

計算モデル特論



国立情報学研究所

佐藤一郎

E-mail: ichiro@nii.ac.jp

Ichiro Satoh

自己紹介

国立情報学研究所 助教授

国立大学法人総合研究大学院大学 助教授

専門:

分散・モバイル・ユビキタスコンピューティングのミドルウェア

(コンピュータサイエンスでも計算モデルとはかけ離れた分野専門)

Ichiro Satoh

講義の目標

- 計算モデルを通じて計算という概念を理解すること
- 計算の数学的な取り扱いに慣れること
- 計算モデルを通じてシステムを捉えること
 - 複雑システム(並列・分散システム、相互作用)をモデル化
 - 分子計算、DNA計算、(細胞)膜計算他

注意:

- 今年は並列分散計算と自然計算(Natural Computing)の計算モデルを扱い、普通の理論計算機科学は扱いません。

Ichiro Satoh

講義内容

履修者のバックグラウンドで選択

- 計算モデルの基礎・数学的表現
- 並列・分散システムの計算モデル
 - CCS
 - π -calculus
 - ペトリネット
- Natural Computingの計算モデル
 - Ambient calculus
 - 細胞膜計算(Membrane computing)
 - DNA計算

Ichiro Satoh

▶ 計算とは何か

コンピュータとは何か、プログラムとは何か、計算とは何か

- 計算の表現
 - プログラミング言語
- 計算可能性
 - 計算できない問題
- 計算の複雑性
 - 合理的な時間で解けない問題

Ichiro Satoh

▶ 自然現象と計算

自然現象を計算として捉える

- 既存手法ではえられない知見をえることがある

自然現象を計算機として捉える

- 一般のコンピュータよりも高性能なこともある。
 - 例: DNAコンピューティング

自然現象が計算システムのヒントになることがある



宇宙はコンピューターだ—
—と言われてもピンとこ
ないかもしれません。でも本
当なんです。プログラム
は「物理法則」。計算してい
るのは「自らの構造」。かの
天才・ホーキングが自説を
修正したように、何でも吸
い込むブラックホールでさ
え、ちゃんと計算結果を出
力しているのです

Ichiro Satoh

▶ 例: DNA計算(DNA computing)

Leonard Adleman (1994)

分子生物学的な実験手法による有向ハミルトン経路問題の解法を発表

- 経路問題をDNAの塩基配列として表現
- 分子化学的操作のみによって変化(計算),
大量の分子が並列的に化学反応をおきる
→超並列性

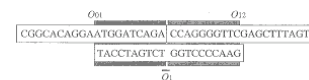


図2 経路 0 → 1 → 2 の DNA 表現

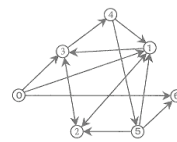


図1 有向グラフ

Ichiro Satoh

▶ 例: Ambient Calculus

細胞(膜)の変異を表す計算モデル

構文

$X ::= \diamond \mid X \circ X \mid \langle Y \rangle$

cyto brackets

$Y ::= \diamond \mid Y \bullet Y \mid \langle X \rangle$

exo brackets

公理

$\diamond = \langle \diamond \rangle$

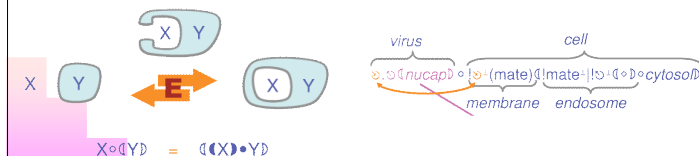
$\diamond = \langle \diamond \rangle$

$X \circ \langle Y \rangle = \langle \langle X \rangle \bullet Y \rangle$

$\langle X \rangle \bullet Y = \langle X \circ \langle Y \rangle \rangle$

推論

$\langle Y \rangle \langle Y' \rangle = \langle \langle \langle Y \rangle \rangle \bullet Y' \rangle = \langle \langle \diamond \langle Y \rangle \rangle \bullet Y' \rangle$
 $= \langle \langle \diamond \rangle \bullet Y' \rangle = \diamond \langle Y' \rangle = \langle Y' \rangle$



Ichiro Satoh

▶ 計算モデル

計算モデルの必要性

- 世の中の情報システム(コンピュータや生物)は非常に複雑
- この情報システムがどのような原理に基づくかを知るには数学的基盤を持つ**抽象的な枠組み**を導入する必要がある。

情報システムの抽象的な枠組み=計算モデル

計算モデルを通じて「計算」及び「情報システム」という概念を明確化

Ichiro Satoh

▶ 計算モデルの必要性

- 計算機のハードウェア
複雑すぎて扱えない
- CやPascalなどで書かれたプログラム
数学的な厳密さを持つとは限らない
- プログラムを入力から出力を得るものとする
例: 数学的な関数
ただし、実際に入力を与えても、その答え(出力)が導けるとは限らない

Ichiro Satoh

▶ 代表的な計算モデル

(逐次)計算モデル:

- **抽象機械計算モデル**
- **関数型計算モデル**
- 論理型計算モデル
- 項書き換え型計算モデル

(並列分散)計算モデル

- **プロセス代数(プロセスカルキュラス)**
- イベント機械モデル(ペトリネット)

Ichiro Satoh

▶ 履修者への質問

講義内容とレベルは履修者の背景知識と関心により決める

履修者の背景知識に関する質問

- 集合または代数論の講義の履修(有/無)
- オートマトンの講義の履修(有/無)
- 一階述語論理の講義の履修(有/無)
- 計算モデルに関する講義の履修(有/無)

卒論または修論テーマは？

Ichiro Satoh

講義形態

評価: レポート(数回)



Ichiro Satoh