

Software Design

4. Modeling of State Machine

Natsuko Noda
nnoda@shibaura-it.ac.jp

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

1

ソフトウェア設計論

4. 対象を機械と捉えたモデリング

Natsuko Noda
nnoda@shibaura-it.ac.jp

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

2

Today's topics

- Modeling of State machine
 - Modeling target as a machine of states
 - State machine diagram

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

3

本日のお題

- 状態機械のモデリング
 - 対象を状態の機械と捉えてモデリングする
 - ステートマシン図

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

4

Review

- Class diagram – Multiplicity (on association)
- Indicates how many objects may be related to an object of the class on the other end.

Indicator	Meaning
0..1	Zero or one
1	One only
0..*	Zero or more
1..*	One or more
n	Only n (where $n > 1$)
0..n	Zero to n (where $n > 1$)
1..n	One to n (where $n > 1$)



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

5

復習

- クラス図 – 関連の多重度
- Indicates how many objects may be related to an object of the class on the other end.

Indicator	Meaning
0..1	Zero or one
1	One only
0..*	Zero or more
1..*	One or more
n	Only n (where $n > 1$)
0..n	Zero to n (where $n > 1$)
1..n	One to n (where $n > 1$)

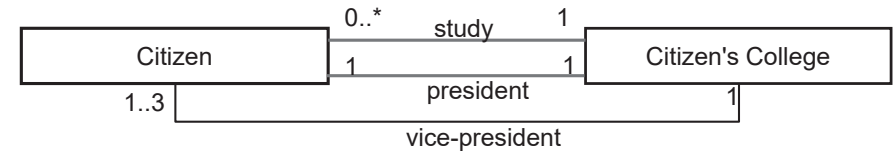


Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

6

Review

- Multiplicity example
- Indicate "n" is a concrete number.
- Ex. 3

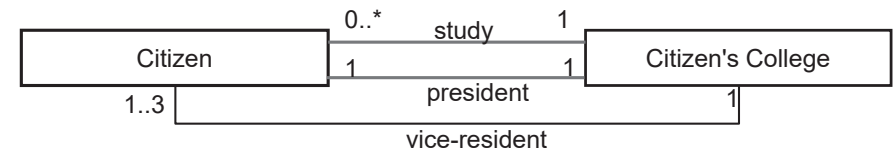


Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

7

復習

- 多重度の例
- "n"は具体的な数
- Ex. 3



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

8

State Machine Diagram

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

9

ステートマシン図

cf. SE-J, 2.2.5

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

10

Definition and example

- Static modeling (= modeling of structure)
 - Definition :
Class diagram
 - Example :
Object diagram
- Dynamic modeling (= modeling of behavior)
 - Definition : ?
 - Example : Sequence diagram, communication diagram

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

11

定義と例示

- 静的モデリング (= 構造のモデル化)
 - 定義 :
クラス図
 - 例示 :
オブジェクト図
- 動的モデリング (= 振舞いのモデル化)
 - 定義 : ?
 - 例示 : シーケンス図、コミュニケーション図

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

12

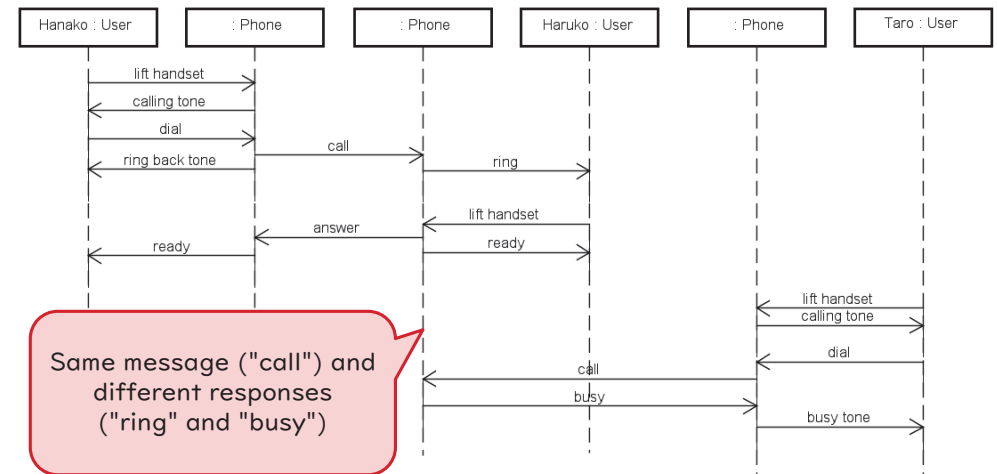
Definition of behavior

- Examples of behaviors can be shown by message sequences.
- How do we describe the generalized behavior?
 - To describe the generalized behavior, we need to describe things that define the behavior.
 - What defines a behavior?
 - When a message is sent to an object, the behavior of the object is not determined.
 - Because there are variations of the response.
 - One possible example is shown by a sequence diagram.

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

13

Example of behavior



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

15

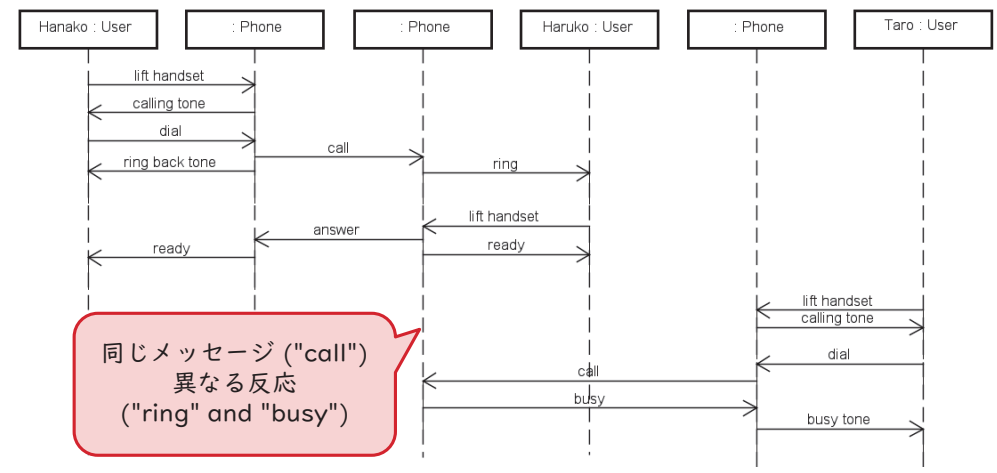
振舞いの定義

- 振舞いの例はメッセージのシーケンスで示すことができる
- 一般的な振舞いをどのように表すか?
 - 一般的な振舞いを表すためには、振舞いを定義できるものを記述する必要がある
 - 何が振舞いを定義するのか?
 - メッセージがオブジェクトに送られても、オブジェクトの振舞いは決まらない
 - なぜなら、その反応には様々なバリエーションがあるから
 - シーケンス図はひとつのあり得る例を示しているだけ

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

14

振舞いの例示

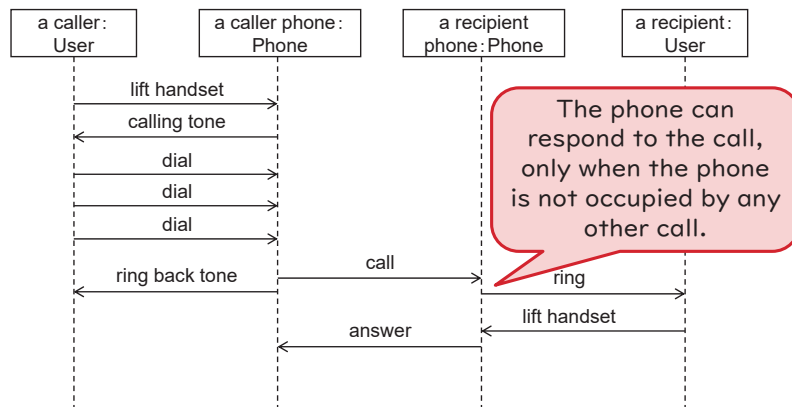


Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

16

Object and its state

- An object may change the behavior dependent on its "state".



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

17

State machine diagram

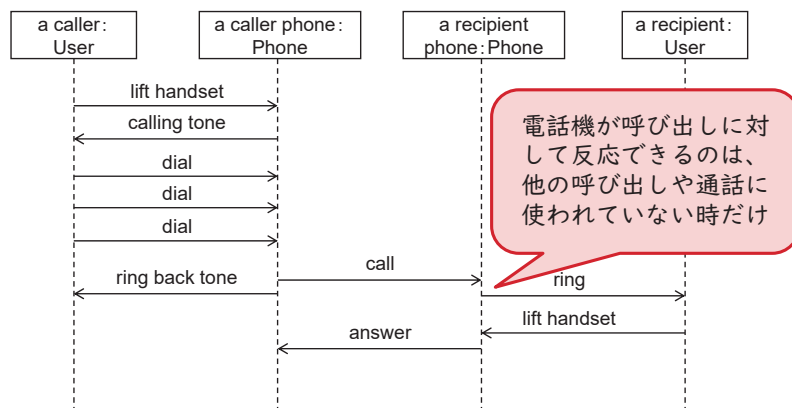
- It describes the behavior of a target entity as a finite state machine.
- Finite states and transitions between them.

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

19

オブジェクトと状態

- オブジェクトはその「状態」に依存して振舞いを変える



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

18

ステートマシン図

- ステートマシン図は、対象の振舞いを 有限状態機械 として表現する
- 有限個の状態と、その間の遷移

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

20

State and transition

- State : a condition that an entity (system, e.g.) meets at runtime, or a status (situation) that the entity may be in its lifetime.
 - Ex. "idle", "active", "calling", "checking", ...
 - doing something, waiting for the next event, ...
- Transition : a movement from one state to another.

状態と遷移

- 状態：実体(システム等)が実行時に満たす条件や取り得る形態・状況
 - 例. "アイドル", "アクティブ", "呼び出し中", "チェック中", ...
 - 何かをしている、次の出来事を待っている、...
- 遷移：ある状態から他の状態へ移ること

State and transition (Cont.)

- A state transition may be triggered by the occurrence of an event.
 - An occurrence of an event is called "event" in state machines.
 - An event triggers a transition is called "trigger" in state machines.
- The next state is determined by the combination of the current state and the triggering event.

状態と遷移 (Cont.)

- 状態は、何らかの出来事が発生するとそれが引き金となって他の状態に変わる、つまり遷移が起こることがある
 - このような出来事の発生をイベントと呼ぶ
 - 遷移を引き起こすイベントをトリガと呼ぶ
- 次の状態は、現在の状態とトリガとなるイベントの組合せで決まる

State machine diagram

- describes states and transitions between them.



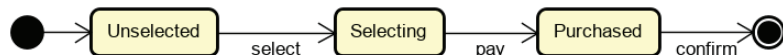
※Generally, this kind of diagram is called as "state diagram", "state-transition diagram", and "state chart."
In UML 1.x, this diagram is called as "state chart diagram."

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

25

ステートマシン図

- 状態とその間の遷移を表現する



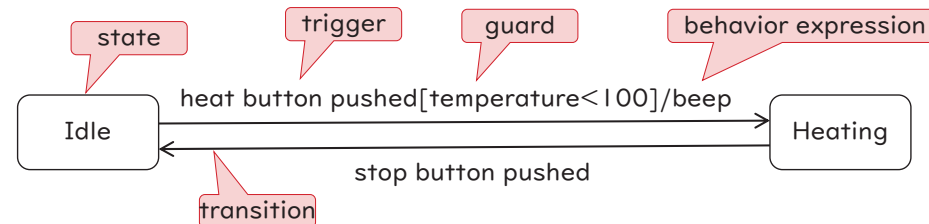
※一般的にこのような図は、「状態図」、「状態-遷移図」、あるいは「ステートチャート」とも呼ばれたりする。
UML 1.x ではこの図は「ステートチャート図」と呼ばれていた。

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

26

Notation

- State: rounded rectangle. The name of the state is shown in the rectangle.
- Transition: arrow connecting states.



When an event that triggers the transition occurs and the guard condition is true at that time, the transition is taken.

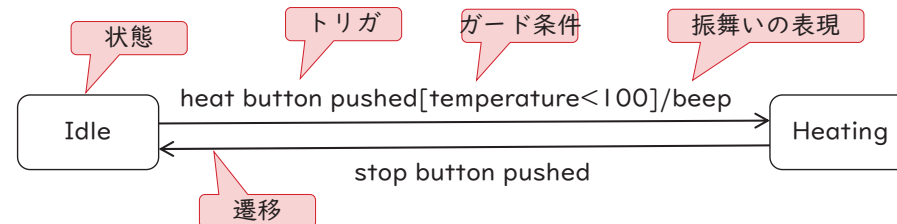
If a transition label has no trigger signature and has a guard, the transition is taken when the guard condition becomes true.

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

27

記法

- 状態: 角丸四角形. 状態名が角丸四角形の中に示される
- 遷移: 状態を結ぶ矢印



遷移を引き起こすトリガが起こり、かつガード条件が真の場合に、遷移が実行される。

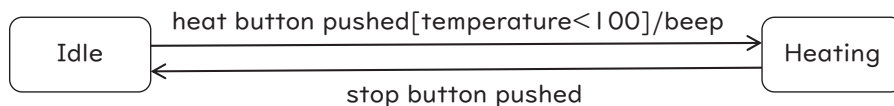
もし遷移にトリガがなくガード条件だけ示されていた場合には、ガード条件が真になった時に遷移が実行される。

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

28

Transition label

- three parts; all are optional
trigger[guard]/behavior expression
 - trigger: usually a single event that triggers a potential change of state
 - Most transitions have triggers.
 - guard: a Boolean condition. If true, the transition is taken.
 - behavior expression : a behavior that is executed if and when the transition fires.



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

29

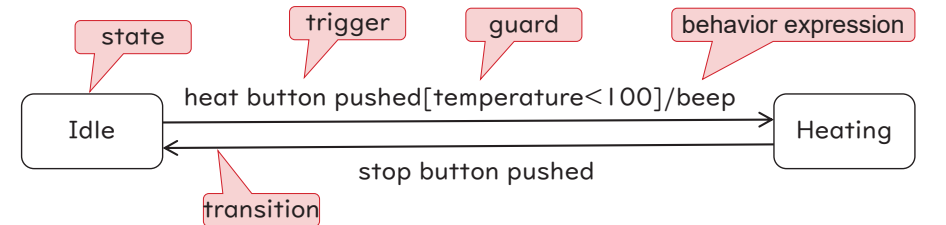
遷移上のラベル

- 3つの部分から成る; すべてオプション
トリガ[ガード条件]/振舞いの表現
 - トリガ: 通常は状態の変化を引き起こす1つのイベント
 - ほとんどの遷移はトリガを持つ
 - ガード条件: 真偽値が決まる条件。真の場合に遷移が行われる
 - 振舞いの表現: 遷移が発火した際に行われる振舞い

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

30

Semantics



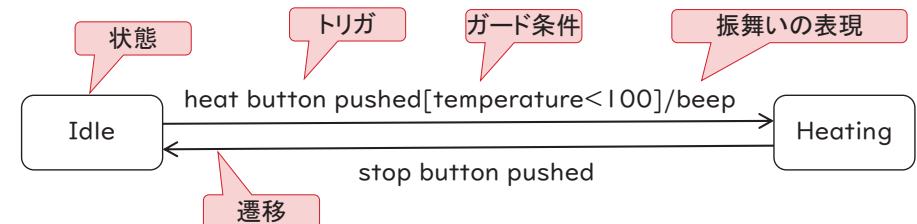
When an event that triggers the transition occurs and the guard condition is true at that time, the transition is taken.

If a transition label has no trigger signature and has a guard, the transition is taken when the guard condition becomes true.

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

31

意味論



遷移を引き起こすトリガが起こり、かつガード条件が真の場合に、遷移が実行される。

もし遷移にトリガがなくガード条件だけ示されていた場合には、ガード条件が真になった時に遷移が実行される。

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

32

Special states

- Initial pseudostate : indicates the point where the behavior starts.



- It is not a state; the state pointed by the arrow coming from the initial pseudostate is the initial state
- Final state : indicates that the behavior described by the state machine is completed



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

33

特別な状態

- 初期疑似状態：どこから振舞いが始まるかを示す



- これ自体は状態ではない。初期疑似状態からの矢印が指し示す先が初期状態であることを示すための、疑似状態 (状態ではないので、ここに留まることはない)
- 最終状態：状態機械が記述する振舞いが完了することを示す。これ以上の遷移は起こらない



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

34

Notation



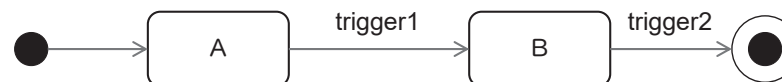
Don't forget to draw an initial pseudostate! We always need an initial state.

You don't have to draw a final state, if it is not necessary. A final state means "termination". It may imply the deletion of the object. Some objects never terminate.

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

35

記法



初期疑似状態は必ず記述すること。振舞いを示すために、初期状態は必ず必要となるため、それを示す初期疑似状態の記述は必須である。

一方で、最終状態は必要がなければ書かなくて良い。最終状態は、「終了・停止」を意味する。オブジェクトの削除を暗示するかもしれない。終了しないオブジェクトもある。

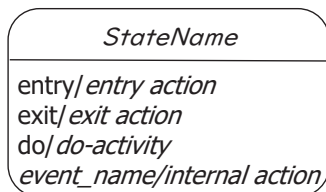
Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

36

Action, activity and state

- A state may have actions and activities.

Notation



entry action : An optional behavior that is executed whenever this state is entered regardless of the transition taken to reach the state.

exit action : An optional behavior that is executed whenever this state is exited regardless of which transition was taken out of the state.

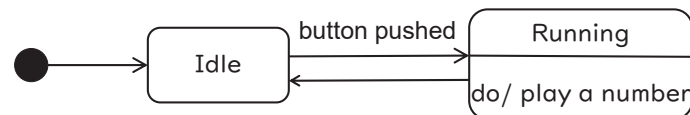
do-activity : An optional behavior that is executed while being in the state. The execution starts when this state is entered and stops either by itself or when the state is exited, whichever comes first.

internal action: An optional behavior that is executed when the event shown as a label occurs.

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

37

Example



If there is a transition without triggers nor conditions from a state with a do-activity, the transition is taken when the do-activity ends.

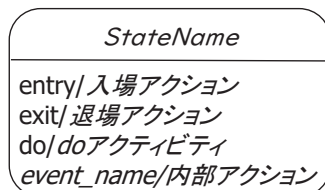
Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

39

アクション、アクティビティと状態

- 状態は、アクション、アクティビティを持つことがある

記法



入場アクション : どこを通して入ったかに関わらず、その状態に入った時には必ず実行される振舞い。これを持つかどうかはオプション

退場アクション : どこを通して出るかに関わらず、その状態を出る時に必ず実行される振舞い。これを持つかどうかはオプション。

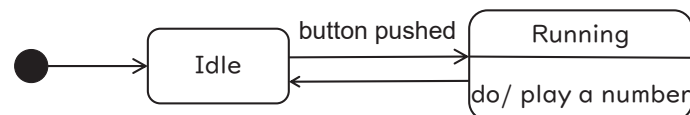
doアクティビティ : その状態にいる間実行される振舞い。オプション。この状態に入った時に実行が開始される。アクティビティの終了は、アクティビティが自分自身で終了するか、あるいは状態を出るか、そのどちらか先に到達した時にアクティビティが終了する。

内部アクション : ラベルとして示されるイベントが起こった時に実行される振舞い。オプション。

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

38

Example



doアクティビティを持つ状態から出る遷移がトリガも状態も持っていない場合は、doアクティビティが終了するとその遷移が起こる。

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

40

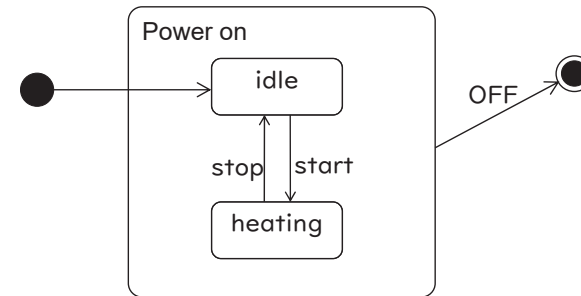
Composite state

- A composite state contains state transitions inside of itself.
- A composite state contains one region or is decomposed into two or more orthogonal regions.
 - if two or more orthogonal regions: each region runs concurrently.

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

41

Composite state with one region (1/2)



The states of "idle" and "heating" are exclusive.
The machine cannot be both in "idle" and "heating" states at the same time.

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

43

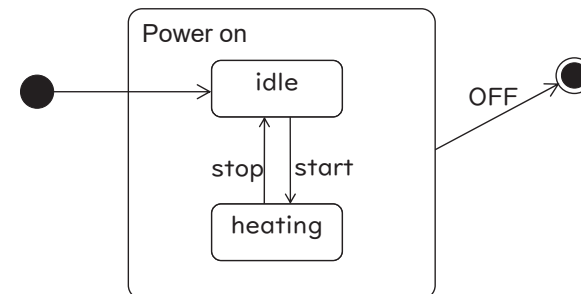
複合状態

- 複合状態は、内部に状態遷移を持つ状態
- 複合状態の内部には、ひとつの領域があるか、あるいは2つ以上の直行する領域がある
 - もし、2つ以上の直行する領域があるなら、それぞれは並行に実行される

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

42

内部が1つの領域の複合状態 (1/2)



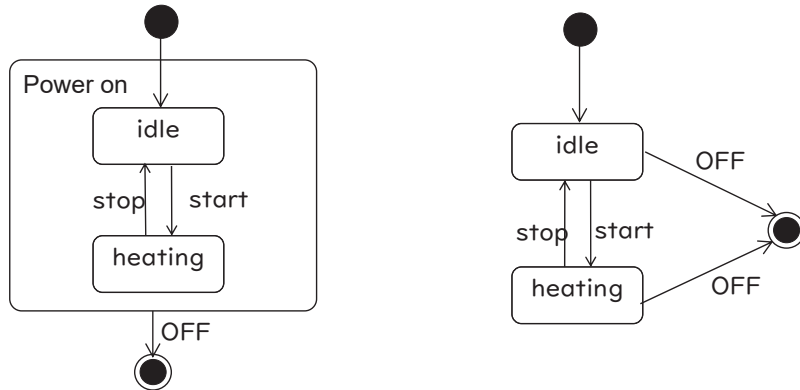
"idle" and "heating" は排他的な状態。
つまり、この状態機械の状態が、同時に
"idle" であり"heating"であるということはない。

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

44

Composite state with one region (2/2)

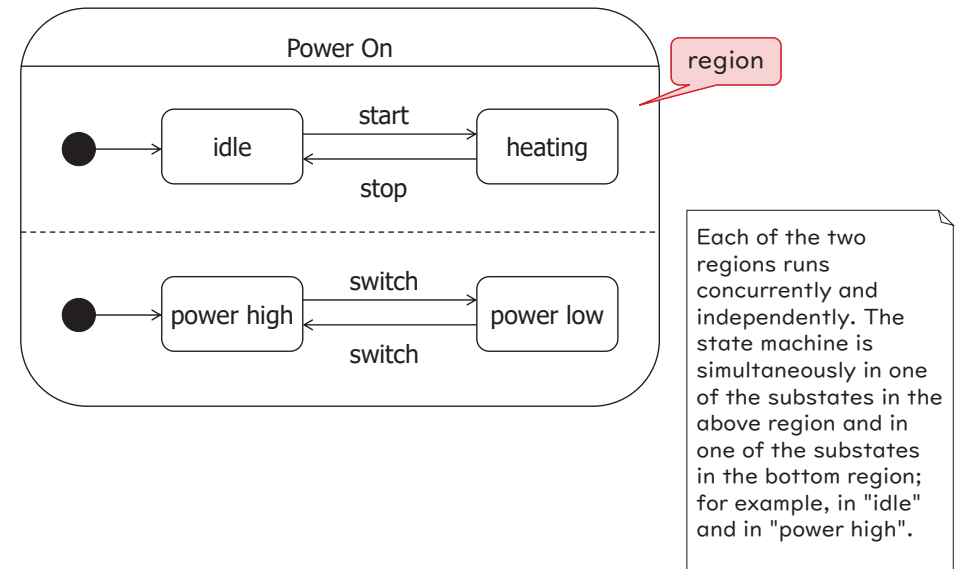
- Using composite state, we can reduce the number of transitions in a diagram.
 - below, right, and left show the same state transitions.



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

45

Composite state with regions (1/2)

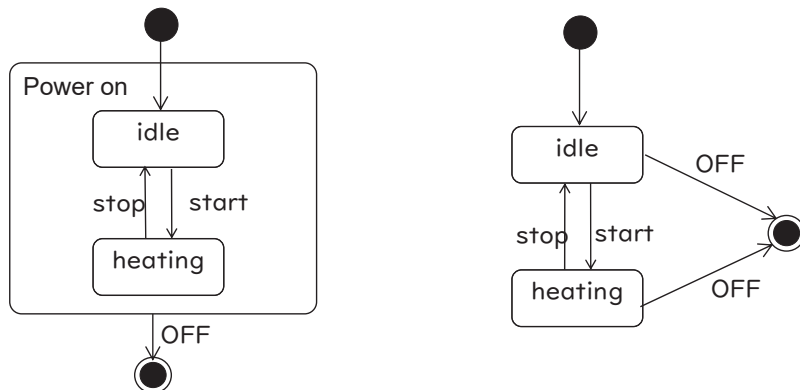


Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

47

内部が1つの領域の複合状態 (2/2)

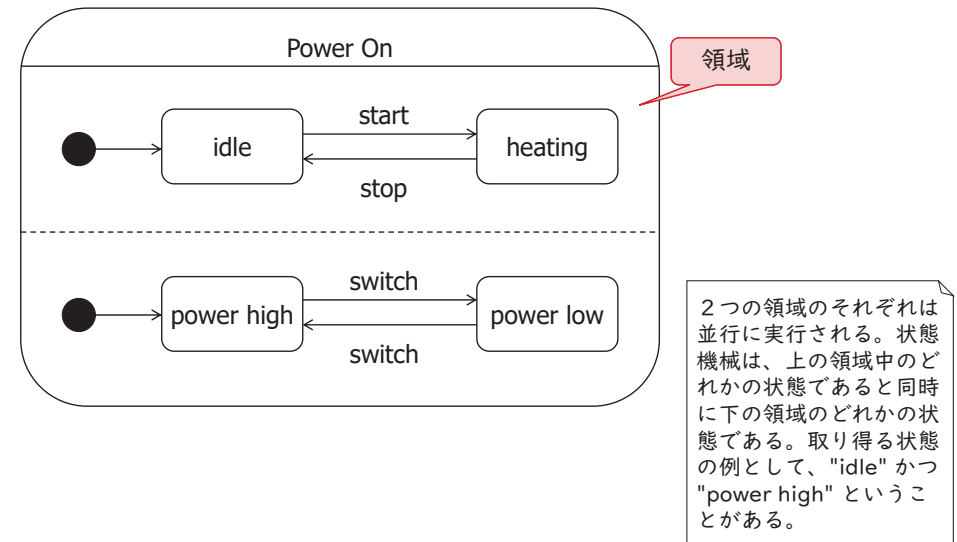
- 複合状態を使うと、図中の遷移の数を減らすことができる
 - 下の左右の図は同じ状態遷移を表現している



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

46

内部に複数の領域を持つ複合状態(1/2)

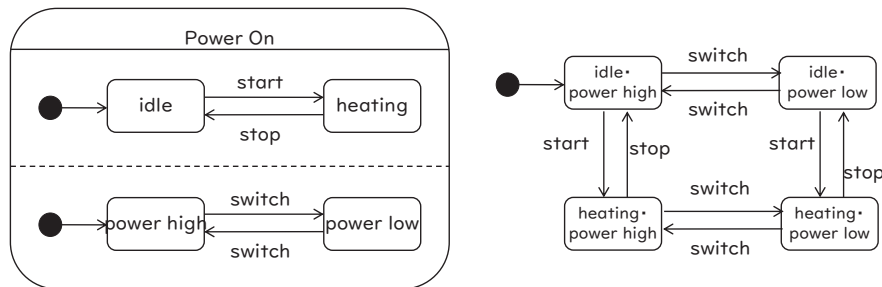


Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

48

Composite state with regions (2/2)

- Using multiple regions, we can reduce the number of states and transitions in a diagram.
- below, right, and left show the same state transitions.



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

49

State and transition (again)

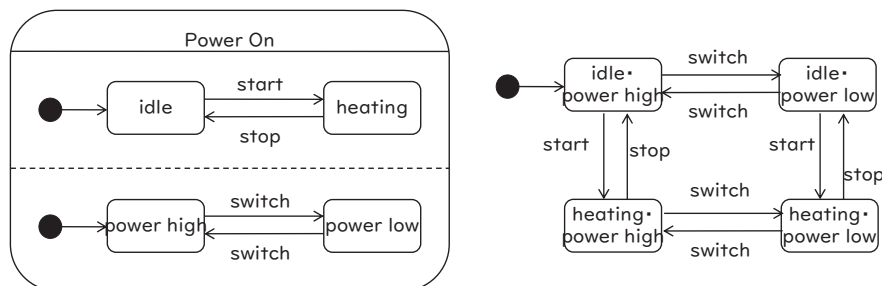
- A state machine diagram shows transitions between states; it shows the change of states.
- A system described by a state machine diagram stays in one of the states that are shown in the diagram.
- It is impossible that the system is not in any state shown in the diagram; the system cannot be in transitions.

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

51

内部に複数の領域を持つ複合状態 (2/2)

- 複数の領域を用いることで、図中の状態の数と遷移の数の両方を減らすことができる
- 下の左右の図は、同じ状態遷移を表現している



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

50

状態と遷移 (再度)

- ステートマシン図は状態の遷移を示す。つまりそれは状態の変化(移り変わり)を示している
- ステートマシン図で記述されるシステムは、その図中に示される状態のいずれかの状態にいる
- 図中のどの状態でもない、ということは不可能である。つまり、システムは遷移中であるということとはできない

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

52

When to use this diagram

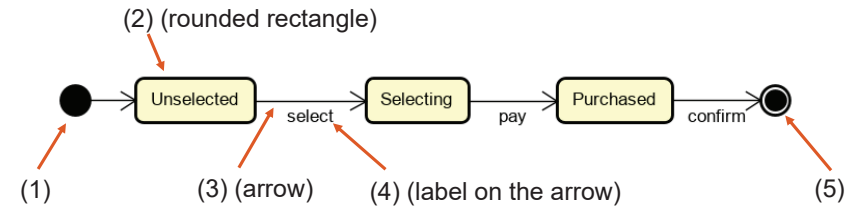
- State machine diagrams are good at describing the behavior of an object in several different situations; they can define the behavior of an object.
- State machine diagrams are not very good at describing behavior that involves a number of objects collaborating.
 - In such case, combine state machine diagrams with other techniques.
 - For example, ...

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

53

For your review (cont.)

- What is this? Answer the name of symbols.



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

55

いつこの図を使うか

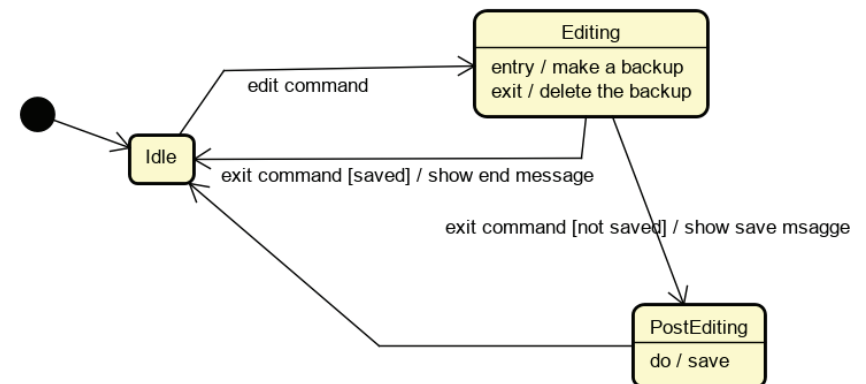
- ステートマシン図は、様々な状況におけるオブジェクトの振舞いを表現することに優れている。ステートマシン図を使って、オブジェクトの振舞いを「定義」することができる
- 一方で、ステートマシン図は、協調する複数のオブジェクトの振舞いを表現することは苦手である
 - そのような場合には、ステートマシン図に別の技術を合わせて用いれば良い
 - たとえば ...

Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

54

For your review

- Answer the questions about the figure.



Copyright© Natsuko NODA, 2014-2024

56

For your review (cont.)

- What is this diagram called? (What is this?)
- Which state is the initial state of the system described by this diagram?
- In this diagram, no final state is shown. Is it OK? If not, show one example with a final state.
- The current state is "Editing", and "not saved" yet. If an "exit command" occurs, which is the next state? And list the actions and activities to be executed till the system reaches "Idle" in the order of execution.

復習のために

- (この前の4ページは理解の確認をするための復習問題です。簡単な英語で表現されていますので、日本語訳は省略します。英語の理解にもトライしてみましょう。)

For your review

- Describe the following behavior of "fan" using an appropriate diagram.
 - When the start button is pushed, the fan starts running.
 - If the fan is running and the stop button is pushed, the fan stops.
- Describe the behavior of air conditioners.