMMIT WORKが終了するまで他のトランザクションから見ることが出来ない。
- ROLLBACK WORK
  - BEGIN WORKとROLLBACK WORKに挟まれた処理の結果は、ROLLBACK WORKが終了すると何も残らない。
- DCL: Data Control Language

直列実行性 (Serializability)

- 同時実行制御における正当性の基準
  - 同時に実行したトランザクションの結果が、直列に実行したトランザクションの結果と等しい
  - 直列実行の順番は問題としない

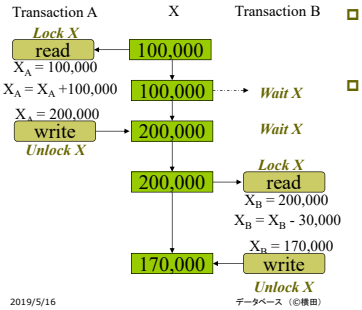
- 変更消失 (Lost Update) 問題
  - 直列実行性が満たされない1つの例
  - トランザクション間で資源を共有
  - 上書きによって先に書かれた内容が消失

Lost Updateの例



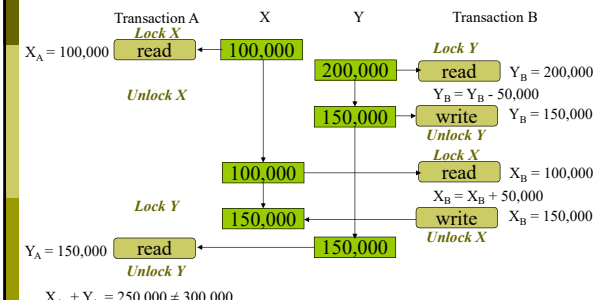
- 本来 A → B でも、B → A でも結果は 170,000 にならなければならない。
- 結果は70,000
- 最初の+100,000が喪失
- ロックの必要性

ロックによる直列実行



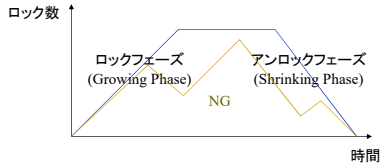
- 誰かが先にロックを取得したら、解放されるまで待たされる
- A → B でも、B → A でも結果は 170,000 で同じ

ロックだけでは一貫性が保てない例:

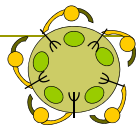


2 相ロックの必要性

- 2 相ロック(Two-Phase Lock)
  - ロックフェーズとアンロックフェーズを分ることで直列化



デッドロック (Deadlock)

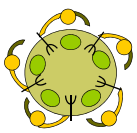


哲学者の食事問題

- 発生
  - お互いが、ロックの解放を待ち合う
    - 処理が前に進まない
- 検出 (Detection)
  - 時間監視：タイムアウトによる検出
    - 複雑なトランザクションでは、実行されないものが出てくる。
  - TWFG (Transaction Wait For Graph) による検出
    - 待ち合わせ関係のグラフ内のループ検出（コスト高）

デッドロック (Deadlock)

- 解消 (Dissolution)
  - いずれかのトランザクションのアボート
    - ロールバック
    - Livelock の可能性
- 回避 (Avoidance)
  - Atomic Lock
    - 全てのロックをアトミックに獲得
  - 優先順位の導入
    - 右側のフォークではなく、フォークに順番づけ



ロックの種類と階層化

- X (eXclusive)
  - 資源を専有することの宣言（排他）
- S (Share)
  - 資源を共有することの宣言

ロックの単位	例	同時実行の程度	制御の効率
小さい	タプル、フィールド	高い	悪い
大きい	リレーション、ページ	低い	良い

ロックの種類と階層化

- IS (Intention Share)
  - そのものが X でロックされること以外を許す
    - 例えば、下位のいくつかの要素を共有で読んでいるだけ
- IX (Intention eXclusive)
  - そのものが S、SIX、X でロックされること以外を許す
    - 例えば、下位のいくつかの要素を排他で専有しており、全体を共有することは許されない
- SIX (Share and Intention eXclusive)
  - 次に IS でロックされることのみを許す
    - 例えば、全体を読みながら、下位の要素を変更している場合、変更していない要素の共有のみを許す

階層ロックの両立関係

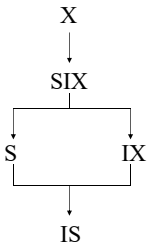
	N	IS	IX	S	SIX	X
N	○	○	○	○	○	○
IS	○	○	○	○	○	×
IX	○	○	○	×	×	×
S	○	○	×	○	×	×
SIX	○	○	×	×	×	×
X	○	×	×	×	×	×

階層ロックの遷移関係

	N	IS	IX	S	SIX	X
N	N	IS	IX	S	SIX	X
IS	IS	IS	IX	S	SIX	X
IX	IX	IX	IX	SIX	SIX	X
S	S	S	SIX	S	SIX	X
SIX	SIX	SIX	SIX	SIX	SIX	X
X	X	X	X	X	X	X

階層ロックの優先度グラフ

- L2 が L1 よりも強いとは、両立関係で L1 のカラムが×である場合には、L2 でも必ず×であることをさす。



練習問題

1. Aさんは、秋葉原支店関係のGDC10が1つ売れたので，在庫数を1減らしたい。一方Bさんは、秋葉原支店関係でのFLC33の販売価格を知りたい。効率良く実行するためには、Aさんのトランザクションと Bさんのトランザクションは何にどのようなロックをかけるべきか。
2. Aさんは、秋葉原支店関係のGDC10が1つ売れたので，在庫数を1減らしたい。一方Bさんは、秋葉原支店関係の販売価格の平均を計算したい。この場合には、Aさんのトランザクションと Bさんのトランザクションは何にどのようなロックをかけるべきか。
3. 1. 2. において、SとXロックしかない場合に比べてどのような点が改善がされているか。