

具体的な講義の項目

- イン트로ダクション
- データベースのモデル
- 関係データベースの操作(関係代数、関係論理)
- 正規化
- 問い合わせ言語
- トランザクション処理
- データベースの内部構造
- データベースの問い合わせ処理
- その他(オブジェクト指向DB、XML/RDF-DB等々)

2020/5/7

データベース (©横田)

36

関係の操作

- 関係代数と関係論理
- いずれも E. F. Codd によって提案
- 関係代数(Relational Algebra)
 - 関係に対する操作の手続き的記述
 - 関係を入力とし、関係を出力とする演算
 - 集合演算と専用演算
- 関係論理(Relational Calculus)
 - 出力としてほしい関係の仕様の論理式による記述

2020/5/7

データベース (©横田)

37

関係代数演算の種類

- 集合演算(Set Operations)
 - 和、積、差、直積
- 専用演算
 - 射影、選択、制約、結合、割り算
- 別の分類
 - 単項演算
 - 射影、選択、制約
 - 二項演算
 - 和、積、差、直積、結合、割り算

2020/5/7

データベース (©横田)

38

和両立(Union Compatible)条件

- 二項演算の二入力について
 - 属性数と対応する属性の定義域が一致
- 条件成立が必要な演算
 - 集合和、集合積、集合差
- 条件成立が必要でない二項演算
 - 直積、結合、割り算

2020/5/7

データベース (©横田)

39

和両立の関係の例

秋葉原支店関係 R_a

商品番号	販売価格
GDC10	150,000
GLC20	90,000
FLC33	70,000
HIP06	30,000
TLCD70	40,000

日本橋支店関係 R_b

商品番号	販売価格
GDC10	140,000
GLC20	90,000
FLC33	70,000
FLP44	50,000
HLP05	60,000
TLCD70	40,000

2020/5/7

データベース (©横田)

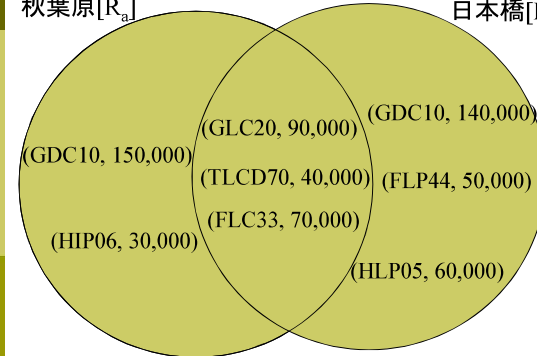
40

集合和 (Union) 演算 $R_a \cup R_b$

秋葉原 R_a

日本橋 R_b

二支店全商品関係



商品番号	販売価格
GDC10	140,000
GDC10	150,000
GLC20	90,000
FLC33	70,000
FLP44	50,000
HLP05	60,000
HIP06	30,000
TLCD70	40,000

- 注: 重複の除去が必要 Cardinality $5 + 6 \neq 8$

2020/5/7

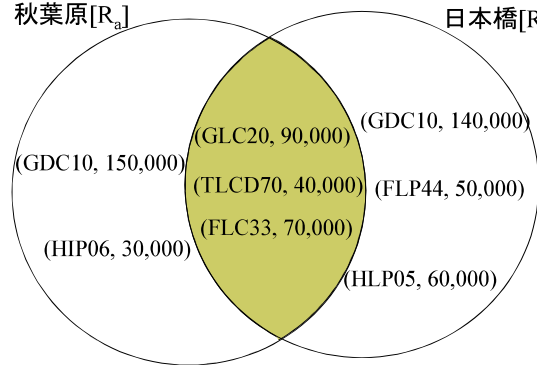
データベース (©横田)

41

集合積 (Intersection) 演算 $R_a \cap R_b$

秋葉原 R_a

日本橋 R_b



二支店共通商品関係

商品番号	販売価格
GLC20	90,000
FLC33	70,000
TLCD70	40,000

2020/5/7

データベース (©横田)

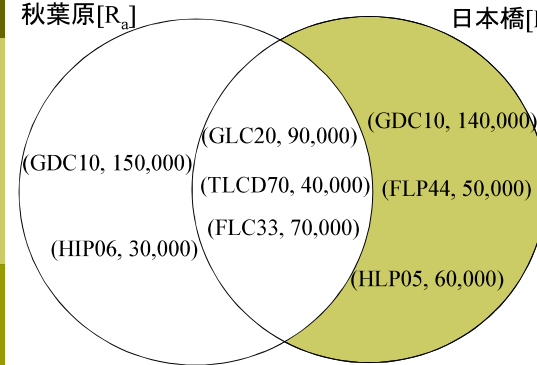
42

集合差 (Difference) 演算 $R_b - R_a$

秋葉原 R_a

日本橋 R_b

日本橋支店のみ商品関係



商品番号	販売価格
GDC10	140,000
FLP44	50,000
HLP05	60,000

$R_a - R_b$ なら
秋葉原支店のみ商品関係

商品番号	販売価格
GDC10	150,000
HIP06	30,000

2020/5/7

データベース (©横田)

43

直積 (Cartesian Product) $R_x \times R_y$

製造元国籍 [R_x]

製造元	国籍
GELL	米国
Fepson	日本
Hanon	日本

販売担当 [R_y]

販売員	担当地域
田中	千代田区
鈴木	新宿区
佐藤	渋谷区

製造元	国籍	販売員	担当地域
GELL	米国	田中	千代田区
GELL	米国	鈴木	新宿区
GELL	米国	佐藤	渋谷区
Fepson	日本	田中	千代田区
Fepson	日本	鈴木	新宿区
Fepson	日本	佐藤	渋谷区
Hanon	日本	田中	千代田区
Hanon	日本	鈴木	新宿区
Hanon	日本	佐藤	渋谷区

$$\text{cardinality}(R_x \times R_y) = \text{cardinality}(R_x) \times \text{cardinality}(R_y)$$

2020/5/7

データベース (©横田)

44

射影 (Projection): π

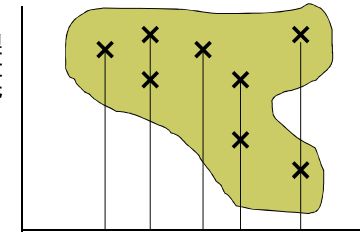
指定した属性 ($X_1, X_2, \dots, X_n$) の切り出し

■ $\pi_{X_1, X_2, \dots, X_n}(R)$

□ 例: $\pi_{\text{商品名}}$ (製造元関係)

商品名
Desktop
Laptop
Laser Pt.
Inkjet Pt.
LCDsplay

製造元



商品名

■ 重複除去しない射影はデルタ射影 (Delta Projection) と呼ばれる

□ 詳細は後半で説明

2020/5/7

データベース (©横田)

45

選択 (Selection): σ

□ R 内の条件 ($X=a$) に合うタプルの検索

■ $\sigma_{X=a}(R)$

■ 例: $\sigma_{\text{商品名}=\text{Laptop}}$ (製造元関係)

商品番号	商品名	製造元
GLC20	Laptop	GELL
FLC33	Laptop	Fepson

□ θ 選択 (θ -Seletion): $\sigma_{X\theta a}(R)$

■ 条件を一般化

■ $\theta: =, \neq, <, \leq, >, \geq$

■ 例: $\sigma_{\text{在庫} < 4}$ (秋葉原支店関係)

商品番号	販売価格	在庫
FLC33	70,000	3
TLCD70	40,000	2

□ 制約 (Restriction): $\sigma_{Xa\theta Xb}(R)$

■ 属性間の条件で検索

□ 条件を $\wedge$ (and) や $\vee$ (or) で結合することも可能

2020/5/7

データベース (©横田)

46

ちょっと考えてみよう (2-1)

□ 自然言語による問い合わせ

■ 秋葉原支店で、販売価格が100,000円以下で、在庫が10以上である商品の商品番号と販売価格と在庫のデータが欲しい場合、関係代数で表現せよ。

□ キャラクタ入力での書き方 (ローカル)

■ 集合和: $\cup$ (関係名1, 関係名2)

■ 集合積: $\bowtie$ (関係名1, 関係名2)

■ 集合差: $-$ (関係名1, 関係名2)

■ 直積: $\times$ (関係名1, 関係名2)

■ 射影: $\rho[\text{属性名}]$ (関係名)

■ 選択: $\sigma[\text{条件}]$ (関係名)

■ 条件: 属性1 $>=$ 属性2

■ 論理演算: and / or / not

2020/5/7

データベース (©横田)

47

関係代数演算の種類

- 集合演算 (Set Operations)
 - 和、積、差、直積
- 専用演算
 - 射影、選択、制約、結合、割り算

2020/5/7

データベース (©横田)

48

結合演算 (Join) : $\bowtie$

- 2つの関係の間の属性同士のつき合わせ
 - θ 結合 (θ -Join)
 - $R_a \bowtie_{x_a \theta x_b} R_b$ ($\theta: =, \neq, <, \leq, >, \geq$)
 - 等結合 (Eq-Join)
 - θ が $=$
 - $R_a \bowtie_{x_a = x_b} R_b$
 - 自然結合 (Natural-Join)
 - θ が $=$ で、結果関係の中の結合属性が1つ (なぜ?)
 - 正規化で利用

2020/5/7

データベース (©横田)

49

結合演算の例: 結合対象

製造元関係

商品番号	商品名	製造元
GDC10	Desktop	GELL
GLC20	Laptop	GELL
FLC33	Laptop	Fepson
FLP44	Laser Pt.	Fepson
HLP05	Laser Pt.	Hanon
HIP06	Inkjet Pt.	Hanon
TLCD70	LCDisplay	Tenao

秋葉原支店関係

商品番号	販売価格	在庫
GDC10	150,000	5
GLC20	90,000	12
FLC33	70,000	3
HIP06	30,000	4
TLCD70	40,000	2

2020/5/7

データベース (©横田)

50

自然結合演算の例: 結合結果

製造元関係 $\bowtie_{\text{商品番号}=\text{商品番号}}$ 秋葉原支店関係

商品番号	商品名	製造元	販売価格	在庫
GDC10	Desktop	GELL	150,000	5
GLC20	Laptop	GELL	90,000	12
FLC33	Laptop	Fepson	70,000	3
HIP06	Inkjet Pt.	Hanon	30,000	4
TLCD70	LCDisplay	Tenao	40,000	2

Cardinality ?

2020/5/7

データベース (©横田)

51

ちょっと考えてみよう(2-2)

- θ 結合は、直積演算と制約演算で表現可能です。
 - 書いてみましょう
 - キャラクタ入力で結合の書き方(ローカル)
 - $j[\text{条件}](\text{関係名1}, \text{関係名2})$
 - θ は \$ で

結合演算の補足

- 結合演算における法則
 - 可換則(Commutative Law)
 - $R \bowtie S = S \bowtie R$
 - 結合則(Associative Law)
 - $R \bowtie (S \bowtie T) = (R \bowtie S) \bowtie T$

θ 結合に関する補足

関係A		関係B		結果			
属性p	属性q	属性r	属性s	属性p	属性q	属性r	属性s
A	10	a	20	A	10	a	20
B	20	b	40	A	10	b	40
C	30	c	60	A	10	c	60
				B	20	a	20
				B	20	b	40
				B	20	c	60
				C	30	a	20
				C	30	b	40
				C	30	c	60

$$R_A \bowtie_{q \geq s} R_B$$

外結合(Outer Join): $\bowtie$

- 一方の関係に対応する属性値がない場合にnullを入れる結合
- 例

R		S	
商品分類	商品名	商品名	製造元
Computer	Desktop	Desktop	GELL
Computer	Laptop	Laptop	Fepson
Printer	Laser Pt.	LCDisplay	Tenao

- 商品名による自然結合なら、結果の濃度は...
 - 結果に含まれなくなる情報がある

左外結合、右外結合、全外結合

$R \bowtie S$ Left Outer Join

商品分類	商品名	製造元
Computer	Desktop	GELL
Computer	Laptop	Fepson
Printer	Laser Pt.	null

$R \bowtie S$ Full Outer Join

商品分類	商品名	製造元
Computer	Desktop	GELL
Computer	Laptop	Fepson
Printer	Laser Pt.	null
null	LCDisplay	Tenao

$R \bowtie S$ Right Outer Join

商品分類	商品名	製造元
Computer	Desktop	GELL
Computer	Laptop	Fepson
null	LCDisplay	Tenao

割り算 (Division) : $R_a[X] \div R_b[Y]$

- 関係 R_a のタプルの集合の中で、その属性 X の値として、関係 R_b の全タプルの属性の値を含むものを全て抽出する
- 直積の逆算
 - 結果の関係と関係 R_b の直積を取り、剰余を加えると関係 R_a になる

割り算の例(1)

販売実績関係 $[R_s]$

販売員	商品名
田中	Desktop
田中	Laptop
田中	Laser Pt.
田中	LCDisplay
鈴木	Laptop
鈴木	Laser Pt.
鈴木	LCDisplay
佐藤	Desktop
佐藤	Laptop
佐藤	Laser Pt.

販売員関係 $[R_p]$

販売員
田中
鈴木
佐藤

全販売員の扱った商品
 $R_s[R_p] \div R_p[R_p]$

商品名
Laptop
Laser Pt.

ちょっと考えてみよう(2-3)

- $R_s[R_p] \div R_p[R_p]$ の余りは？
 - 式で書いてみましょう
 - キャラクタ入力では $d(R_s[R_p], R_p[R_p])$
 - テーブルで書いてみましょう

割り算の例(2)

販売実績関係 [R _s]	
販売員	商品名
田中	Desktop
田中	Laptop
田中	Laser Pt.
田中	LCDisplay
鈴木	Laptop
鈴木	Laser Pt.
鈴木	LCDisplay
佐藤	Desktop
佐藤	Laptop
佐藤	Laser Pt.

商品項目関係 [R _i]
商品名
Desktop
Laptop
Laser Pt.

商品項目 R_i の全てを扱った販売員
 $R_s[\text{商品名}] \div R_i[\text{商品名}]$

販売員
田中
佐藤

2020/5/7

データベース (©横田)

60

割り算の補足(1)

□ 他の演算による導出

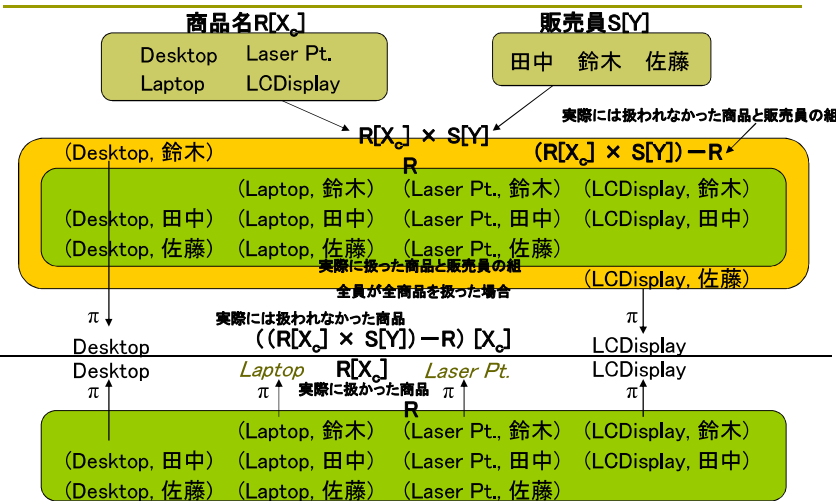
- $R[X] \div S[Y]$
 $= R[X_c] - ((R[X_c] \times S[Y]) - R)[X_c]$
- ここで、 X_c は、関係 R の属性 X に対する補並び
 - つまり、関係 R の X 以外の属性の並び

2020/5/7

データベース (©横田)

61

割り算の補足(2): $R[X] \div S[Y]$



2020/5/7

データベース (©横田)

62

問い合わせ木 (Query Tree)

□ 一般の関係代数の問い合わせは、最終結果を根とする木を構成する

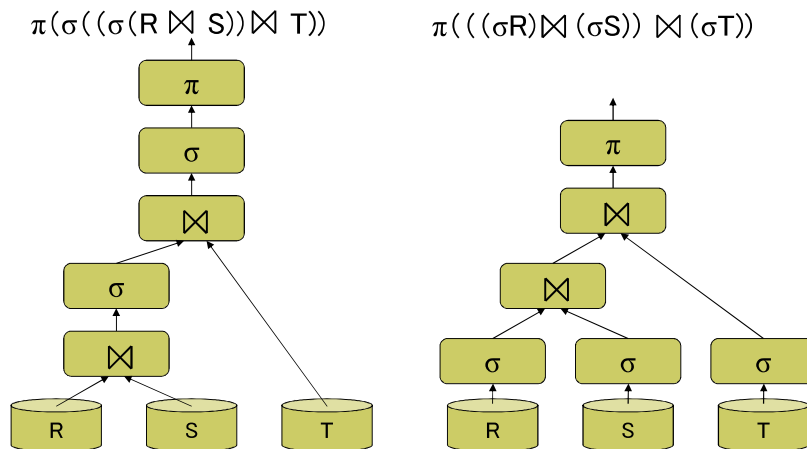
- ノードが関係代数演算 (入力も出力も関係)
- 二項演算が分岐
- 結合演算の可換則、結合則によって最適化が可能
 - どのような構造が最適かは条件によって異なる
 - 各演算 (特に結合演算) の実現アルゴリズム
 - 各関係の濃度

2020/5/7

データベース (©横田)

63

同じ問い合わせの異なる木の例



ちょっと考えてみよう(2-4)

□ 自然言語による問い合わせ

- 商品分類がComputerに属するGELLの商品で、秋葉原支店か日本橋支店で販売価格が 100,000円以下で売られている商品の商品名と商品番号を知りたい。
 - 製造元関係(商品番号、商品名、製造元)
 - 商品分類関係(商品分類、商品名)
 - 秋葉原支店関係(商品番号、販売価格、在庫)
 - 日本橋支店関係(商品番号、販売価格、在庫)

□ 関係代数で表現せよ

2020/5/7

データベース (©横田)

65

本日の講義の最後に

- 初めてのオンライン講義でこなれていませんが、コメントがあったら書き込んで下さい(オプション)

2020/5/7

データベース (©横田)

66