

8. Turing 機械入門(2)

8.3. チューリング機械のプログラム技法

- 基本テクニック

8.4. 基本チューリング機械の拡張

- 自然な拡張... 言語は変化しない

8.5. 制限されたチューリング機械

- 自然な制限... 言語は変化しない

8.6. チューリング機械とコンピュータ

- チューリング機械は**万能性**を持ち、通常のコンピュータと同じ**計算能力**を持つこと

プログラミングを容易にする

TMの扱いを容易にする

1/32

8. Turing Machine (2)

8.3. Programming techniques for TM

- Basic techniques

8.4. Extended TM

- Natural extensions... language does not change

8.5. Restricted TM

- Natural restrictions... language does not change

8.6. Turing machine and Computer

- Turing machine has **universality**, and has the **same computation power** as usual computer

Easy for programming

Easy for handling TM

2/32

8.3. プログラミング技法

基本テクニック

1. 状態に「記憶」する
2. テープのトラックを増やす
3. サブルーチン

3/32

8.3. Programming techniques

Basic techniques

1. States can be used as memories
2. Increasing the number of tracks in a tape
3. Subroutines

4/32

8.3. プログラミング技法

基本テクニック

1. 状態に「記憶」する
2. テープのトラックを増やす

有限制御部

a b c

1. 入力長と無関係の「有限の値」を「状態」で覚える (q,a,b,c)と書けばよい

...	B	B	X ₁	X ₂	...	X _n	B	B	...
...	B	B	Y ₁	Y ₂	...	Y _n	B	B	...
...	B	B	Z ₁	Z ₂	...	Z _n	B	B	...

有限制御部

a b c

2. テープアルファベットを3つ組にする。(X_p,Y_p,Z_p)と書けばよい

5/32

8.3. Programming techniques

Basic Techniques

1. Store using states
2. Split the tape to multi-track

Finite Control

a b c

1. 'Finite values' can be stored by states, which can be denoted by, e.g., (q,a,b,c)

...	B	B	X ₁	X ₂	...	X _n	B	B	...
...	B	B	Y ₁	Y ₂	...	Y _n	B	B	...
...	B	B	Z ₁	Z ₂	...	Z _n	B	B	...

Finite Control

a b c

2. Multi-track can be realized by changing an alphabet to, e.g., 3-tuple (X_p,Y_p,Z_p).

6/32

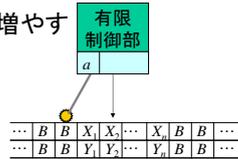
8.3. プログラミング技法

基本テクニック

1. 状態に「記憶」する
2. テープのトラックを増やす

例) 前回の回文なら...

1. 状態で0/1を記憶
2. テープのYにチェックを入れればXを消す必要はない



7/32

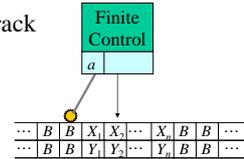
8.3. Programming techniques

Basic Techniques

1. Store using states
2. Split the tape to multi-track

Ex) For the palindrome...

1. 'state' stores 0/1
2. no need to delete X by checking Y on the other track.



8/32

8.3. プログラミング技法

基本テクニック

3. サブルーチン(詳細は略)
 - あるまとまった処理を行うTMプログラムを何度も再利用する方法...状態遷移図上でコピーを作って、埋め込む

9/32

8.3. Programming techniques

Basic Techniques

3. Subroutine (details are omitted)
 - Re-use a TM program that performs some unit computation ... make many copies and embed them into the transition diagram.

10/32

8.4.基本チューリング機械の拡張

自然な拡張...言語としては変わらない

1. 多テープ TM
2. 非決定性 TM

決定性: 遷移先は一意に決定
非決定性: 遷移先は複数存在。
 どれか一つでも受理なら受理。

11/32

8.4. Extended Turing Machine

Natural **Extension**...that does not change the class of languages

1. Multi-tape TM
2. Nondeterministic TM

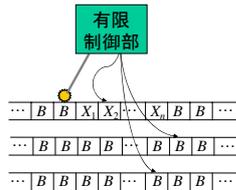
Deterministic: the next state is uniquely determined
Nondeterministic: there can be many next states. TM accepts the input if one of possible state accepts.

12/32

8.4.基本チューリング機械の拡張

自然な拡張...言語としては変わらない

1. 多テープ TM



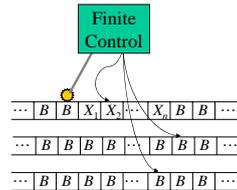
- ヘッドが各テープごとに独立に読み書き
- 入力テープ以外は最初はすべてB

13/32

8.4. Extended Turing Machine

Natural Extension...that does not change the class of languages

1. Multi-tape TM



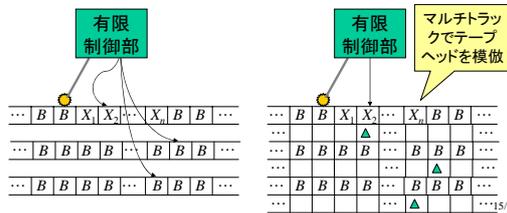
- Each tape is read/written by distinct heads independently.
- Except input tape, all tapes are filled by B.

14/32

8.4.基本チューリング機械の拡張

自然な拡張...言語としては変わらない

1. 多テープ TM を1テープ TM で模倣(概要)

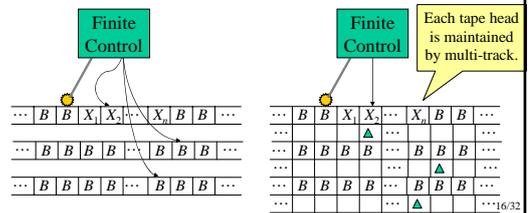


15/32

8.4. Extended Turing Machine

Natural Extension...that does not change the class of languages

1. Multi-tape TM can be simulated by a one-tape TM (Sketch)



16/32

8.4.基本チューリング機械の拡張

自然な拡張...言語としては変わらない

2. 非決定性 TM を決定性の TM で模倣(概要)

- 「次の状態」が複数ある
 - 一つでも受理状態にたどり着く遷移の列が存在すれば受理
- 非決定性 TM:**

決定性 TM による模倣:

- 複数の「次の状態」のどれを選んだか、別テープに記録しておく
 - 可能な選択肢をすべて順番にチェックして、一つでも受理状態にたどり着く遷移の列が存在すれば受理
- 計算時間は爆発的に増加

17/32

8.4. Extended Turing Machine

Natural Extension...that does not change the class of languages

2. Nondeterministic TM can be simulated by a deterministic TM (Sketch)

- Many 'next states' exist
 - It accepts if one of computations reaches to an accepting state.
- Nondeterministic TM:**

Simulation by a deterministic TM:

- Record on the other tape the sequence of 'next states' nondeterministic TM chosen
 - Check all possible choices, and accept if at least one computation reaches to an accepting state.
- It takes exponential computation time.

18/32

8.5. 制限されたチューリング機械

自然な制限...言語としては変わらない

1. 半無限テープを持つ TM
 - 一方だけ無限長で、他方には「端」がある
2. テープの代わりに複数のスタックを持つ TM
 - 2つのスタックを持てば十分!!
3. テープの代わりにカウンタを持つ TM(省略)
 - カウンタ1つ=PDAと同じ能力=CFL
 - カウンタを2つ持てば十分!!

19/32

8.5. Restricted Turing Machine

Natural **Restriction**...that does not change the class of languages

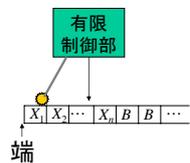
1. TM with semi-infinite tape
 - the tape has the leftmost cell.
2. TM with stacks instead of a tape
 - Two stacks are sufficient!!
3. TM with counter instead of a tape (Omitted)
 - One counter = PDA = CFL
 - Two counters are sufficient!!

20/32

8.5.制限されたチューリング機械

自然な制限...言語としては変わらない

1. 半無限テープを持つ TM
 - 一方だけ無限長で、他方には「端」がある



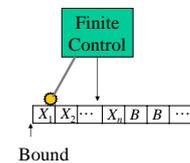
- ★ 言語を受理する能力は通常の TM と変わらない。
- ★ 通常のテープを持つ TM を模倣する能力がある。

21/32

8.5. Restricted Turing Machine

Natural **Restriction**...that does not change the class of languages

1. TM with semi-infinite tape
 - There are no cells on the left of the initial position.



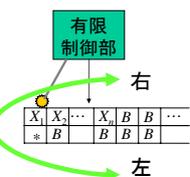
- ★ It can accept the same language as usual TM.
- ★ It can simulate the usual TM.

22/32

8.5.制限されたチューリング機械

自然な制限...言語としては変わらない

1. 半無限テープを持つ TM
 - 一方だけ無限長で、他方には「端」がある



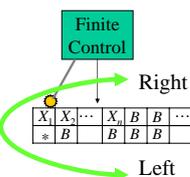
- ★ 通常のテープを持つ TM を模倣する能力がある。
- ⇒ テープを2トラックと見なして、通常のテープを折りたたんで模倣する。

23/32

8.5. Restricted Turing Machine

Natural **Restriction**...that does not change the class of languages

1. TM with semi-infinite tape
 - There are no cells on the left of the initial position.



- ★ It can accept the same language as usual TM.
- ⇒ Using two track tape, simulate the usual tape that has no bounds on both sides.

24/32

8.5. 制限されたチューリング機械

自然な制限...言語としては変わらない

2. テープの代わりに複数のスタックを持つ TM

- 1つのスタック...PDA
- 2つのスタック...TMと同性能

通常の TM の計算を 2スタックで模倣できる

25/32

8.5. Restricted Turing Machine

Natural **Restriction**...that does not change the class of languages

2. TM with stacks instead of a tape

- 1 stack...PDA
- 2 stacks... Equivalent to the usual TM

2 stacks are enough to simulate the usual TM.

26/32

8.5. 制限されたチューリング機械

自然な制限...言語としては変わらない

2. テープの代わりに2つのスタックを持つ TM

通常の TM の模倣方法(概要):

1. 入力データをすべてスタック1につむ (入力が逆順に並ぶ)
2. スタック2にコピー (入力が正順に並ぶ)
3. 二つのスタックを仮想的につないで一つのテープと見なす

27/32

8.5. Restricted Turing Machine

Natural **Restriction**...that does not change the class of languages

2. TM with stacks instead of a tape

How to simulate usual TM (Sketch):

1. Push all input data to the stack 1 (hence order is reversed)
2. Copy them to the stack 2 (order is turned to usual)
3. Regard two stacks as one tape by joining them.

28/32

8.6. Turing 機械とコンピュータ

➤ チューリング機械は**万能性**を持ち、通常のコンピュータと同じ**計算能力**を持つこと

'通常のコンピュータ' ⇐相互に模倣可能⇒ Turing機械

address	data
00000000	AFF001C0
00000001	01CF0EDC
00000010	ADD00111
?	?
FFFFFFF	FEDC0022

CPU → 入出力

フォンノイマン型コンピュータ

★Turing機械 そのもので Turing機械を模倣することもできる。

万能Turing機械: 与えられた TM のコードを実行(模倣)するTM

29/32

8.6. Turing machine and Computer

➤ Turing machine has **universality**, and has the **same computation power** as usual computer

'Usual computer' ⇐Simulate each other⇒ Turing Machine

address	data
00000000	AFF001C0
00000001	01CF0EDC
00000010	ADD00111
?	?
FFFFFFF	FEDC0022

CPU → Input/Output

von Newman type Computer

★Turing Machine can simulate another Turing Machine.

Universal Turing Machine: TM that simulates given code of TM.

30/32

今後の予定(Schedule)

	授業(Lecture)	Office Hour
May 24, 26	休講(Canceled)	---
May 31 (Wed)	計算の可能性 (Unsolvability) 授業アンケート (questionnair)	レポート4,5の解答と解説 (Answer and Comments to report (4) and (5))
June 2(Fri)	テスト(Final Exam)	---

範囲: 1章~7章
Scope: Chapter 1~Chapter 7

31/32

おまけ情報

- これまでの授業のビデオ(Videos taken in this class):
<http://jenzabar.jaist.ac.jp/>
- 田町キャンパス用のスタジオ撮影ビデオを試験的公開
(Temporal videos for Tamachi-campus taken in studio):
<http://e-tamachi.jaist.ac.jp/tamachi06/lectures06/i1113/index.html>
- 成績に関する問い合わせは uehara@jaist.ac.jp まで
Feel free to ask uehara@jaist.ac.jp about your records.
- 上記のリンクは授業の Web ページからリンクをはってあります。
(You can click above links from my web page for this class.)

32/32