

① 障害の種類

① トランザクション障害

トランザクション障害は、論理的な誤動作によるプログラム障害で、データベース操作の失敗、データの不備、資源不足、デッドロック、論理エラーなどによって発生する障害である。回復処理は、トランザクション開始後に行ったすべての更新作業を取り消し、DBMSによってトランザクション開始時点の状態にロールバックし、再スタートする。

② システム障害

システム障害は、ソフトウェアやハードウェアのトラブルで、システムが停止する場合である。回復処理は、データベースの一貫性が保証されるチェックポイントまで戻し、コミットしたトランザクションはロールフォワードにより、処理が完了した状態に復旧させる。コミットしていないトランザクションはロールバックし、再スタートする。

③ 媒体障害

媒体障害は、データを格納している記憶媒体の故障により、データの読み書きができなくなり、データベースの一部または全部を失ってしまう場合である。事前に複製されているバックアップコピーを記憶媒体上に戻し、ログファイルを利用して障害直前の状態にロールフォワードし、復旧させる。

② 障害の回復手段

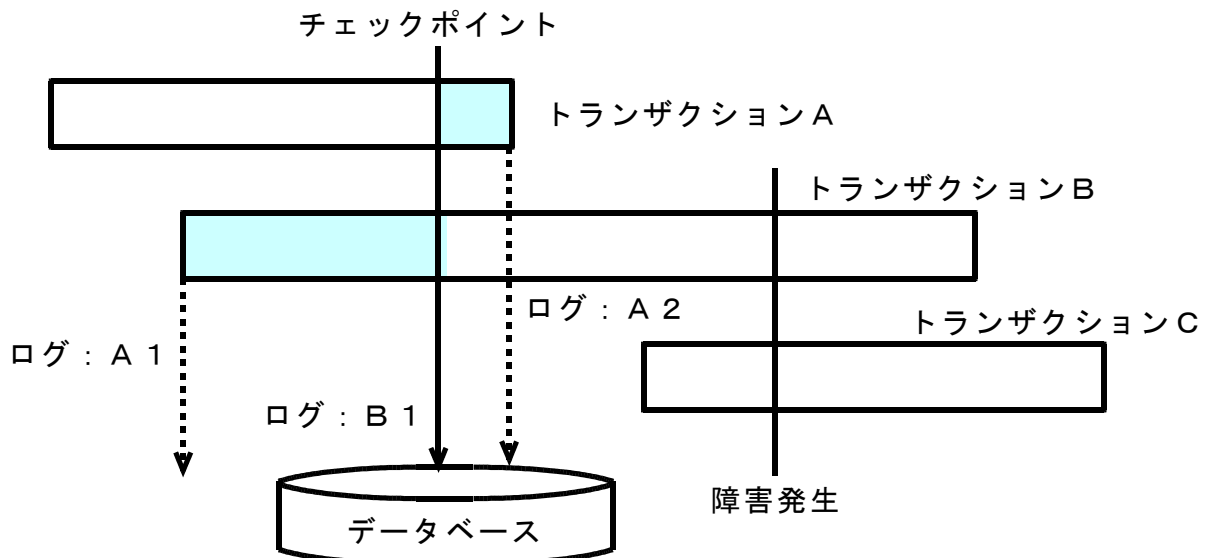
① 再始動方式による回復

⑦ トランザクション障害やシステム障害は再始動方式を用いて復旧させる。

- ① トランザクション処理途中で障害が発生すると、障害発生直前のチェックポイントまでリカバリさせる。
- ② トランザクションの処理状態に合わせて、ロールバックやロールフォワードを利用して、コミットの状態または処理直前の状態に復旧させる。
- ③ この考え方はACID特性の原子性の考え方を利用したものである。
- ④ ロールバックにより処理直前の状態に戻したトランザクションは再始動方式で最初から再び処理されることになる。

⑧ 3つのトランザクションA、B、Cについて、ロールフォワード、ロールバック、再始動方式の適用の方法を示すと図のようになる。

- ① トランザクションAは、障害が発生する前にすべての処理を完了している。
- ② トランザクションBは、処理を開始後、チェックポイントを経て処理が完了しない前に障害が発生している。
- ③ トランザクションCは処理開始後、まもなく障害が発生している。直前のチェックポイント後に処理を開始したトランザクションである。



㊦ トランザクションAの回復処理手順

- ① データベースの一貫性を保持している障害発生直前のチェックポイントに戻す。
- ② チェックポイント後のログ情報からトランザクションAは障害発生前に処理を完了していることを知る。
- ③ ログファイルA2を利用して、ロールフォワードにより、チェックポイントから完了までの処理をデータベースに反映させる。

㊧ トランザクションBの回復処理手順

- ① データベースの一貫性を保持している障害発生直前のチェックポイントに戻す。
- ② チェックポイント後のログ情報からトランザクションBは障害発生前に処理を完了していないことを知る。
- ③ ログファイルA1を利用して、ロールバックにより、データベース上の変更処理の内容を処理直前の状態に戻す。
- ④ トランザクションBを最初の状態から処理を開始する。

㊨ トランザクションCの回復処理手順

- ① 障害発生後、データベースの一貫性を保持している障害発生直前のチェックポイントに戻す。
- ② チェックポイントに戻った時点でトランザクションCは何も処理されていない最初の状態になっているため再始動が可能になる。

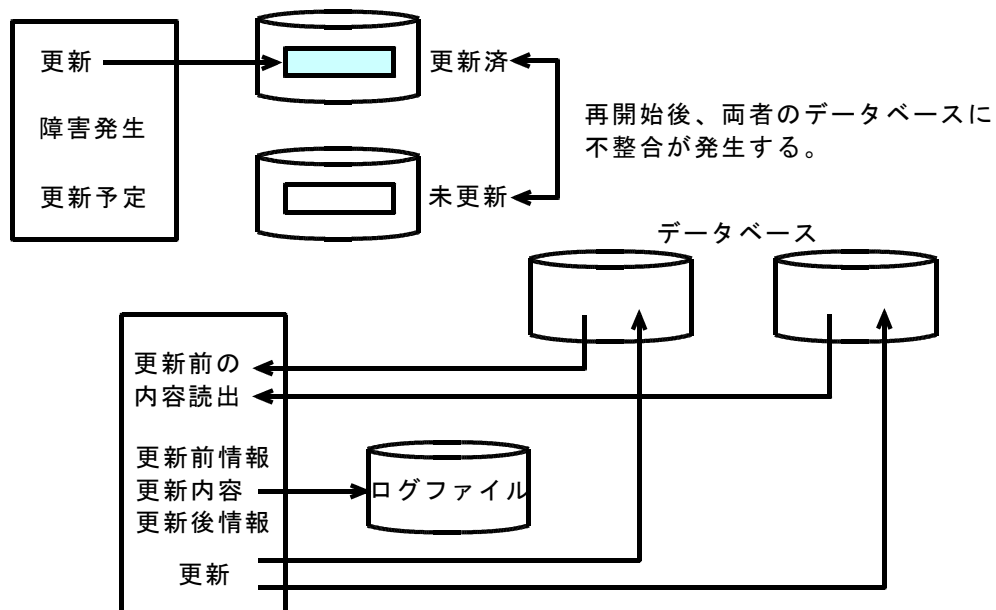
⑥ 障害発生とデータの整合性

更新中に障害が発生すると、あるマスタレコードは更新され、別のマスタレコードは更新されないで、両者のデータの整合性はなくなる。関係するデータベース間のデータの整合性は重要な問題である。

⑦ ログファイルの作成

- ㊦ 更新されるデータベースの更新前の内容、トランザクションの更新内容、更新後の内容を更新に先立って外部の記憶装置に記録する。(ログの書き出し)
- ㊧ ログファイルに書き出してから、データベースの更新を行う。
- ㊨ 障害が発生した場合、ログファイルの内容と、対応するデータベースのレコードの内容を照合すれば、データベースが更新前か更新後かを判定することができる。
- ㊩ ログファイルに記録されていないもの、あるいは記録されているが関係するデータベースのすべてが更新されていない場合は、すべての処理を最初からやり直す。即ち、関連するファイルの一部が更新されていない場合は、関連するすべてのファイルを更新前の状態に戻して、最初から処理をやり直す。

1つ目のファイルを更新した直後に障害発生



③ 障害回復のための各種処理法

㊰ チェックポイント

㊱ 応答性の確保とバッファの活用

トランザクション処理の応答性を確保するために、更新処理を主記憶のバッファに対して

行い、バッファ内のデータ処理の結果を二次記憶に反映させるのはバッファから二次記憶にデータを転送させるときに行う。トランザクションから見えるデータベースは、二次記憶装置の内容とバッファの内容によって構成されている。この状態で障害が発生すると、バッファ内の処理結果のデータが失われる危険性があるので、小さなログファイルを利用する。

① チェックポイントとログファイル

二次記憶装置の内容とバッファの内容を合わせた内容と、二次記憶装置の内容が一致する時点がチェックポイントである。チェックポイントの設定によって、その時点までのログファイルの処理が不要になり、一貫性が保たれた正しいデータベースを得ることができる。適当な間隔でチェックポイントを設定すると、このチェックポイントを起点として、小さなログファイルとロールフォワードまたはロールバックの処理を用いることで、短時間にデータベースシステムを正しく復旧することが可能になる。

⑥ バックアップファイル

㊦ バックアップファイルの役割

磁気的なデータは消失したり、磁気媒体の破損で読み込み不能な現象が発生しやすい。このための対策として、データやプログラムの複製を作成し、障害時には速やかに復旧作業が行えるようにしておく。この作業がバックアップ作業である。バックアップファイルの作成はデータベースの一貫性が保証されている時点で、別の記憶媒体にデータベースの内容を複製することである。バックアップ作業は定期的に行われるが、バックアップ作業には大量のハードウェアが必要であり、通常の業務障害の原因になる場合がある。バックアップの方法や間隔は、データの重要度に応じて決定する必要がある。

① フルバックアップと差分バックアップ

バックアップの方法には、フルバックアップと差分バックアップがある。フルバックアップは、採取には時間がかかるが、復旧時にはログファイルと組み合わせると、差分バックアップと比較して短時間に復旧可能である。差分バックアップは、前回のバックアップ採取以降、更新のあった部分だけのコピーを採取する方法である。採取は、情報量が少ないため比較的短時間で実行できるが、障害回復時にはフルバックアップと差分バックアップ、ログファイルを組み合わせる必要があり、復旧に時間がかかることになる。

⑦ ログファイル

ログファイルはデータベースに対して行われた更新の履歴を記録するファイルで、記録される情報は、更新される情報の更新前ログ、更新後ログ、更新時刻、トランザクション識別子などである。ログはログ先書き規則により、データベースの更新前に自動的に採取される。データベースに対する書き込み操作を行ってからログに書き込みを行うと、ログに書き込む前に障害が発生すると復旧が不可能になる。ログファイルは媒体障害ではバックアップファイルと組み合わせる必要があり、システム障害ではチェックポイントと組み合わせる必要があり、復旧に時間がかかることになる。

④ ロールフォワード処理

- ㊦ システム障害において、障害発生前に処理が完了しているトランザクションについては、チェックポイントから処理完了までの処理はログファイルの更新後ログの情報を使用してロールフォワード処理として行われる。
- ㊧ 媒体障害の回復処理はバックアップファイルとログファイルの更新後ログを使用してロールフォワード処理で、障害発生直前のデータベースに復旧させる。

⑤ ロールバック処理

- ㊦ 障害発生時に処理が完了していないトランザクションは、障害発生直前のチェックポイントに戻り、処理開始前のログファイルの更新前ログを使用して、トランザクション処理の実行前の状態に戻すロールバック処理を行う。
- ㊧ トランザクションの処理開始からチェックポイントまでの間に実行された更新処理を取り消して、トランザクション処理が開始される前の状態に戻すロールバック処理を行う。

例題演習

DBMSにおけるログファイルの説明として、適切なものはどれか。

- ア システムダウンが発生したときにデータベースの回復処理時間を短縮するため、メモリ上の更新データを定期的にディスクに書き出したものである。
- イ ディスク障害があってもシステムをすぐに実行させるため、常に同一データのコピーを別ディスクや別サイトのデータベースに書き出したものである。
- ウ ディスク障害からデータベースを回復するため、データベースの内容をディスク単位で複写したものである。
- エ データベースの回復処理のため、データの更新前後の値を書き出してデータベースの更新記録を取ったものである。

解答解説

DBMSのログファイルに関する問題である。

アのログファイルはメモリ上の更新データを書き出したものではない。

イのログファイルは同一データのコピーではない。

ウのログファイルはディスク単位のデータの複写ではない。

エのログファイルは回復処理のために更新前後の値を書き出したものである。求める答えはエとなる。

例題演習

データベース操作において障害が発生した際に、データベースの状態をトランザクション開始時点の状態に戻す障害回復操作はどれか。

- ア チェックポイント
- イ データベースダンプ
- ウ ロールバック
- エ ロールフォワード

解答解説

障害回復操作に関する問題である。

アのチェックポイントはそこを通過するとき主記憶の情報を磁気ディスクに出力しておき、システムが停止しても、チェックポイントから処理を続行できるようにする。

イのデータベースダンプはデータベースの内容を外部媒体に出力することである。

ウのロールバックはデータベースを整合性のとれる状態に戻すことであり、通常、更新前の状態に戻すことになる。求める答えはウとなる。

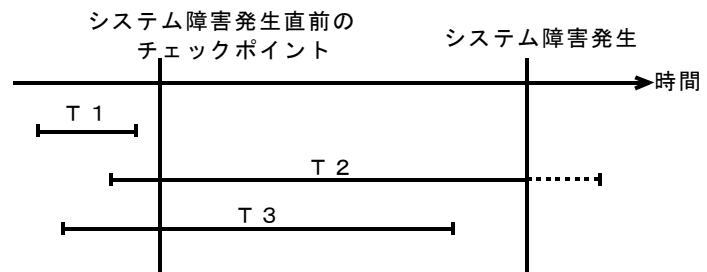
エのロールフォワードは障害が発生したとき、ログファイルを使用して、中断直前の状態までデータベースやファイルを復旧する方法である。

例題演習

データベース管理システムにおいて、図のような時間経過の中でシステム障害が発生した。ロールフォワードによって障害回復をしなければならないトランザクションはどれか。

ここで、T2のトランザクションの処理終了前にシステム障害が発生したことを示している。

- ア T1
- イ T2
- ウ T3
- エ T2とT3



解答解説

障害回復におけるロールフォワードの問題である。

アのトランザクションT1は障害発生直前のチェックポイントまでにコミットしているため、障害とは関係がない。ロールフォワードの必要がない。

イのT2は障害回復処理は処理が完了する前に障害が発生しているためロールバックし、最初から再処理する。

ウのT3はシステム障害発生前にコミットしているため、障害発生直前のチェックポイントから、コミットしたところまでログファイルを利用してロールフォワードする。従って、求める答えはウとなる。

エはロールフォワードとロールバックが必要となる。

例題演習

DBMSがチェックポイントで行う処理として、適切なものはどれか。

- ア 再実行すべきトランザクションのリストを作成する。
- イ データベース更新バッファの内容をデータベースへ書き出す。
- ウ トランザクション完了ログを書き出す。
- エ ログバッファの内容をログファイルへ書き出す。

解答解説

チェックポイントに関する問題である。

アのトランザクションの再実行リストの作成は、ロールバックしたトランザクションに対して作成される。チェックポイントで作成しない。

イのデータベース更新バッファの内容のデータベースへの書き出しは、チェックポイントで、行う処理である。求める答えはイとなる。

ウの完了ログの書き出しはチェックポイント間でトランザクション処理が完了したときに書き出しが行われる。従って、チェックポイント時とは限らない。

エのログバッファの内容はチェックポイント以外でも書き出される。

例題演習

データベースの障害復旧に関する記述のうち、適切なものはどれか。

- ア データベースのシステム障害に対しては、トランザクション処理の途中にスナップショットの設定をして、その時点からリスタート処理を行う。
- イ データベースの媒体障害に対しては、バックアップ時点の状態に復元した後、ジャーナルファイルの更新後情報を使用してロールフォワード処理を行う。
- ウ データベースの論理的障害によってトランザクション処理がデッドロック状態になり、処理が終了しない場合、排他制御を解除する。
- エ トランザクション処理プログラムが、データベースの更新途中で物理的原因以外で異常終了した場合、ジャーナルファイルの更新後情報を使用してロールバック処理を行う。

解答解説

障害復旧に関する問題である。

アのスナップショットはテスト支援ツールであって、障害原因調査には使用できても障害回復にはならない。

イの媒体障害にバックアップデータとジャーナルファイルの更新後情報、ロールフォワード処理は障害回復に役立つ。求める答えはイとなる。

ウのデッドロック対策は排他制御の解除ではなく、後で処理を始めたトランザクションの休止である。

エのシステム障害による異常終了はジャーナルファイルの更新前情報によってロールバック処理を行う。

例題演習

ディスク装置の故障などでデータベースファイルが破壊されたときの復旧処理のために行っておくべき作業として、適切なものはどれか。

- ア オンライン処理やバッチ処理の終了時に、ファイルのバックアップコピーをとる。
- イ 統計ログデータを蓄積、保管しておく。
- ウ プログラムが格納されているライブラリのバックアップコピーを定期的にとる。
- エ メモリやバッファの内容を定期的にダンプする。

解答解説

バックアップ処理に関する問題である。

アの処理終了時のファイルのバックアップコピーをとる内容はバックアップ処理に関するものであり、適切な記述である。求める答えはアとなる。

イはログデータの蓄積保管であり、ログデータのみでは媒体障害発生時の復旧対策としては不十分である。

ウのライブラリのバックアップではデータベースを復旧させることはできない。

エのメモリやバッファ内容を定期的にダンプすることは、システムの動作状態を調べるために役立つことがあっても、データベースの復旧のためには役立たない。

例題演習

データベースのロールバック処理を説明したものはどれか。

- ア 更新後ジャーナルを用いて、トランザクション開始後の障害直前の状態にまでデータを復旧させる。
- イ 更新後ジャーナルを用いて、トランザクション開始直前の状態にまでデータを復旧させる。
- ウ 更新前ジャーナルを用いて、トランザクション開始後の障害直前の状態にまでデータを復旧させる。
- エ 更新前ジャーナルを用いて、トランザクション開始直前の状態にまでデータを復旧させる。

解答解説

データベースのロールバック処理に関する問題である。

データベースシステムの障害回復処理は障害発生時に処理が完了していないトランザクションは、障害発生直前のチェックポイントに戻り、チェックポイント時の更新前ログ(更新前ジャーナル)を使用して、トランザクション処理の実行前の状態に戻すロールバック処理を行う。トランザクションの処理開始からチェックポイントまでの間に実行された更新処理を取り消して、トランザクション処理が開始される前の状態に戻す処理がロールバックである。

アはロールフォワード処理の内容である。

イのトランザクション開始直前の状態に復旧させるのは更新前ジャーナルである。

ウのトランザクション開始後の障害直前の状態に復旧させるのは更新後ジャーナルである。

エはロールバックの内容である。求める答えはエとなる。

例題演習

データベースが格納されている記憶媒体に故障(媒体障害)が発生した場合、バックアップファイルとログを用いてデータベースを回復する操作はどれか。

- | | |
|---------------|------------|
| ア アーカイブ | イ コミット |
| ウ チェックポイントダンプ | エ ロールフォワード |

解答解説

データベースを回復する操作であるロールフォワードに関する問題である。

アのアーカイブは複数のファイルを一つのファイルにまとめることである。また、ソフトの保管場所を指すこともある。アーカイブファイルはデータベースの内容が破壊されるという最悪の場合に備えて、定期的にデータベース全体を磁気テープなどに記録したファイルである。

イのコミットはすべてのデータベースが正常に更新された場合で、トランザクションが複数のデータベースを更新する場合に、すべてのデータベースが更新されたか更新されなかったかのいずれかの状態になる。このための制御がコミットメント制御であり、すべてのデータベースが正常に更新された場合がコミットである。一部のデータベースが更新されなかった場合にすべてのデータベースをロールバックし、すべてが更新されなかった状態にする。

ウのチェックポイントはプログラム実行中のある時点で、リスタートのための情報を生成する点である。プログラムがチェックポイントを通過するとき、その時点の主記憶の情報を磁気ディスクに出力しておき、万一システムが停止してもチェックポイントから処理を続行できるようにする。

エのロールフォワード処理はログファイルの更新後情報を利用して、障害直前の状態に戻すことである。ディスクが破損した場合にバックアップファイルとログファイルを使用して、ロールフォワード処理を行いディスクを復旧する。求める答えはエとなる。

例題演習

データベースの更新前や更新後の値を書き出して、データベースの更新記録として保存するファイルはどれか。

- | | |
|--------------|----------------|
| ア ダンプファイル | イ チェックポイントファイル |
| ウ バックアップファイル | エ ログファイル |

解答解説

ログファイルに関する問題である。

アのダンプファイルは、メモリ内のプログラムやデータを出力装置や補助記憶装置に出力したものである。

イのチェックポイントファイルは、データベースやファイルなどの完全性を確保するために、データやトランザクションの状態を記録するタイミングであるチェックポイント時に記録した情報である。

ウのバックアップファイルは、コンピュータシステムに実装されているプログラムやデータ

をトラブルによる損失に備えて、事前にコピーを取得して保存しておく情報である。

エのログファイルはコンピュータの処理内容や利用状況を、時間の流れに沿って、データベースの更新前や更新後の値を記録したものであり、事故が発生したとき、データの復元や事故原因究明に役立つ。求める答えはエとなる。

例題演習

トランザクションTはチェックポイント取得後に完了し、その後にシステム障害が発生した。データベースをトランザクションTの終了直後の状態に戻すために用いられる復旧技法はどれか。ここで、チェックポイントのほかに、トランザクションログが利用できるものとする。

- | | |
|----------|--------------------|
| ア 2相ロック | イ トランザクションスケジューリング |
| ウ ロールバック | エ ロールフォワード |

解答解説

障害回復に関する問題である。

トランザクションTはチェックポイント取得後に処理を完了し、その後に障害が発生した。従って、取得したチェックポイントに戻ると、既にコミットしているのが判明するため、処理完了ポイントまでロールフォワードが可能である。求める答えはエとなる。

例題演習

媒体障害発生時にデータベースを復旧するために使用するファイルは主に二つある。一つはバックアップファイルであるが、あと一つはどれか。

- | | |
|----------------|-----------|
| ア トランザクションファイル | イ マスタファイル |
| ウ ロールバックファイル | エ ログファイル |

解答解説

媒体障害の復旧に関する問題である。

媒体障害が発生した場合、バックアップファイルとログファイルの更新後情報を使用して、ロールフォワード操作で復旧させる。求める答えはエとなる。

アのトランザクションファイルは一時的に発生した変動するデータを記録しているファイルである。伝票ファイル、売上ファイルが相当する。

イのマスタファイルは業務処理の基本となる台帳的なデータの集積である。

ウのロールバックファイルは更新前の状態に復元する時に使用するファイルである。