

システム環境情報学特論

Informatics for Systems and Environment

北海道大学大学院情報科学研究科
システム情報科学専攻

担当 小野里雅彦

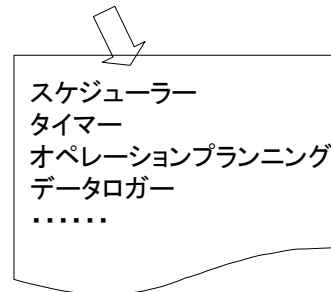
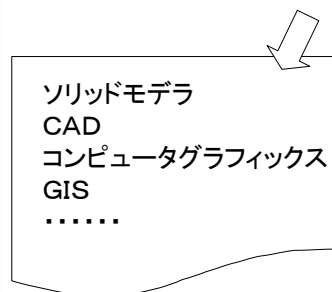


対象世界の枠組みとしての時空間



■ 対象の存在する枠組み

= 空間 × 時間



形状表現における抽象立体

抽象立体: 物理的な立体を数学モデルとして扱う

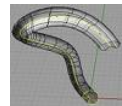
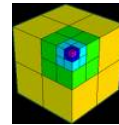
- 剛性(rigidity)
位置や向きに依存しない不変な形状
- 同次3次元性(homogeneous three dimensionality)
孤立点や浮遊点を持たない
- 有限性(finiteness)
空間の有限部分を占有
- 閉包性(closure)
各種の操作によっても立体を保持(正則集合演算)
- 有限記述可能性(finite describability)
頂点, 稜線, 面などが有限(半解析集合)
- 境界決定主義(boundary determinism)
立体の境界は内部(閉多様体)

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

形状表現の主要なスキーマ

A.A.G. Requichaによる7分類

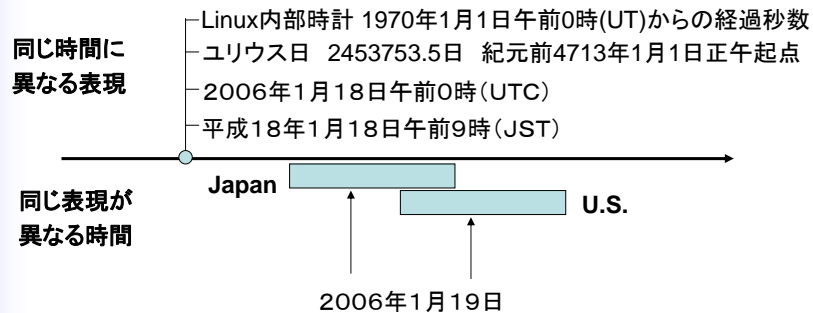
- プリミティブ具体形スキーマ
ex. 積み木
- 占有空間計数化スキーマ
ex. Octree
- 胞体分割スキーマ
ex. 有限要素法 4面体分割
- CSGスキーマ
ex. 基本形状の集合演算木
- 掃引スキーマ
ex. 2(3)次元形状の掃引
- 補間スキーマ
ex. メタボール
- 境界表現スキーマ
ex. 頂点—稜線—一面—立体



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

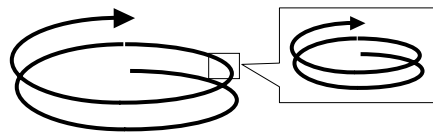
時間について

時間軸 = 実数軸？



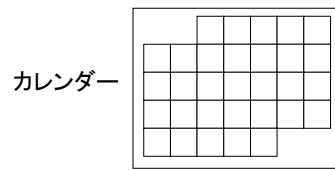
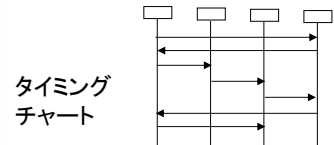
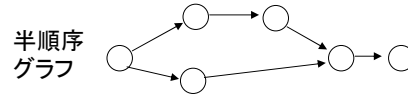
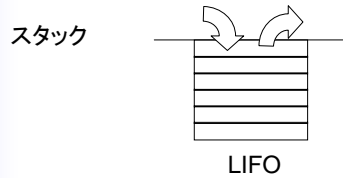
時間と空間の違い

- 時間は1次元, 空間は3次元
- 時点は時間軸を前後に分割する
 - 立体は空間を内・外に分割
- 時間は「形状」を持たないが、「パターン」はある
■ ■ ■ ■ ■
- 時間の構造には周期性がある(昼・夜など)
- 時間には全体-部分関係の構造がある(年・月・日など)



時間の表現のいろいろ

タイムスタンプ 12:11:56

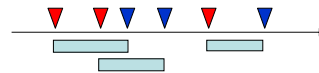


数式 $T2 < T1 + 30$

時間表現の対比

■ 時間点 - 時間区間

- イベント - 状態



■ 絶対的 - 相対的

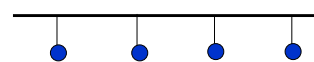
- 12時35分 - 開門20分前

■ 定量的 - 定性的

- 25分短い - 短い

■ 連続的 - 離散的

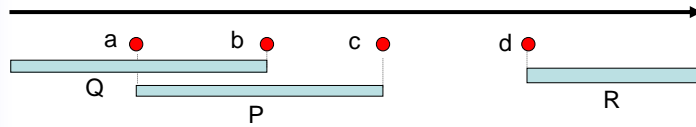
- 56秒4535.... - 56秒



■ 確定的 - 選択的

- AとBの関係はR1 - AとBの関係はR1かR2

時点と時間区間



時間区間 = 2つの時点に挟まれた区間

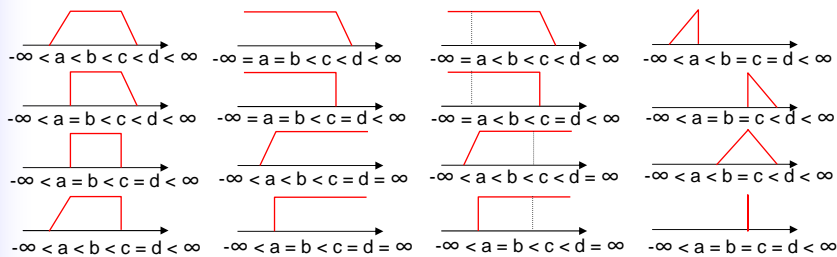
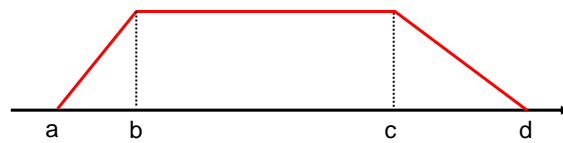
時点 = 時間区間の端点

時間長 = 時点間の距離
時間区間の長さ

時間の3つのパラメータ

$$\langle \text{終点の時刻} \rangle - \langle \text{始点の時刻} \rangle = \langle \text{時間区間長} \rangle$$

時空間DBでの区間表現例



1. 存在過程

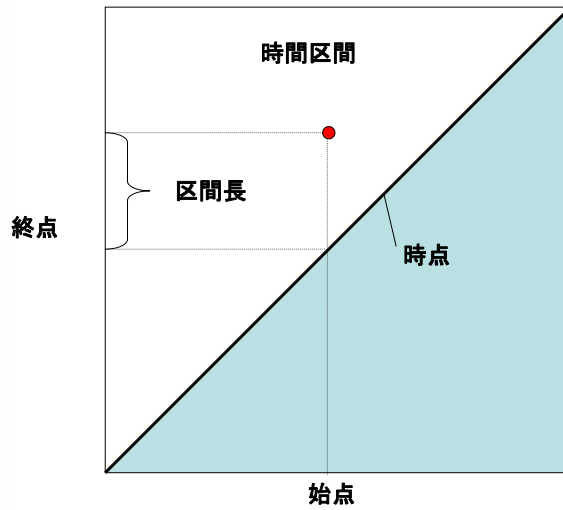
2. 存在可能性

解釈の例

[a b] 状態発生過程
[b c] 状態継続
[c d] 状態消滅過程

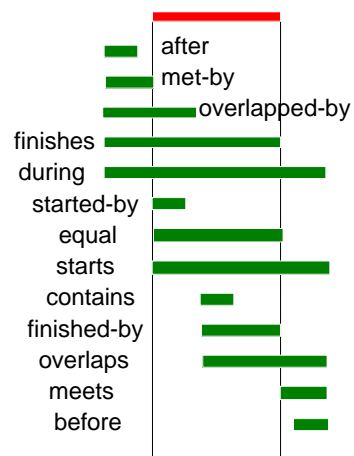
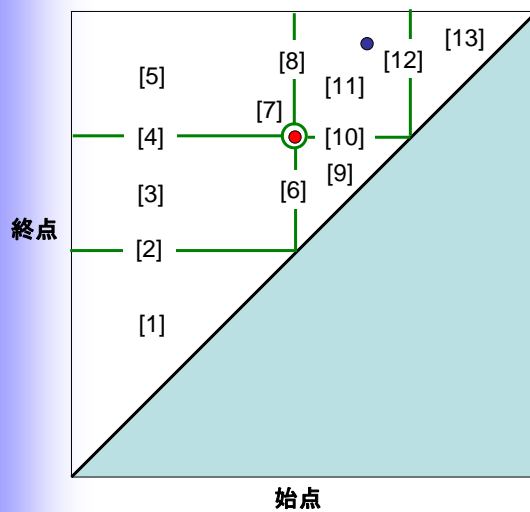
[a d] 状態存在可能
[b c] 状態存在確定

時間に関する2次元表現



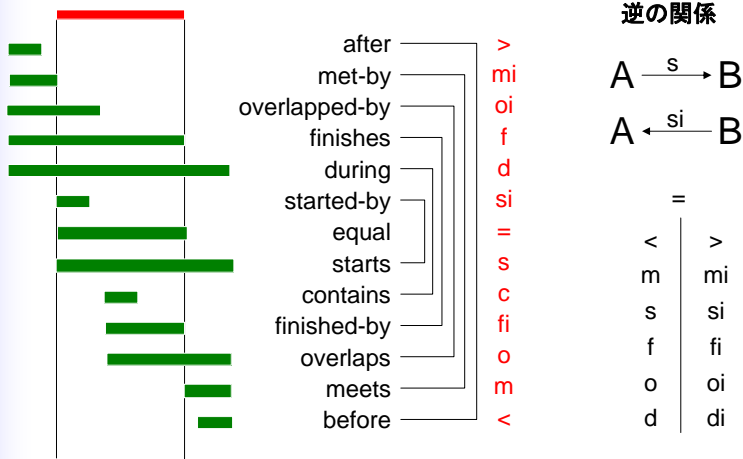
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

時間区間の相対的關係



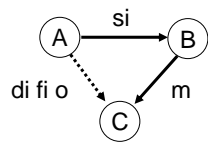
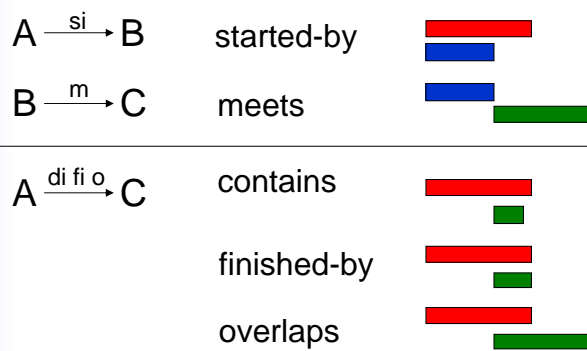
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

J.F.Allenの13の定性的関係



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

J.F.Allenの時間区間整合性管理



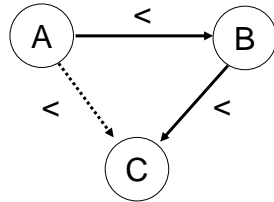
$$T(si, m) = \{di, fi, o\}$$

定性区間関係の遷移律

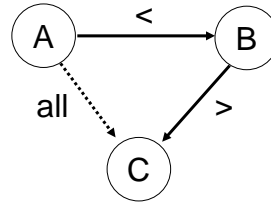
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

遷移律の練習

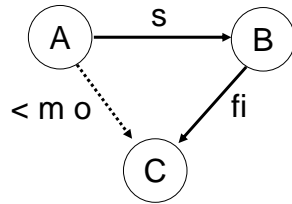
(A)



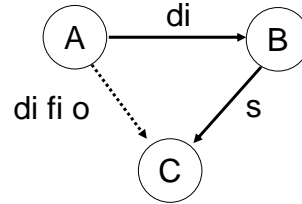
(B)



(C)



(D)



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

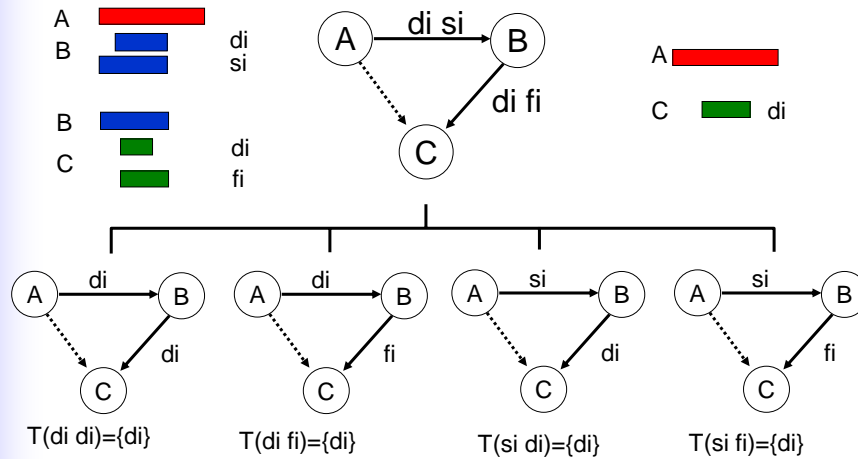
遷移律表の作成

B r2 C	<	>	d	di	o	oi	m	mi	s	si	f	fi
A r1 B	<	>	d	di	o	oi	m	mi	s	si	f	fi
"before" <	<	no info	< o m d s	<	<	< o m d s	<	< o m d s	<	<	< o m d s	<
"after" >	no info	>	> oi mi d f	>	> oi mi d f	>	> oi mi d f	>	> oi mi d f	>	>	>
"during" d	<	>	d	no info	< o m d s	> oi mi d f	<	>	d	> oi mi d f	d	< o m d s
"contains" di	< o m di fi	> oi di mi si	o oi dur con =	di	o di fi	oi di si	o di fi	oi di si	di fi o	di	di si oi	di
"overlaps" o	<	> oi di mi si	o d s	< o m di fi	< o m	o oi dur con =	<	oi di si	o	di fi o	d s o	< o m
"overlapped-by" oi	< o m di fi	>	oi d f	> oi mi di si	o oi dur con =	> oi mi	o di fi	>	oi d f	oi > mi	oi	oi di si
"meets"	<	> oi mi di	o d	<	<	o d	<	f fi	m	m	d s	<

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

不確定な定性関係

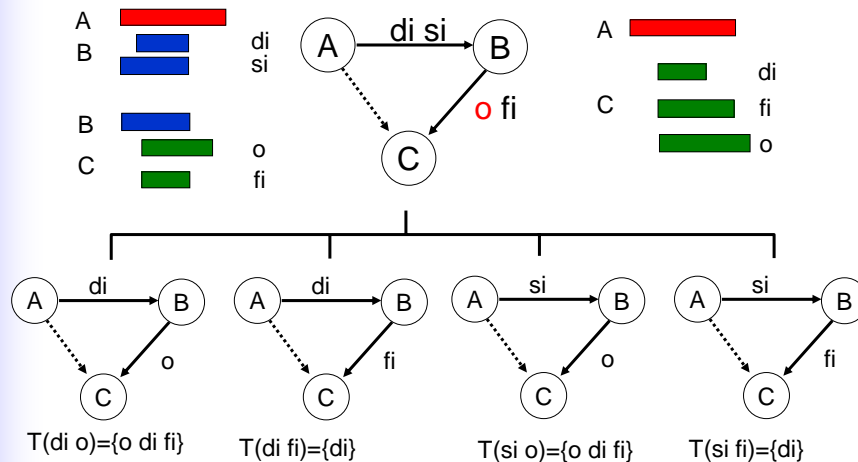
時間区間の間の定性関係が1つに特定されていない場合(1)



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

不確定な定性関係

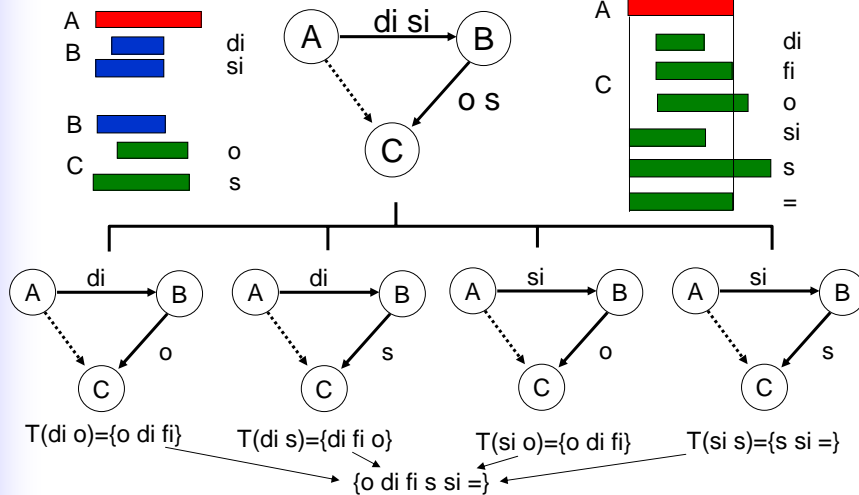
時間区間の間の定性関係が1つに特定されていない場合(2)



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

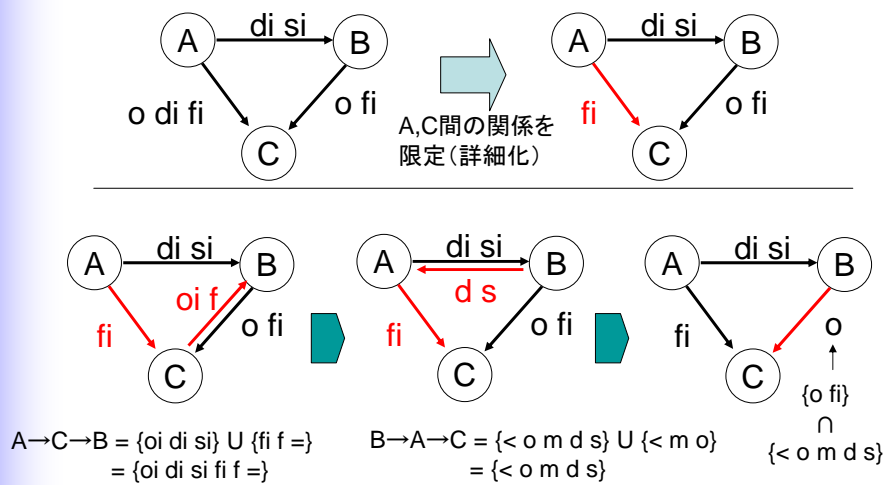
不確定な定性関係

時間区間の間の定性関係が1つに特定されていない場合(3)



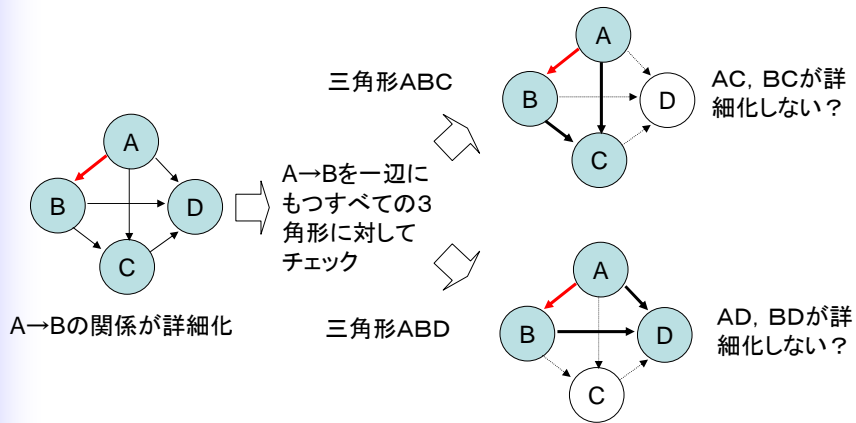
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

関係の更新



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

ネットワークの整合性管理

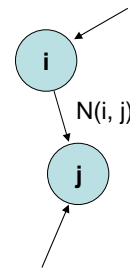


N個のノード(時間区間)があれば、ある一辺を辺にもつ三角形はN-2個、ネットワークに存在.

整合性管理手法

【準備】

- 時間区間: ノード i, j
- ノード i, j の間の関係のラベル $N(i, j)$
たとえば, $\{o < fi\}$
- 関係のリスト: R_i, R_j
たとえば, $R_i = \{o < fi\}$
- $C(R_1, R_2)$: 関係のリストの間の遷移関係
例えば, $C(\{di si\}, \{o fi\}) = \{o di fi\}$
- $\langle i, j \rangle$: ノード番号 i, j の順序対



整合性管理手法

Allenの定性関係ネットワークの制約伝播アルゴリズム

```

To Add R(i, j)
  Add <i, j> to queue ToDo;
  While ToDo is not empty do
  begin
    Get next <i,j> form the queue ToDo;
    N(i, j) ← R(i, j);
    For each node k do
    begin
      R(k, j) ← N(k, j) ∩ C(N(k, i), R(i, j));
      if R(k, j) ⊂ N(k,j)
        then add <k, j> to ToDo;
    end
  end

  For each node k do
  begin
    R(i, k) ← N(i, k) ∩ C(N(i, j), R(j, k));
    if R(i, k) ⊂ N(i,k)
      then add <i, k> to ToDo;
  end
end
  
```

制約伝播処理の例

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		so	<	m	<	<	m	s m o d <	s m o d <
2	so		m <	o	<	<	o	s m o d <	s m o d <
3		m <		d	<	<	d	f	fi f m d =
4	m		d		<	<	s	si oi di	conflict
5				<		s m o	mi	>	proc.
6					s m o		mi >	>	proc.
7	m				mi			si oi di	conflict
8			f						fi m d
9								fi m d	

conflict: s si f fi o oi = d di proc.: > d oi mi f

ネットワークの矛盾と停止

時間区間の間の取り得ない関係 → 定性的関係の集合が空 ϕ

$$A < B < C < D < E \\ E < A$$

↓
与えられた時間区間の定性関係に矛盾が含まれている

整合性管理手法は必ず停止するのか？
無限ループに入らないか？

1つのアーク(時間区間の関係)の書き換えは、
高々回しか起こらない。

13すべてに可能性 → 12の可能性 → …… → 2つ可能性 → 1つに特定

アークの数 ${}_N C_2 \times 12 \rightarrow$ 有限回数

制約伝播アルゴリズムの応用

- 2つの要素の間に成り立つ定性関係がすべて列挙できる
- 同時に2つの定性関係が成立しない
- 2つの要素間には必ずどれかの定性関係が成立する

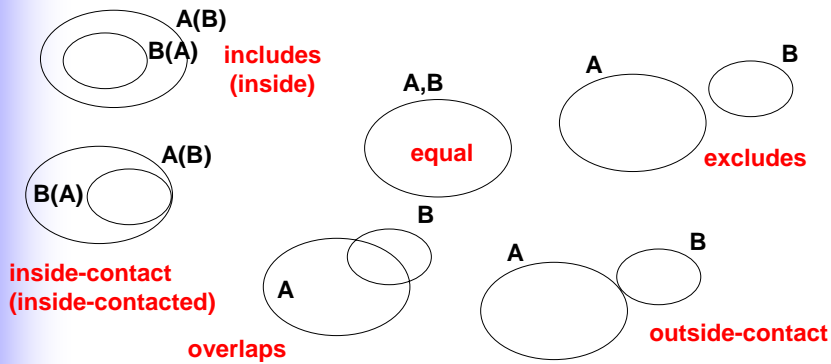
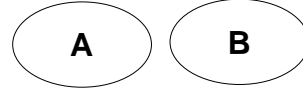


遷移律表の作成と制約伝播アルゴリズムの適用可能

不確定な情報(定性的, 選択的)であっても推論を行い, 新たな事実を導くことができる!

応用問題

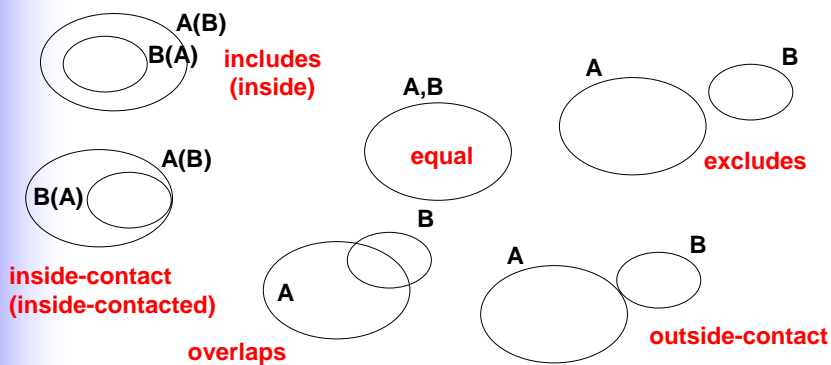
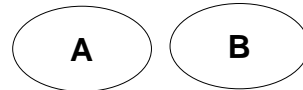
空間の2つの部分空間の間に成立する定性関係を列挙して、遷移律表を作成してみよ。



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

空間領域の包含・接触関係

空間の2つの部分空間の間に成立する定性関係を列挙して、遷移律表を作成してみよ。



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

時間区間と空間領域の組み合わせ

空間領域の定性関係 × 時間区間の定性関係

→ 3. 5次元の時空領域の定性関係

TIME \ SPACE	before	meets	overlaps	finished -by	contains	started -by	equal	...
exclusive								...
outside -contact								
overlap								
inside -contact								
inside								
equal								

(時間 13 関係 × 空間 8 関係 = 104 関係のうちの一部)