ソフトウェアアーキテクチャ
第14回　データベースシステム

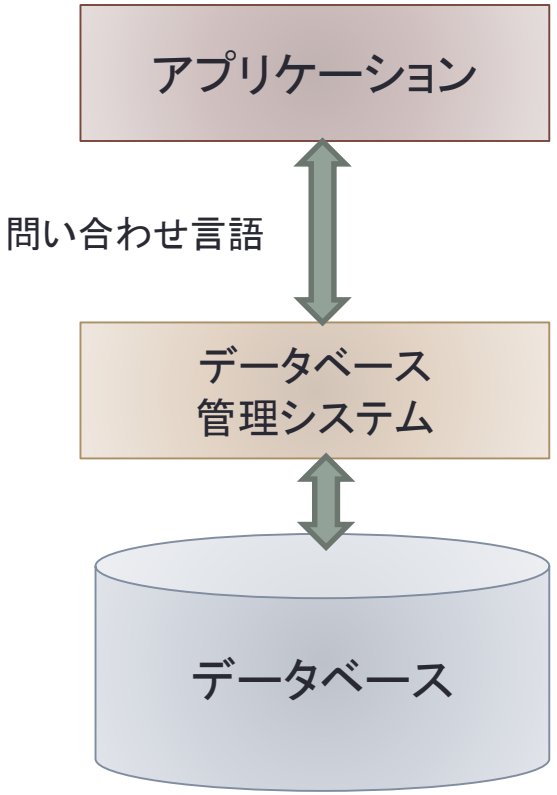
環境情報学部
萩野　達也

lecture URL

https://vu5.sfc.keio.ac.jp/slide/

データベースシステム

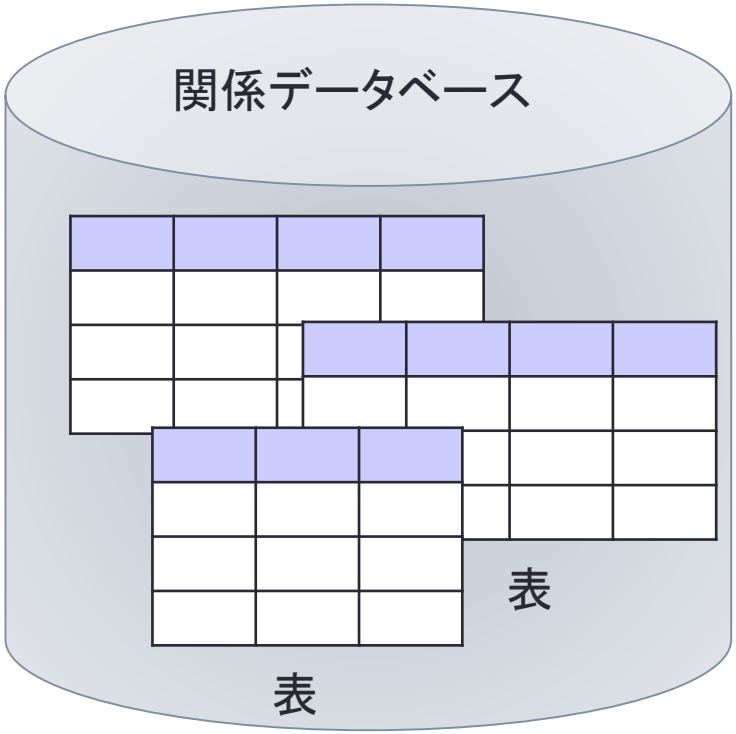
- データベース
  - データをある形式にしたがって集めたもの
  - 検索などの処理が容易
- データベースシステムの種類
  - 関係データベース
  - オブジェクトデータベース
  - XML データベース
  - グラフデータベース
- データベース管理システム（DBMS）
  - データベースをコンピュータ上で管理するソフトウェア
    - Oracle Database
    - Microsoft SQL Server
    - PostgreSQL
    - MySQL
    - SQLite
    - IBM DB2
    - Infomix



関係データベース

データベースモデル
- 階層モデル
- ネットワークモデル
- 関係モデル

- 関係モデルに基づくデータベース
  - 関係 = 表
  - RDB = 表の集まり
- 関係演算により関係（表）を操作
  - 和（union）
  - 差（difference）
  - 交わり（intersection）
  - 制限（restriction, selection）
  - 射影（projection）
  - 結合（join）
- SQL
  - 関係演算に基づくRDBMS問い合わせ言語
    - INSERT
    - UPDATE
    - DELETE
    - SELECT



例：授業履修者データ

テーブル名

履修者

属性名

属性（列）

学籍番号	氏名	分野	科目名	学期	曜日	時限	教員名
9012345	藤沢太郎	先端	ソフトウェアアーキテクチャ	2022年春	月	3	萩野達也
9023456	遠藤花子	創造	数学と論理	2021年秋	火	2	青山敦
9012345	藤沢太郎	導入	情報基礎1	2021年秋	金	4	服部隆志
9023456	遠藤花子	先端	ソフトウェアアーキテクチャ	2021年春	月	3	萩野達也
:	:	:	:	:	:	:	:

組（行）

- 関係をテーブル（表）としてあらわす
  - 属性（列）は順不同
  - それぞれの組（行）も順不同
  - 一つのセルには一つの値しか入れることはできない
    - 「情報基礎1」が4・5限の時には，「時限」に4と5を入れるわけにはいかない
    - 第1正規形

表の適切な分割・管理

- 関数従属関係にしたがって表を分割する
  - 一つの表では重複する部分があるなど，更新が大変
  - 正規化
  - テーブルの組（行）を決めている属性（列）を主キーとする

履修者（複合キー）

学籍番号	授業コード
9012345	202201
9023456	202108
9012345	202102
9023456	202101
:	:

授業（主キー）

授業コード	科目コード	学期	曜日	時限	教員番号
202201	1234	2022年春	月	3	019
202108	2345	2021年秋	火	2	001
202102	3456	2021年秋	金	4	203
202101	1234	2021年春	月	3	019
:	:	:	:	:	:

学生（主キー）

学籍番号	氏名
9012345	藤沢太郎
9023456	遠藤花子
:	:

科目（主キー）

科目コード	分野	科目名
1234	先端	ソフトウェアアーキテクチャ
2345	創造	数学と論理
3456	導入	情報基礎1
:	:	:

教員（主キー）

教員番号	教員名
019	萩野達也
001	青山敦
203	服部隆志
:	:

テーブルの定義

```
CREATE TABLE 学生(
  学籍番号 INTEGER PRIMARY KEY,
  氏名 VARCHAR(20));

CREATE TABLE 教員(
  教員番号 INTEGER PRIMARY KEY,
  氏名 VARCHAR(20));

CREATE TABLE 科目(
  科目コード INTEGER PRIMARY KEY,
  分野 CHAR(5),
  科目名 VARCHAR(20));

CREATE TABLE 授業(
  授業コード INTEGER PRIMARY KEY,
  科目コード INTEGER
     REFERENCES 科目(科目コード),
  学期 CHAR(6),
  曜日 CHAR(2),
  時限 INTEGER);

CREATE TABLE 履修者(
  授業コード INTEGER
     REFERENCES 授業(授業コード),
  学籍番号 INTEGER
     REFERENCES 学生(学籍番号),
  PRIMARY KEY(授業コード,学籍番号));
```

学生

学籍番号	氏名
9012345	藤沢太郎
9023456	遠藤花子
:	:

教員

教員番号	教員名
019	萩野達也
001	青山敦
203	服部隆志
:	:

科目

科目コード	分野	科目名
1234	先端	ソフトウェアアーキテクチャ
2345	創造	数学と論理
3456	導入	情報基礎1
:	:	:

授業

授業コード	科目コード	学期	曜日	時限	教員番号
202201	1234	2022年春	月	3	019
202108	2345	2021年秋	火	2	001
202102	3456	2021年秋	金	4	203
202101	1234	2021年春	月	3	019
:	:	:	:	:	:

履修者

学籍番号	授業コード
9012345	202101
9023456	202008
9012345	202002
9023456	202001
:	:

関係演算

- 制限（restriction，selection）
  - 条件を満たす組（行）だけを取り出す

履修者

学籍番号	授業コード
9012345	202201
9023456	202108
9012345	202102
9023456	202101
:	:

学籍番号=9012345

学籍番号	授業コード
9012345	202201
9012345	202102
:	:

```
SELECT * FROM 履修者 WHERE 学籍番号='9012345'
```

- 射影（projection）
  - 指定した属性（列）だけを取り出す

授業

授業コード	科目コード	学期	曜日	時限	教員番号
202201	1234	2022年春	月	3	019
202108	2345	2021年秋	火	2	001
202102	3456	2021年秋	金	4	203
202101	1234	2021年春	月	3	019
:	:	:	:	:	:

科目コード,学期

科目コード	学期
1234	2022年春
2345	2021年秋
3456	2021年秋
1234	2021年春
:	:

```
SELECT 科目コード,学期 FROM 授業
```

関係演算(結合)

- 結合(join)
  - 2つのテーブルの共通する値を使って表を結合する

授業

授業コード	科目コード	学期	曜日	時限	教員番号
202201	1234	2022年春	月	3	019
202108	2345	2021年秋	火	2	001
202102	3456	2021年秋	金	4	203
202101	1234	2021年春	月	3	019
:	:	:	:	:	:

教員

教員番号	教員名
019	萩野達也
001	青山敦
203	服部隆志
:	:

授業と教員のテーブルを
教員番号で結合

授業コード	科目コード	学期	曜日	時限	教員番号	教員名
202201	1234	2022年春	月	3	019	萩野達也
202108	2345	2021年秋	火	2	001	青山敦
202102	3456	2021年秋	金	4	203	服部隆志
202101	1234	2021年春	月	3	019	萩野達也
:	:	:	:	:	:	:

```
SELECT * FROM 授業 JOIN 教員 ON(教員番号)
```

テーブルの更新

- 新しい組の挿入
  - **INSERT INTO 教員(教員番号,氏名) VALUES('002','中村修')**
  - 主キーは一意的でなくてはならない

教員番号	教員名
019	萩野達也
001	青山敦
203	服部隆志

教員番号	教員名
019	萩野達也
001	青山敦
203	服部隆志
002	中村修

- 値の変更
  - **UPDATE 教員 SET 氏名='はぎの' WHERE 教員番号='019'**

教員番号	教員名
019	萩野達也
001	青山敦
203	服部隆志

教員番号	教員名
019	はぎの
001	青山敦
203	服部隆志

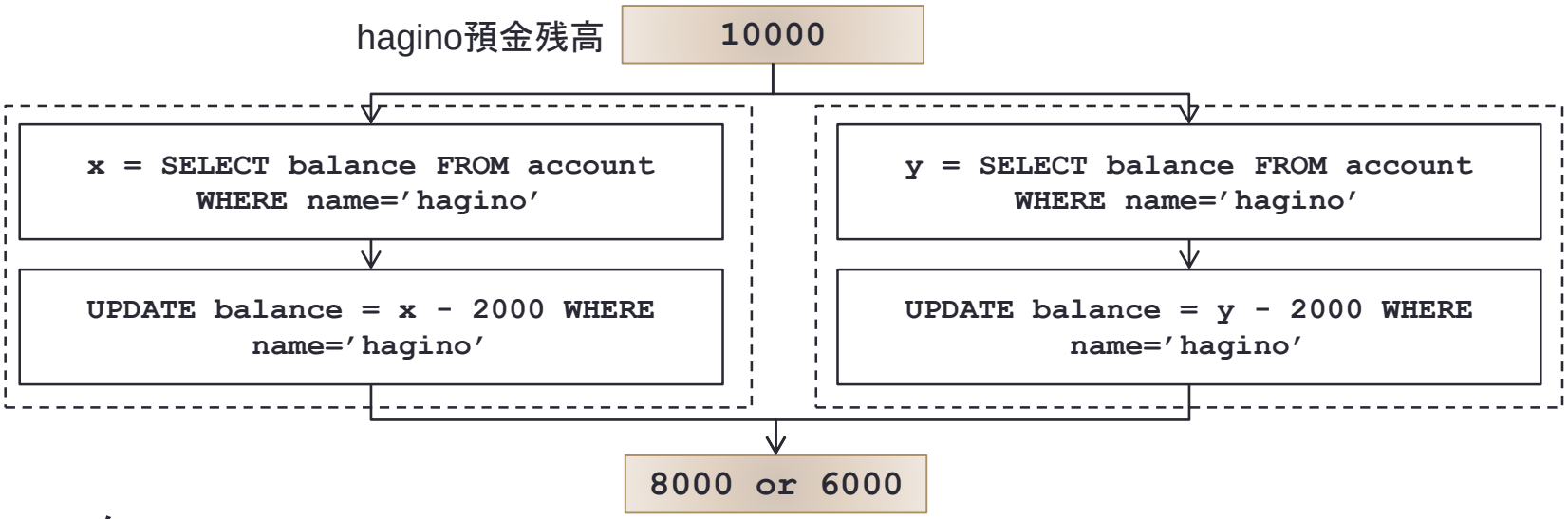
- 組(行)の削除
  - **DELETE FROM 教員 WHERE 教員番号='001'**
  - 他のテーブルで参照されている組(行)の削除に注意

教員番号	教員名
019	萩野達也
001	青山敦
203	服部隆志

教員番号	教員名
019	萩野達也
203	服部隆志

テーブル更新時の注意

- 同じ組（行）を複数が更新を行なうとおかしくなることがある
  - 銀行口座から同時に2000円引き出す



- ロック
  - 変更を行なう場合にはテーブルなどをロックすることが必要
    - LOCK
  - トランザクション
    - クリティカルセクションを決める
    - BEGIN
    - COMMIT（END）
    - ROLLBACK（ABORT）

```
BEGIN
  LOCK TABLE account
  x = SELECT balance FROM account WHERE name='hagino'
  UPDATE balance = x - 2000 WHERE name='hagino'
COMMIT
```

ロックの種類

- テーブルロック
  - 変更するテーブル全体をロック
  - ロックの管理が簡単
  - 同時読み書きが多い場合にパフォーマンスに問題
- 行ロック
  - テーブルの行毎にロックする
  - ロックの競合が少なくなる
  - バグの発生率が高くなる
  - デッドロックの検出の必要がある
- ページロック
  - テーブルロックと行ロックの中間

デッドロック

- 複数人が互いにロックすることにより先に進めなくなる
  - データベース以外でも並行処理では同じことが起こる

- デッドロックの検出
  - 依存関係を調べてデッドロックしていることを見つける
  - ロールバックさせて，再度実行する
- デッドロックしないためには
  - 同じ順でテーブル（資源）をロックする

読み出しロックと書き込みロック

- 読み出しロック
  - テーブルの中身を読む
  - 複数人が同時に読んでも問題ない
  - 書き込みを禁止する
- 書き込みロック
  - テーブルに変更を行なう
  - 他の読み・書きを禁止する
  - 書き込み以前の状態を読み出し可能とする場合もある
- 読み出しロック中のテーブルの最後への追加
  - 読み出しと同時に実行できる場合がある

問い合わせ処理の最適化

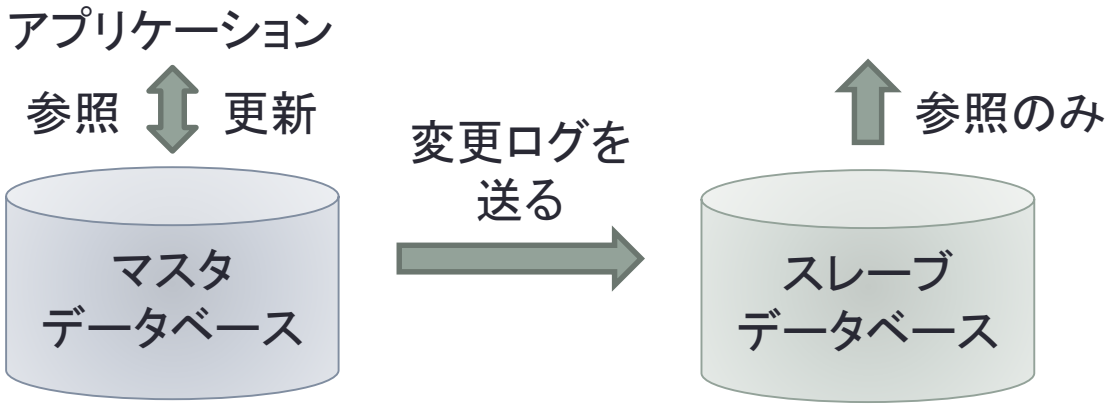
- 問い合わせでは複数のテーブルを結合する
  - 結合演算は可換および結合則が成り立つ
    - A⊳⊲B = B ⊳⊲ A　および　(A⊳⊲B)⊳⊲C = A⊳⊲(B⊳⊲C)
  - テーブルの結合(join)順を選ぶ
  - 制限を適用する順を選ぶ
- テーブルのデータのアクセス方法
  - 順番に読むかランダムに読むか
  - 主キーを使ってアクセスするのか
- 例:2022年春学期に科目を履修している学生を抽出する

```
SELECT DISTINCT s.学籍番号,s.氏名 FROM 履修者 r,学生 s,授業 l
    WHERE r.学籍番号=s.学籍番号 AND r.授業コード=l.授業コード AND l.学期='2022春'
```

  - 戦略1
    - 履修者のテーブルを順番に調べ，対応する授業を探し，学期が2022年春であった場合，対応する学生を探す
  - 戦略2
    - 学生のテーブルを順番に調べ，履修者の中から履修している授業を探し，その授業が2022年春であるかを調べる
  - 戦略3
    - 授業のテーブルを順番に調べ，2022年春である場合に，履修者テーブルから履修者を探し，対応する学生を探す

データベースの複製

- マスタスレーブ方式の複製
  - MySQLなどがサポート
  - マスタはテーブルに対する変更をログとして記録
  - スレーブはマスタのログを読んで自分のテーブルを更新
- ログの記録方式
  - SQLステートメントを記録
  - 変更された行の内容を記録
  - 両者をミックス



ストレージエンジンの実装

- データベースは永続記憶
  - 電源を切って再起動しても前の状態から開始
  - データはファイルに保存
- ファイルの取り扱いの注意
  - fsyncあるいはfdatasyncを用いて確実に物理媒体に書き込む
  - ログを使うことにより不完全な状態をなくす
    - ログは追加書きのみ
- キーによるインデックス
  - B tree
  - ハッシュ

まとめ

- データベース
  - データベース管理システム
- 関係データベース
  - 関係演算
  - 基本演算（制限，射影，結合）
  - SQL
- ロック
  - デッドロック