データベース
第14回：SQLと関係代数

上智大学理工学部情報理工学科
高岡詠子

No reproduction or republication without written *permission*.
許可のない転載、再発行を禁止します

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

関係データモデルの演算体系

Coddが提案した数学モデルに基づく理論

- 関係代数，リレーショナル代数 (algebra)
  - 集合論に基づく手続き的なアプローチ
  - 目的のリレーションを得るために具体的な手順を指定する
- 関係論理，リレーショナル論理(calculus)
  - 述語論理に基づく宣言的なアプローチ
  - 目的のリレーションがどういうものかを表現するのみで具体的手順を指定するわけではない
    - タプルリレーショナル論理　コッド Codd
    - ドメインリレーショナル論理　Lacroix、Pirotte

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

関係代数と関係論理

- 関数代数と関数論理は等価
  - リレーショナル代数
  - タプルリレーショナル論理
  - ドメインリレーショナル論理
- どれを使っても同じ結果が得られる
- 一つで記述できないものは他の2つでも記述できない

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

関係完備性(relational completeness)

- 関係論理＝関係代数と同じ表現力があること
- SQLは関係完備

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

関係代数・関係論理で記述できない処理

- カウント処理
- 集約処理

- 述語：真理値を出力する特別なカテゴリの関数

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

関係論理

- 一階述語論理を基礎としたデータ操作体系
- 論理式を使うことで
  - 表現力に富む
  - 形式的に議論がしやすい
- 目的のリレーションがどういうものかを表現するのみで具体的手順を指定するわけではない
  - タプルリレーショナル論理　コッド Codd
  - ドメインリレーショナル論理　Lacroix

© 2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

述語論理(predicate logic)

- 述語(predicate)は真理値をとる関数
- 命題：今日は木曜日である
- ある命題が真か偽か⇒真理値(true, false, unknown)
- Aは木曜日である(A：命題変数)
- $\neg A$, $A \wedge B$, $A \vee B$, $A \Rightarrow B$, $\forall x\, A$, $\exists x\, A$
- Thursday(A)

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

タプル関係論理
(tuple relational calculus; TRC)

- $\{t \mid P(t)\}$：$P(t)$を満たすタプルの集合
- $t^{(2)}$
- $t[科目名]$=情報科学と人間
- $t \in$科目リスト

科目リスト

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES034	情報科学と人間

SQLで表すと
SELECT * FROM 科目リスト

TRCで表すと
$\{t^{(2)} \mid 科目リスト(t)\}$

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

タプル関係論理
(tuple relational calculus; TRC)

- 射影をとってみる

SQLで表すと
SELECT　科目名　FROM　科目リスト

TRCで表すと
$\{t^{(1)} \mid (\exists s)(\text{科目リスト}(s) \wedge t[\text{科目名}]=s[\text{科目名}]\}$

科目リスト

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES034	情報科学と人間

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

関係代数
関係データベースに対する操作の総称

- 和集合
- 差集合
- 積
- 直積

集合演算

- 選択
- 射影
- 結合
- 商

関係演算

リレーションA

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES034	情報科学と人間

リレーションB

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES005	情報リテラシー
SIA220	輪講

リレーションAとリレーションBでみてみよう

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

和両立

- 和集合，差集合，共通演算が成り立つ条件

2つのリレーションのスキーマが等しい

2つのリレーションドメイン（属性名）と次数（属性の数）が等しい

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES034	情報科学と人間

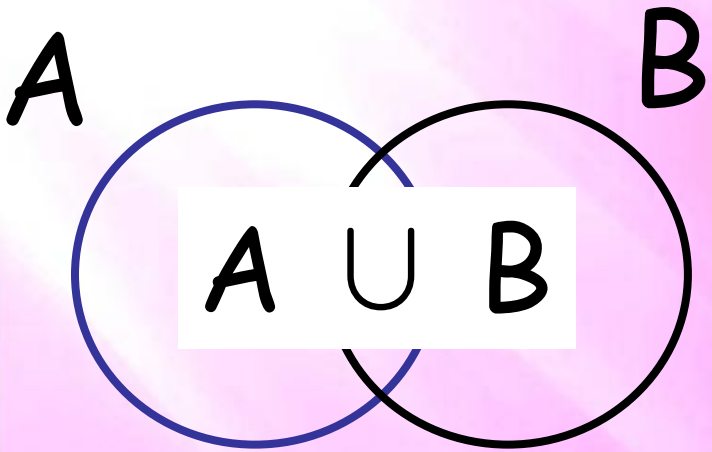
科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES005	情報リテラシー
SIA220	輪講

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

和集合

SQL: UNION演算子

- データベースの足し算
- 複数の関係(表)を行方向に結合する。
- 二つの関係の全行を取り出す演算
- $A \cup B = \{a \mid a \in A \vee a \in B\}$



A ∪ B

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES034	情報科学と人間
GES005	情報リテラシー
SIA220	輪講

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

和演算
The Union Operation

- 2つの関係の和集合の関係を結果として返す演算
- 合併演算という言い方をすることも
- UNION 演算子
  - SELECT 文1の問い合せ結果
  - SELECT 文2の問い合せ結果
  - の和集合を求める
  - 問い合せ結果の列数とデータ型が一致している必要あり

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

和集合演算

店舗売上(shopSale)

店舗名	売り上げ	日付
紀尾井町	450,000	11/1
高輪	320,000	11/3
赤坂	876,600	11/5
品川	438,000	11/3

インターネット売り上げ(netSale)

売り上げ	日付
120,000	11/1
150,000	11/7

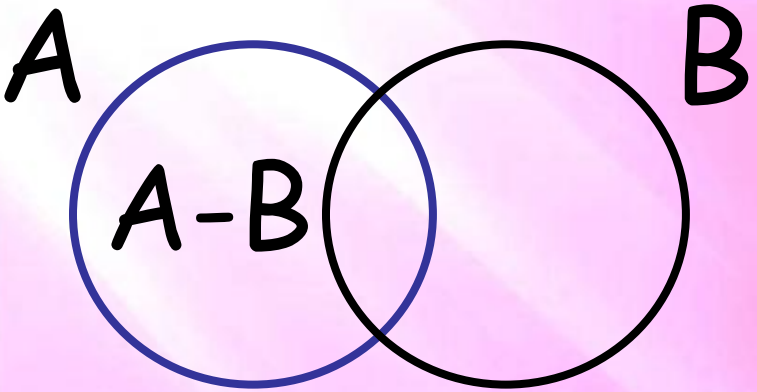
```
select  date from shopSale
UNION
select  date from netSale
```


©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

差集合

SQL: EXCEPT演算子

- データベースの引き算
- 2つのどちらかの関係から，2つの関係の共通の行を取り除いた残りの行を取り出す
- $A-B=\{a \mid a \in A \wedge \neg (a \in B)\}$
- Aにあってに属さない行や列を取り出す



A-B

科目コード	科目名
GES034	情報科学と人間

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

差集合演算The Set-Difference Operation

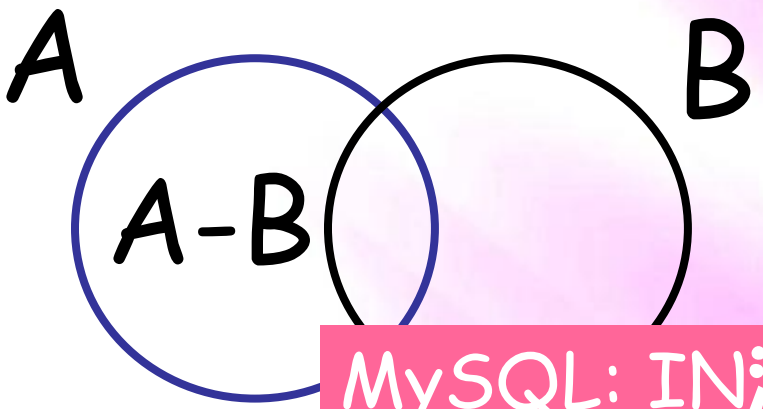
- 2つの関係の共通部分を除いた関係を結果として返す演算
- EXCEPT 演算子
  - SELECT 文1の問い合せ結果
  - SELECT 文2の問い合せ結果
  - の差集合を求める
  - 問い合せ結果の列数とデータ型が一致している必要あり

MySQL: IN演算子またはEXISTS演算子

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

差集合とMySQL

- Aにあってに属さない行や列を取り出す



A-B

科目コード	科目名
GES034	情報科学と人間

MySQL: IN演算子またはEXISTS演算子

```
SELECT 科目コード，科目名 FROM A WHERE 科目コード
        NOT IN (SELECT 科目コード FROM B)

SELECT 科目コード，科目名 FROM A WHERE NOT EXISTS
        (SELECT 科目コード FROM B
                WHERE A.科目コード = B.科目コード)
```


©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

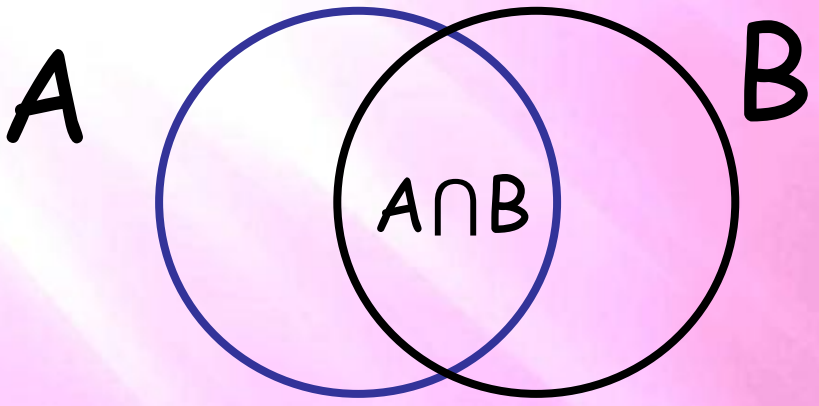
積集合(共通集合)

- 2つのどちらかの関係から，両方の関係に存在する行を取り出す

SQL: INTERSECT演算子

- $A \cap B = \{a \mid a \in A \wedge a \in B\}$
- AにもBにも属す行を取り出す

共通集合は差集合を繰り返しても同じ



$A \cap B = A - (A - B)$

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

積集合(共通部分)演算
The Set-Intersection Operation

- 2つの関係の積集合を結果として返す演算
- INTERSECT 演算子
  - SELECT 文1の問い合せ結果
  - SELECT 文2の問い合せ結果
  - の共通部分を求める
  - 問い合せ結果の列数とデータ型が一致している必要あり

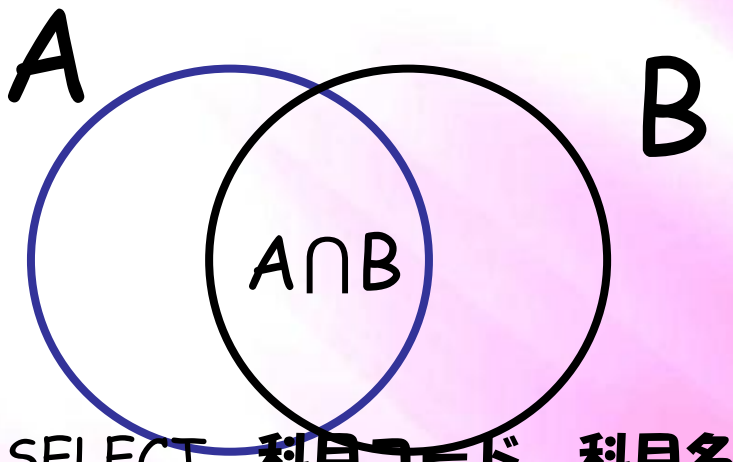
MySQL: IN演算子またはEXISTS演算子

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

積集合(共通集合)とMySQL

- 2つのどちらかの関係から，両方の関係に存在する行を取り出す

SQL: INTERSECT演算子



$A \cap B = A - (A - B)$

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語

SELECT 科目コード，科目名 FROM A WHERE 科目コード
IN (SELECT 科目コード FROM B)

SELECT 科目コード，科目名 FROM A WHERE EXISTS
(SELECT 科目コード FROM B
WHERE A.科目コード = B.科目コード)

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

SQL: SELECT演算子で複数の関係を指定する

直積集合

- データベースの掛け算
- 2つの関係の全組み合わせを取り出す
- $A \times B = \{(a,b) \mid a \in A \wedge b \in B\}$
- AにもBにも属す行や列を取り出す

科目リスト

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES034	情報科学と人間

履修表

履修者ID	科目コード
A0102345	SIA003
A0102345	SIS004
S0102340	GES034

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

直積集合

科目リスト

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES034	情報科学と人間

履修表

履修者ID	科目コード
A0102345	SIA003
A0102345	SIS004
S0102340	GES034

SQL: SELECT * from 科目リスト, 履修表

科目コード	科目名	履修者ID	科目コード
SIA003	データベース	A0102345	SIA003
SIA003	データベース	A0102345	SIS004
SIA003	データベース	S0102340	GES034
SIS004	科学技術英語	A0102345	SIA003
SIS004	科学技術英語	A0102345	SIS004
SIS004	科学技術英語	S0102340	GES034
GES034	情報科学と人間	A0102345	SIA003
GES034	情報科学と人間	A0102345	SIS004
GES034	情報科学と人間	S0102340	GES034

関係代数
関係データベースに対する操作の総称

- 和集合
- 差集合
- 積
- 直積

集合演算

- 選択
- 射影
- 結合
- 商

関係演算

リレーションA

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES034	情報科学と人間

リレーションB

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES005	情報リテラシー
SIA220	輪講

リレーションAとリレーションBでみてみよう

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

選択

- 条件を満たす行を取り出す
- 行を取り出す場合はすべての列を取り出す

リレーションP

科目コード	科目名	履修者ID	科目コード
SIA003	データベース	A0102345	SIA003
SIA003	データベース	A0102345	SIS004
SIA003	データベース	S010	
SIS004	科学技術英語	A010	
SIS004	科学技術英語	A010	
SIS004	科学技術英語	S0102340	GES034
GES034	情報科学と人間	A0102345	SIA003
GES034	情報科学と人間	A0102345	SIS004
GES034	情報科学と人間	S0102340	GES034

SQL: SELECT * from リレーションP
where 科目名 = データベース

科目コード	科目名	履修者ID	科目コード
SIA003	データベース	A0102345	SIA003
SIA003	データベース	A0102345	SIS004
SIA003	データベース	S0102340	GES034

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

射影

- 特定の列を取り出す

RegistrationList

Student Number	SubjectID	Grade
A0102345	SCT50601	A
A0102345	YJO2	
S0102340	ISP10	
S0102340	YJO20300	B

SQL: SELECT SubjectID, Grade
from Registration List

SubjectID	Grade
SCT50601	A
YJO20300	A
ISP10001	B
YJO20300	B

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

結合

- 複数の表を結合して1つの表にする
- 基本的な結合は，2つの列の値が等しい行を取り出す
- 等結合
- 通常はすべてのデータを結合させるのは現実的ではないので，結合条件を指定して取得データを制限する
- 自然結合
- 等結合演算＝直積演算＋選択演算

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

等結合

2つ表の科目コードの
値が等しい行を取り出す

科目リスト

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES034	情報科学と人間

履修表

履修者ID	科目コード
A0102345	SIA003
A0102345	SIS004
S0102340	GES034

SQL: SELECT * from 科目リスト left join 履修表
on 科目リスト.科目コード=履修表.科目コード;

科目コード	科目名	履修者ID	科目コード
SIA003	データベース	A0102345	SIA003
SIA003	データベース	A0102345	SIS004
SIA003	データベース	S0102340	GES034
SIS004	科学技術英語	A0102345	SIA003
SIS004	科学技術英語	A0102345	SIS004
SIS004	科学技術英語	S0102340	GES034
GES034	情報科学と人間	A0102345	SIA003
GES034	情報科学と人間	A0102345	SIS004
GES034	情報科学と人間	S0102340	GES034

等結合

科目リスト

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES034	情報科学と人間

履修表

履修者ID	科目コード
A0102345	SIA003
A0102345	SIS004
S0102340	GES034

SQL: SELECT * from 科目リスト left join 履修表
on 科目リスト.科目コード=履修表.科目コード;

科目コード	科目名	履修者ID	科目コード
SIA003	データベース	A0102345	SIA003
SIS004	科学技術英語	A0102345	SIS004
GES034	情報科学と人間	S0102340	GES034

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

結合

- 複数の表を結合して1つの表にする
- 基本的な結合は，2つの列の値が等しい行を取り出す
- 等結合
- 通常はすべてのデータを結合させるのは現実的ではないので，結合条件を指定して取得データを制限する
- 自然結合
- 等結合演算＝直積演算＋選択演算

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

自然結合

科目リスト

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES034	情報科学と人間

履修表

履修者ID	科目コード
A0102345	SIA003
A0102345	SIS004
S0102340	GES034

SQL: SELECT * from subjectList natulal join registartionList

両方の表に含まれている同じ列名の値が一致しているかどうか比較される
ON以降は指定する必要がない

科目コード	科目名	履修者ID
SIA003	データベース	A0102345
SIS004	科学技術英語	A0102345
GES034	情報科学と人間	S0102340

複数のデータを取り出した際の重複を取り除いたもの

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

等結合=直積＋選択

科目リスト

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES034	情報科学と人間

履修表

履修者ID	科目コード
A0102345	SIA003
A0102345	SIS004
S0102340	GES034

SQL: SELECT * from 科目リスト, 履修表
where 科目リスト.科目コード=履修表.科目コード;

科目コード	科目名	履修者ID	科目コード
SIA003	データベース	A0102345	SIA003
SIA003	データベース	A0102345	SIS004
SIA003	データベース	S0102340	GES034
SIS004	科学技術英語	A0102345	SIA003
SIS004	科学技術英語	A0102345	SIS004
SIS004	科学技術英語	S0102340	GES034
GES034	情報科学と人間	A0102345	SIA003
GES034	情報科学と人間	A0102345	SIS004
GES034	情報科学と人間	S0102340	GES034

等結合=直積＋選択

科目リスト

科目コード	科目名
SIA003	データベース
SIS004	科学技術英語
GES034	情報科学と人間

履修表

履修者ID	科目コード
A0102345	SIA003
A0102345	SIS004
S0102340	GES034

SQL: SELECT * from 科目リスト, 履修表
where 科目リスト.科目コード=履修表.科目コード;

科目コード	科目名	履修者ID	科目コード
SIA003	データベース	A0102345	SIA003
SIS004	科学技術英語	A0102345	SIS004
GES034	情報科学と人間	S0102340	GES034

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

商演算

理系科目をすべて履修している
履修者IDを取り出す

データベースの割り算

履修表

科目名	履修者ID
データベース	A0102345
データベース	A0102355
データベース	A0102378
科学技術英語	A0102345
科学技術英語	A0102390
情報科学と人間	S0102340
情報科学と人間	S0102333

÷

理系科目

理系

データベース
科学技術英語

履修者ID
A0102345
A0102345

差集合，直積，射影を使う

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.

商演算のSQL

- SELECT DISTINCT studentID from 履修表 X where not exists
  (select * from 理系 where not exists
  (select * from 履修表 Z
  where Z.studentID=X.studentID
  and Z.subjectID = 理系.sID))

©2012 Eiko Takaoka All Rights Reserved.