

ソフトウェア工学 第4回

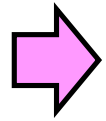
— 構造化分析 —

大連理工大学・立命館大学 国際情報ソフトウェア学部

大森 隆行

講義内容

■ 構造化分析



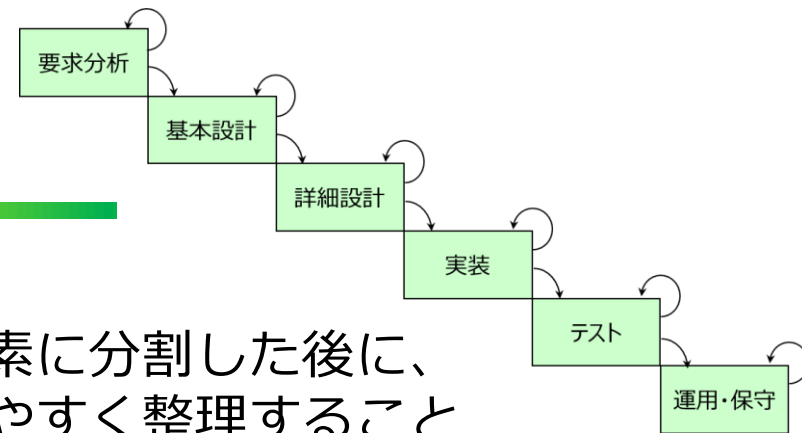
■ 概説

■ DFD

■ ER図

■ 状態遷移図

構造化関連の用語



■ 構造化

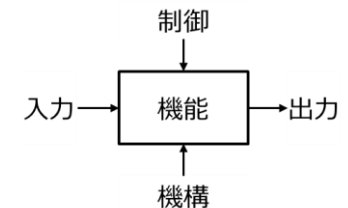
- 大きな問題をたくさんの小さな要素に分割した後に、それらの要素の間の関係を分かりやすく整理すること

■ 構造化分析 (Structured Analysis)

- データフロー図、データ辞書、プロセス仕様書等を用いて、システムを段階的に詳細化しつつ要求仕様書を作成する技法
 - ソフトウェアの機能に着目
- 構造化設計と呼ぶこともある
(要求分析でなく設計の一部とみなす考え方もある)

■ 構造化分析設計技法 (SADT: Structured Analysis and Design Technique)

- SAに加えて、分析結果を解釈するための図的表現を導入



■ 構造化プログラミング (Structured Programming)

- 構造化定理に基づき、プログラムを接続・選択・反復という構造で表現する → 実装の回(第9回)で紹介

構造化分析

- システムを段階的に詳細化しつつ要求仕様書を作成する技法
- 以下のような図式表現を使用
 - **データフロー図** (DFD: data flow diagram)
 - システム内部のデータの流れを図示したもの
 - 複数のプロセスとその間を流れるデータを図示
 - プロセス仕様書 (process spec)
 - プロセスの基本処理の内容を表現
 - データ辞書 (data dictionary)
 - データ項目間の関係や構造を表現
 - **実体関連図** (ER図: entity relationship diagram)
 - データの構造やデータ間の関係を実体と関連により表現
 - **状態遷移図** (state-chart diagram)
 - イベントによる状態や動作の変化を表現

確認問題

- 以下は構造化分析において使用される図の説明である。それぞれの図についての説明か答えよ。
 - データの構造やデータ間の関係を実体と関連により表現
 - イベントによる状態や動作の変化を表現
 - システム内部のデータの流れを表現



講義内容

■ 構造化分析

- 概説

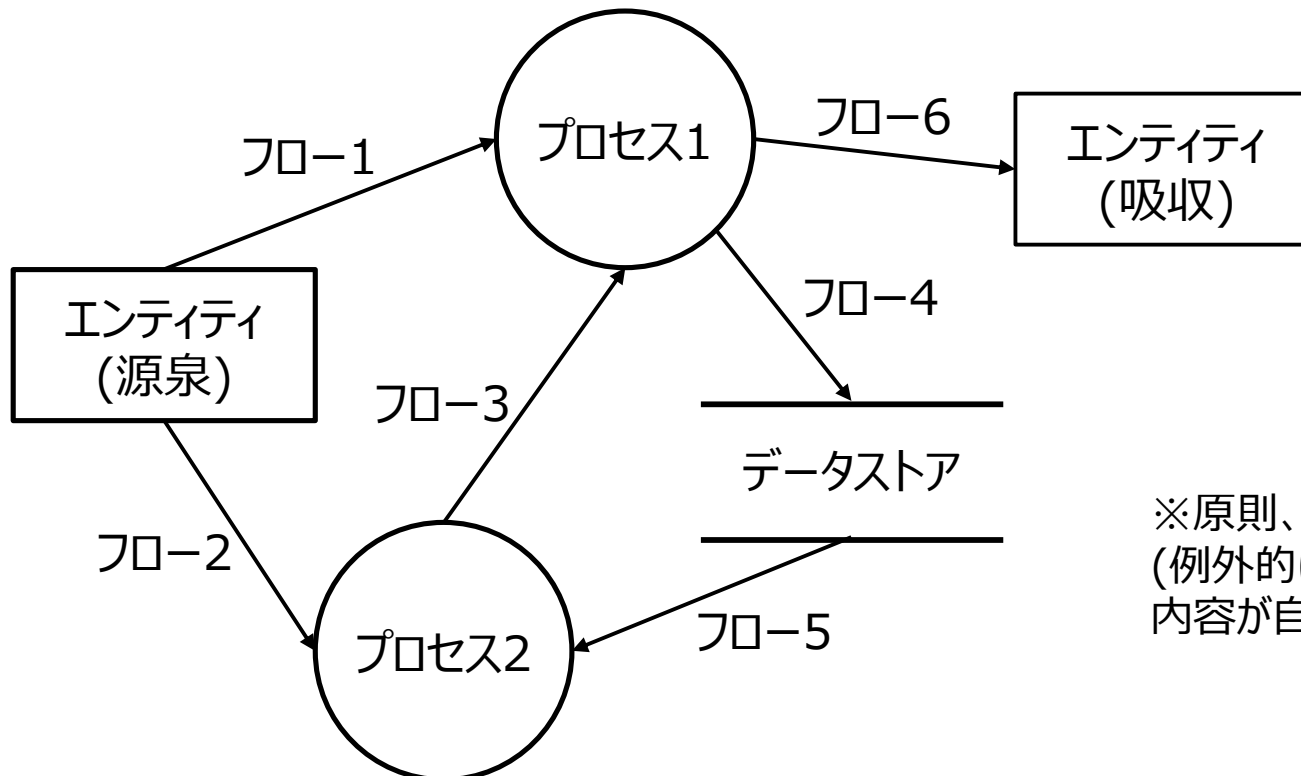
- ➡ ■ DFD

- ER図

- 状態遷移図

データフロー図

- プロセス (process)
 - フロー (flow)
 - データストア (data store)
 - エンティティ (entity)
 - 源泉 (source) : データの発生元
 - 吸収 (sink) : データの最終的な行き先
- データの変換処理 別名 : バブル
 - データの流れ
 - = データの格納場所 別名 : ファイル
 - システム外部に存在する機器や人間等



※原則、すべての要素に名前を付ける
(例外的に、データストアへの入出力は
内容が自明ならば省略することがある。)

確認問題

- DFDに関する以下の各文の空欄を埋めよ。
 - (1)は円(楕円)で表現する。
 - (2)は矢印で表現する。
 - (3)は二重線で表現する。
 - (4)は長方形で表現する。
 - エンティティのうち、データの発生元は特に(5)と呼ぶ。
 - エンティティのうち、データの最終的な行き先は特に(6)と呼ぶ。

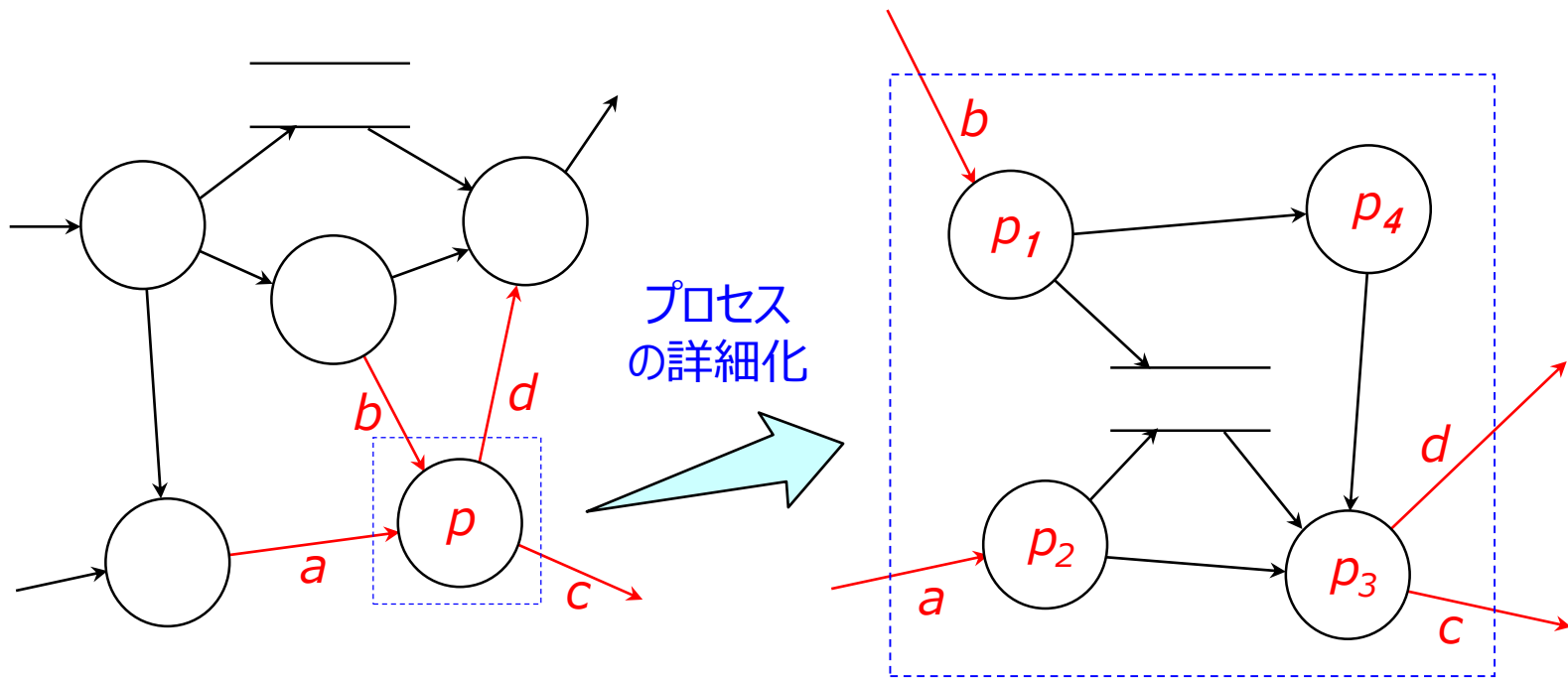


データフロー図の階層化

- コンテキスト図 (context diagram, 全体文脈図)
 - システム全体を1つのプロセスで表現
 - システムと外界(エンティティ)のデータのやり取りを表現
 - DFDの記述の出発点 (DFDレベル0：最も抽象的)
- 階層化の方法
 - プロセスの詳細化
 - プロセスの内部処理を詳細化 (DFDレベル1,2,3,...)
 - 1つのプロセスを複数のプロセスに分割
 - 分割後のプロセス間のデータの流れを記述
 - データの詳細化(分割)
 - 1つのデータ(フロー)を複数のデータ(フロー)に分割

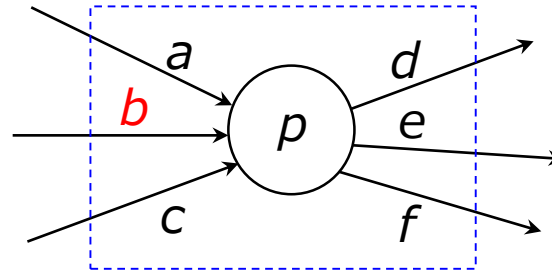
プロセスの詳細化

- プロセスの入出力フローは詳細化の前後で同一でなければならない (データの詳細化は可)

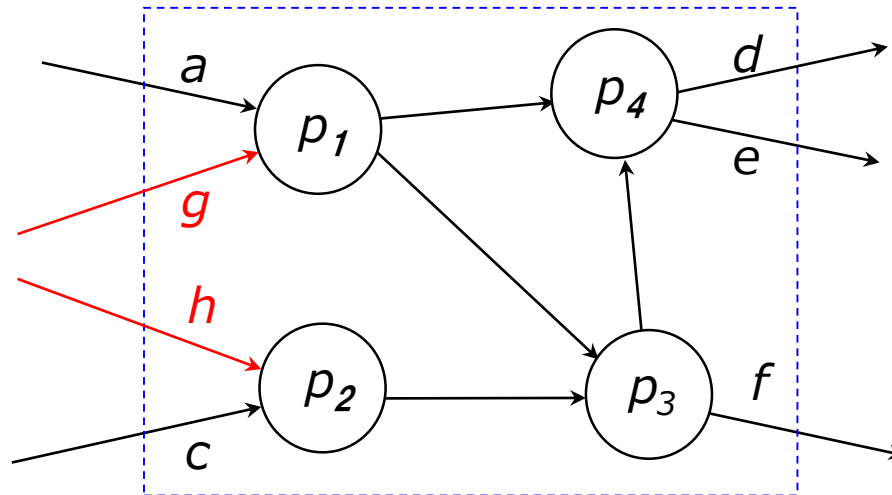


プロセス p は p_1, p_2, p_3, p_4 に分割できる

プロセスの詳細化



データディクショナリで
 $b = g + h$
と定義されていれば、
このように分割できる



DFDの主な規則・制約

- フローはデータの流のみを表現する
 - 制御の流れ、タイミング、時間的順序、条件選択などは記述不可
- プロセスには1つ以上の入力フローと1つ以上の出力フローが必須
 - プロセスの役割は入力から出力への変換
- データフローの入出力の間の対応関係は表現できない
 - どの入力フローがどの出力フローにつながるのか不明確
→ 表現したければプロセスを適切に分割する
- 起こりうる全てのデータの流を記述する
 - 特定条件での区別は不可

例題：ネット販売業務の要求記述

(出典：高橋、丸山「ソフトウェア工学」森北出版)

- 注文者は、事前に注文者情報を新規に登録する必要がある。注文者情報とは、注文者の氏名、住所、電話番号、初期パスワードを合わせたデータをいう。新規登録において、会員管理係は、注文者情報を受け取ると、その注文者がすでに会員であるかを検査する。もし会員でなかったら、会員番号を発行し、注文者情報とともに会員情報ファイルに登録する。
- 注文者は、会員情報を変更することができる。その際、注文者は会員管理係にログイン情報を送付して、会員認証に成功していなければならない。ログイン情報とは、注文者の会員番号とパスワードを合わせたデータをいう。
- 注文受付係は、注文者から受け取ったログイン情報により会員認証を行う。会員認証に成功した注文者だけが商品の検索や注文ができる。
- 注文受付係は、注文者から商品検索キーを受け取ると、商品管理ファイル内部の商品より該当する商品を検索し、それら商品一覧を注文者に返送する。
- 注文者は、注文受付係に注文情報を送ることで希望する商品を注文することができる。
- 注文受付係は、注文情報を受け取ると、その注文に関する支払完了通知メッセージの到着を待つ。注文者が商品の購入代金を料金係に支払うと、料金係は支払完了通知メッセージを注文受付係に送る。
- 注文受付係は、支払完了通知メッセージを受け取ると、それに該当する商品の発送情報を商品管理係に送る。
- 商品管理係は、発送情報を受け取ると、倉庫係に発送依頼メッセージを送る。
- 倉庫係は、発送依頼メッセージを受け取ると、注文者に商品を送付する。
- 商品管理係は、倉庫係から商品管理情報を適時受け取り、商品管理ファイルに格納する。商品管理情報には、取扱商品情報や、それらの商品の入庫情報および出庫情報が含まれる。

例題：ネット販売業務の要求記述 — DFD構成要素の識別

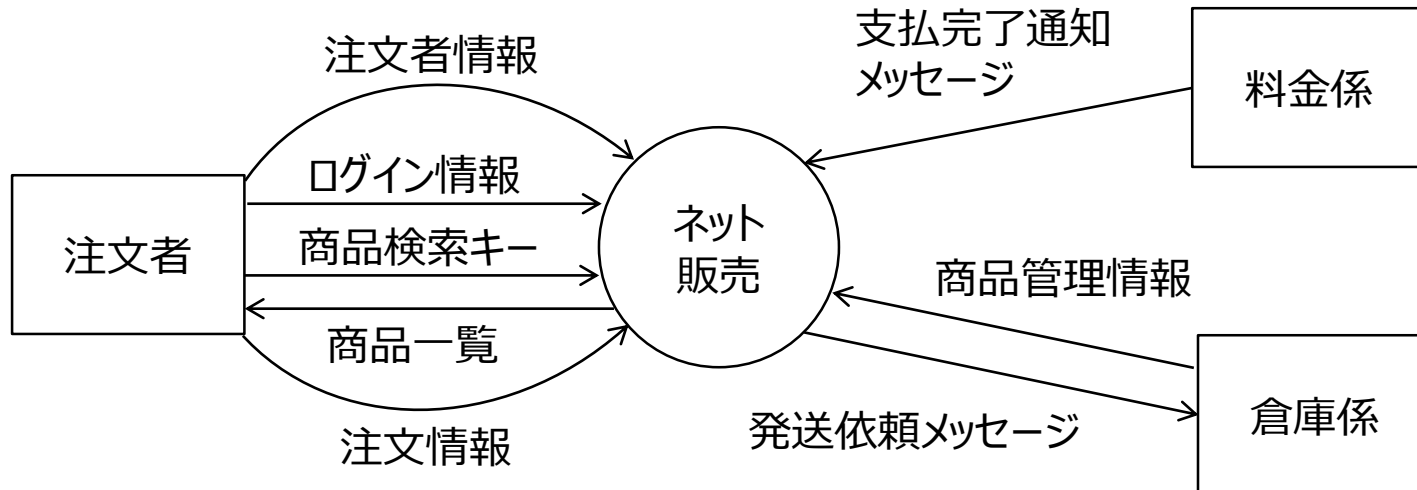
- **注文者**は、事前に**注文者情報**を新規に登録する必要がある。**注文者情報**とは、注文者の**氏名**、**住所**、**電話番号**、**初期パスワード**を合わせたデータをいう。新規登録において、**会員管理係**は、**注文者情報**を受け取ると、その注文者がすでに会員であるかを検査する。もし会員でなかったら、**会員番号**を発行し、**注文者情報**とともに**会員情報ファイル**に登録する。
- **注文者**は、**会員情報**を変更することができる。その際、**注文者**は**会員管理係**に**ログイン情報**を送付して、会員認証に成功していなければならない。**ログイン情報**とは、注文者の**会員番号**と**パスワード**を合わせたデータをいう。
- **注文受付係**は、**注文者**から受け取った**ログイン情報**により会員認証を行う。会員認証に成功した**注文者**だけが商品の検索や注文ができる。
- **注文受付係**は、**注文者**から**商品検索キー**を受け取ると、**商品管理ファイル**内部の商品より該当する商品を検索し、それら**商品一覧**を**注文者**に返送する。
- **注文者**は、**注文受付係**に**注文情報**を送ることで希望する商品を注文することができる。
- **注文受付係**は、**注文情報**を受け取ると、その注文に関する**支払完了通知メッセージ**の到着を待つ。**注文者**が商品の購入代金を**料金係**に支払うと、**料金係**は**支払完了通知メッセージ**を**注文受付係**に送る。
- **注文受付係**は、**支払完了通知メッセージ**を受け取ると、それに該当する商品の**発送情報**を**商品管理係**に送る。
- **商品管理係**は、**発送情報**を受け取ると、**倉庫係**に**発送依頼メッセージ**を送る。
- **倉庫係**は、**発送依頼メッセージ**を受け取ると、**注文者**に商品を送付する。
- **商品管理係**は、**倉庫係**から**商品管理情報**を適時受け取り、**商品管理ファイル**に格納する。**商品管理情報**には、**取扱商品情報**や、それらの商品の**入庫情報**および**出庫情報**が含まれる。

例題：ネット販売業務の要求記述 — エンティティの入出力識別

- **注文者**は、事前に**注文者情報**を新規に登録する必要がある。**注文者情報**とは、注文者の**氏名**、**住所**、**電話番号**、**初期パスワード**を合わせたデータをいう。新規登録において、**会員管理係**は、**注文者情報**を受け取ると、その注文者がすでに会員であるかを検査する。もし会員でなかったら、**会員番号**を発行し、**注文者情報**とともに**会員情報ファイル**に登録する。
- **注文者**は、**会員情報**を変更することができる。その際、**注文者**は**会員管理係**に**ログイン情報**を送付して、会員認証に成功していなければならない。**ログイン情報**とは、注文者の**会員番号**と**パスワード**を合わせたデータをいう。
- **注文受付係**は、**注文者**から受け取った**ログイン情報**により会員認証を行う。会員認証に成功した**注文者**だけが商品の検索や注文ができる。
- **注文受付係**は、**注文者**から**商品検索キー**を受け取ると、**商品管理ファイル**内部の商品より該当する商品を検索し、それら**商品一覧**を**注文者**に返送する。
- **注文者**は、**注文受付係**に**注文情報**を送ることで希望する商品を注文することができる。
- **注文受付係**は、**注文情報**を受け取ると、その注文に関する**支払完了通知メッセージ**の到着を待つ。**注文者**が商品の購入代金を**料金係**に支払うと、**料金係**は**支払完了通知メッセージ**を**注文受付係**に送る。
- **注文受付係**は、**支払完了通知メッセージ**を受け取ると、それに該当する商品の**発送情報**を**商品管理係**に送る。
- **商品管理係**は、**発送情報**を受け取ると、**倉庫係**に**発送依頼メッセージ**を送る。
- **倉庫係**は、**発送依頼メッセージ**を受け取ると、**注文者**に商品を送付する。
- **商品管理係**は、**倉庫係**から**商品管理情報**を適時受け取り、**商品管理ファイル**に格納する。**商品管理情報**には、**取扱商品情報**や、それらの商品の**入庫情報**および**出庫情報**が含まれる。

■ コンテキスト図 (DFD レベル0)

- **注文者**は、事前に**注文者情報**を新規に登録する必要がある。**注文者情報**とは、注文者の氏名、住所、電話番号、初期パスワードを合わせたデータをいう。新規登録において、**会員管理係**は、**注文者情報**を受け取り、その注文者がすでに会員であるかを検査する。もし会員でなかったら、**会員番号**を発行し、**注文者情報**とともに**会員情報ファイル**に登録する。
- **注文者**は、**会員情報**を変更することができる。その際、**注文者**は**会員管理係**に**ログイン情報**を送付して、会員認証に成功していなければならない。**ログイン情報**とは、注文者の**会員番号**と**パスワード**を合わせたデータをいう。
- **注文受付係**は、**注文者**から受け取った**ログイン情報**により会員認証を行う。会員認証に成功した**注文者**だけが商品の検索や注文ができる。
- **注文受付係**は、**注文者**から**商品検索キー**を受け取ると、**商品管理ファイル**内部の商品より該当する商品を検索し、それら**商品一覧**を**注文者**に返送する。
- **注文者**は、**注文受付係**に**注文情報**を送ることで希望する商品を注文することができる。
- **注文受付係**は、**注文情報**を受け取ると、その注文に関する**支払完了通知メッセージ**の到着を待つ。**注文者**が商品の購入代金を**料金係**に支払うと、**料金係**は**支払完了通知メッセージ**を**注文受付係**に送る。
- **注文受付係**は、**支払完了通知メッセージ**を受け取ると、それに該当する商品の**発送情報**を**商品管理係**に送る。
- **商品管理係**は、**発送情報**を受け取ると、**倉庫係**に**発送依頼メッセージ**を送る。
- **倉庫係**は、**発送依頼メッセージ**を受け取ると、**注文者**に商品を送付する。
- **商品管理係**は、**倉庫係**から**商品管理情報**を適時受け取り、**商品管理ファイル**に格納する。**商品管理情報**には、**取扱商品情報**や、それらの商品の**入庫情報**および**出庫情報**が含まれる。



例題：ネット販売業務の要求記述 ― レベル1DFDのプロセスの入出力

- **注文者**は、事前に**注文者情報**を新規に登録する必要がある。**注文者情報**とは、注文者の**氏名**、**住所**、**電話番号**、**初期パスワード**を合わせたデータをいう。新規登録において、**会員管理係**は、**注文者情報を受け取る**と、その注文者がすでに会員であるかを検査する。もし会員でなかったら、**会員番号**を発行し、**注文者情報**とともに**会員情報ファイル**に登録する。
- **注文者**は、**会員情報**を変更することができる。その際、**注文者**は**会員管理係**に**ログイン情報**を送付して、会員認証に成功していなければならない。**ログイン情報**とは、注文者の**会員番号**と**パスワード**を合わせたデータをいう。
- **注文受付係**は、**注文者**から受け取った**ログイン情報**により会員認証を行う。会員認証に成功した**注文者**だけが商品の検索や注文ができる。
- **注文受付係**は、**注文者**から**商品検索キー**を受け取ると、**商品管理ファイル**内部の商品より該当する商品を検索し、それら**商品一覧**を**注文者**に返送する。
- **注文者**は、**注文受付係**に**注文情報**を送ることで希望する商品を注文することができる。
- **注文受付係**は、**注文情報**を受け取ると、その注文に関する**支払完了通知メッセージ**の到着を待つ。**注文者**が商品の購入代金を**料金係**に支払うと、**料金係**は**支払完了通知メッセージ**を**注文受付係**に送る。
- **注文受付係**は、**支払完了通知メッセージ**を受け取ると、それに該当する商品の**発送情報**を**商品管理係**に送る。
- **商品管理係**は、**発送情報**を受け取ると、**倉庫係**に**発送依頼メッセージ**を送る。
- **倉庫係**は、**発送依頼メッセージ**を受け取ると、**注文者**に商品を送付する。
- **商品管理係**は、**倉庫係**から**商品管理情報**を適時受け取り、**商品管理ファイル**に格納する。**商品管理情報**には、**取扱商品情報**や、それらの商品の**入庫情報**および**出庫情報**が含まれる。

例題：ネット販売業務の要求記述

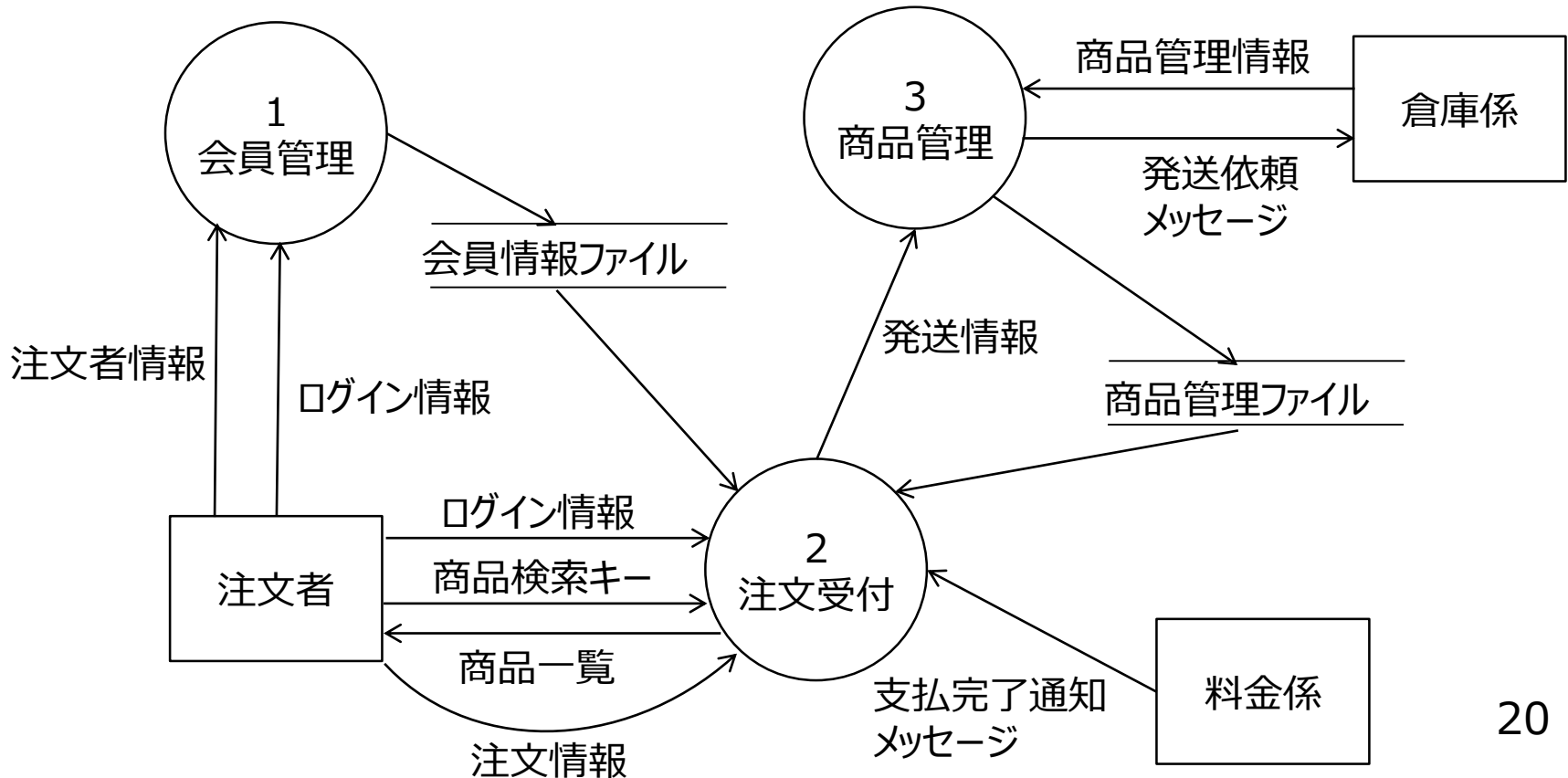
不足している語句を補う

文を分割
(明示されていない要求あり)

- 1. 会員管理係は、注文者情報を注文者から受け取る
- 2. 会員管理係は、会員情報ファイルに登録
- 3. 注文者は、会員管理係にログイン情報を送付
- 注文受付係は、注文者から受け取ったログイン情報により会員認証を行う
→ 4. 注文受付係は、注文者からログイン情報を受け取る
+ 5. 注文受付係は、会員情報ファイルの情報を参照し、認証を行う
- 6. 注文受付係は、注文者から商品検索キーを受け取る
- 7. 注文受付係は、商品管理ファイル内部の商品より該当する商品を検索
- 8. 注文受付係は、商品一覧を注文者に返送
- 9. 注文者は、注文受付係に注文情報を送る
- 10. 料金係は、支払完了通知メッセージを注文受付係に送る
- 11. 注文受付係は、発送情報を商品管理係に送る
- 12. 商品管理係は、倉庫係に発送依頼メッセージを送る
- 13. 商品管理係は、倉庫係から商品管理情報を適時受け取る
- 14. 商品管理係は、商品管理ファイルに格納

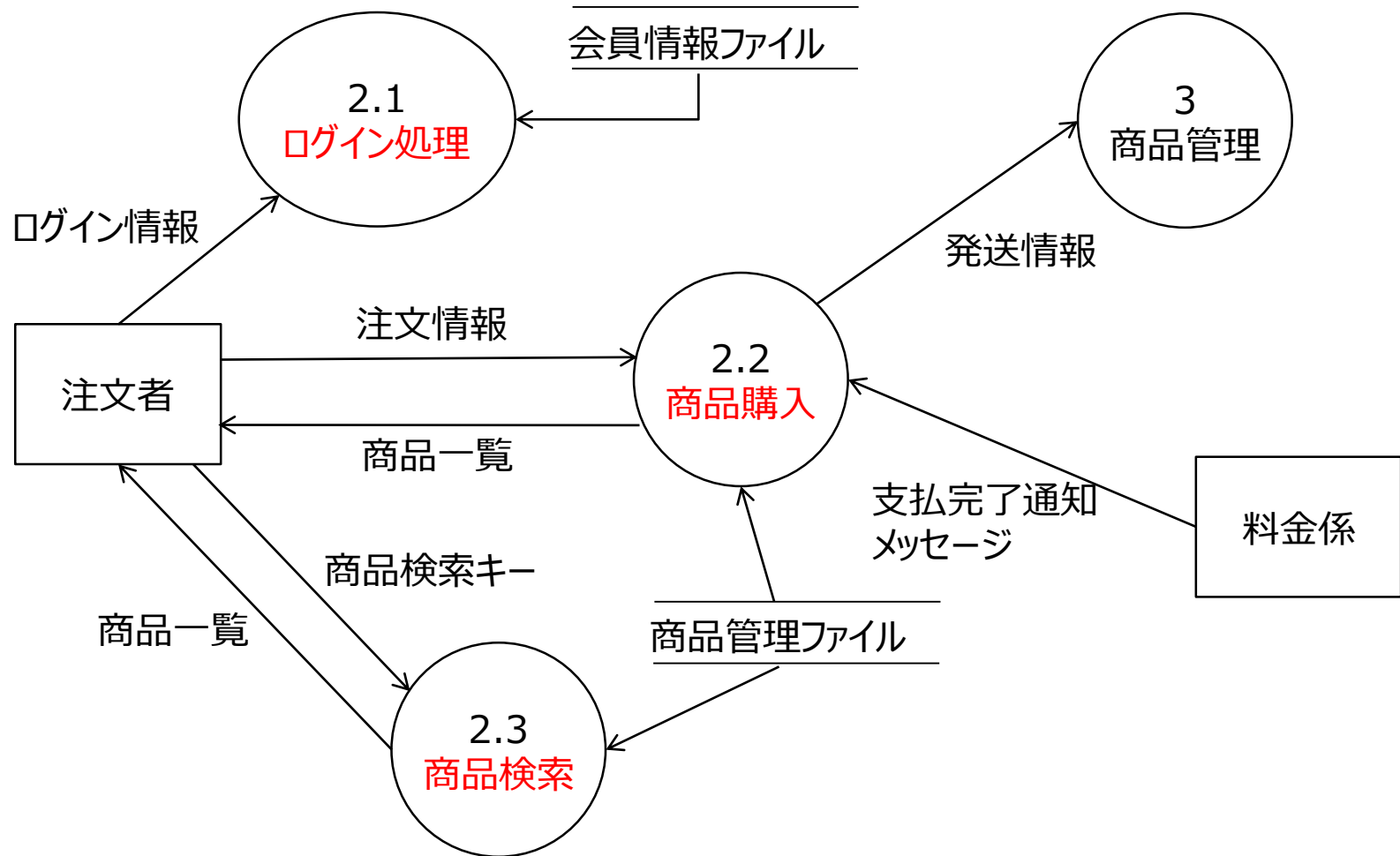
DFD レベル1

- 1. 会員管理係は、注文者情報を注文者から受け取る
- 2. 会員管理係は、会員情報ファイルに登録
- 3. 注文者は、会員管理係にログイン情報を送付
- 注文受付係は、注文者から受け取ったログイン情報により会員認証を行う
→ 4. 注文受付係は、注文者からログイン情報を受け取る
+ 5. 注文受付係は、会員情報ファイルの情報を参照し、認証を行う
- 6. 注文受付係は、注文者から商品検索キーを受け取る
- 7. 注文受付係は、商品管理ファイル内部の商品より該当する商品を検索
- 8. 注文受付係は、商品一覧を注文者に返送
- 9. 注文者は、注文受付係に注文情報を送る
- 10. 料金係は、支払完了通知メッセージを注文受付係に送る
- 11. 注文受付係は、発送情報を商品管理係に送る
- 12. 商品管理係は、倉庫係に発送依頼メッセージを送る
- 13. 商品管理係は、倉庫係から商品管理情報を適時受け取る
- 14. 商品管理係は、商品管理ファイルに格納



例題：ネット販売業務の要求記述

— 注文受付を詳細化したDFDのプロセスの入出力



- ・プロセスの番号が2.*なので、プロセス2を詳細化したものとわかる(慣例的にこのように番号を付ける)
- ・各プロセスは要求記述には明記されていない。

プロセス仕様 (process spec)

■ DFDの最下層のプロセスの処理内容を表現

■ 別名：ミニ仕様(mini spec)

■ 書式

■ 構造化言語：接続、選択、反復により機能を
手続き的に記述

■ 決定表(decision table)：特定の条件と、条件が成立
するときのシステムの動作の対応を表で表現

■ 計算式

接続：上から順に実行
選択：複数処理のうち
条件を満たすものを実行
反復：条件が満たされて
いる間繰り返す

条件A	F	T	F	T
条件B	F	F	T	T
処理1	X	-	X	-
処理2	-	X	X	-
...				

構造化言語による例

- 1 受け取った商品番号に該当する商品をカート情報から取得し、
以下のいずれかの処理を行う。
 - 1.1 もし、該当商品が見つかった場合、以下の処理を行う。
 - 1.1.1 該当商品の個数をカート情報から取得する。
 - 1.1.2 該当商品の個数を1つ増加する。
 - 1.1.3 新しい個数をカート情報に保存する。
 - 1.2 もし、該当商品が見つからなかった場合、以下の処理を行う。
 - 1.2.1 該当商品をカート情報に1つ登録する。
 - ...

データ辞書 (data dictionary)

■ DFDに出現するデータ項目間の関係や構造を表現

- 等価 : $a=b$ a は b に等しい
- 連接 : $a+b$ a と b からなる
- 選択 : $[a|b]$ a または b のどちらかである
- 任意 : (a) a はあってもなくてもよい
- 反復 : $\{a\}$ a を0回以上繰り返す
 - $m\{a\}n$ a を m 回以上かつ n 回以下繰り返す
 - $m\{a\}$ a を m 回以上繰り返す
 - $\{a\}n$ a を n 回以下繰り返す

例 : 注文者情報とは、注文者の氏名、住所、電話番号、初期パスワードを合わせたデータをいう。

⇒ 注文者情報 = 氏名 + 住所 + 電話番号 + 初期パスワード

初期パスワード = $4\{\text{英数字}\}8$

注文情報 = [商品選択情報|商品取消情報|商品確認情報|注文確定情報]

確認問題

- 以下の説明はDFDに関する用語の説明である。
それぞれの説明に当てはまる語を答えよ。
 - DFDのうち最も抽象的なもので、
システムと外界のデータのやり取りを表現する
 - DFDの最下層のプロセスの処理内容を表現する
 - DFDに出現するデータ項目間の関係や構造を表現する
- 以下の各文がDFDの説明として正しいかどうかを答えよ
 - フローによって制御の流れやタイミングを表現することができる
 - 入力フロー2個、出力フロー1個のプロセスは存在する可能性がある
 - 入力フロー1個、出力フロー0個のプロセスは存在する可能性がある
 - 発生する可能性のあるデータの流れすべてを記述する



講義内容

■ 構造化分析

- 概説

- DFD

- ➡ ■ ER図

- 状態遷移図

実体関連図 (ER図; entity relationship diagram)

■ データ構造やデータ間の関係を表現

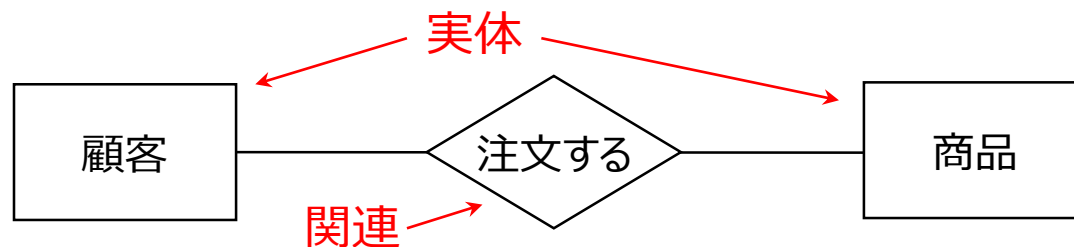
- データの構造やデータ間の関係がデータ辞書で簡単に捉えられない場合
- DFDだけでシステムの機能を捉えるのが不十分な場合
- データベースシステム等で特に有用

■ 実体

- システムが管理する対象(e.g., 人、物、お金、場所)
- 名前を持つ長方形で記述
- 抽象的な概念や目に見えない物でもよい

■ 関連

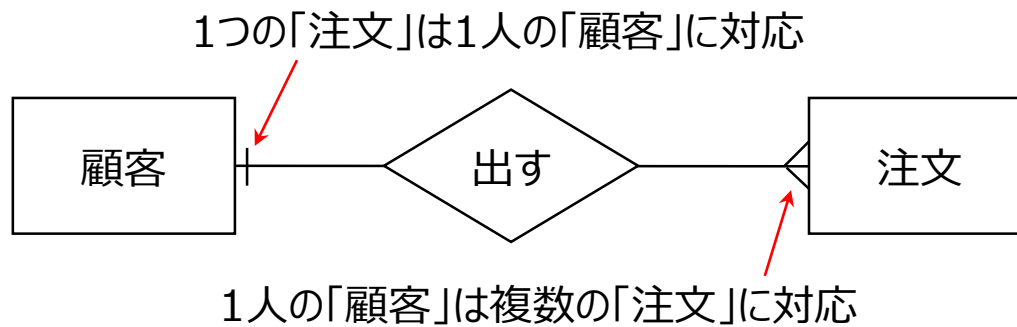
- 実体間の結びつき
- 関連名を持つ菱形で表示



関連

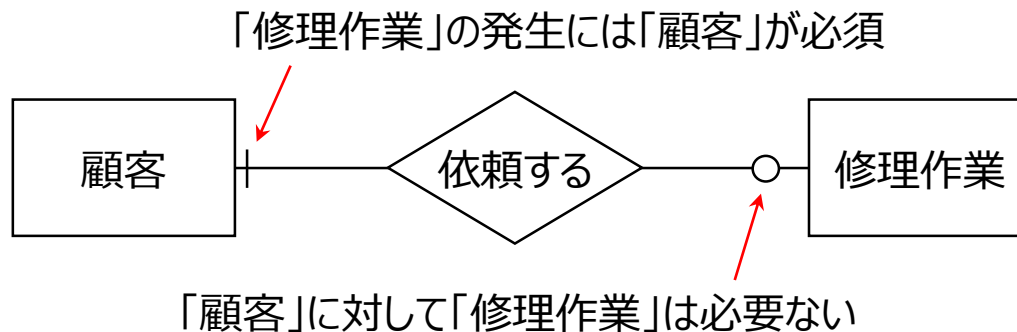
■ カードinality (cardinality)

- 関連するオブジェクトの数を表現

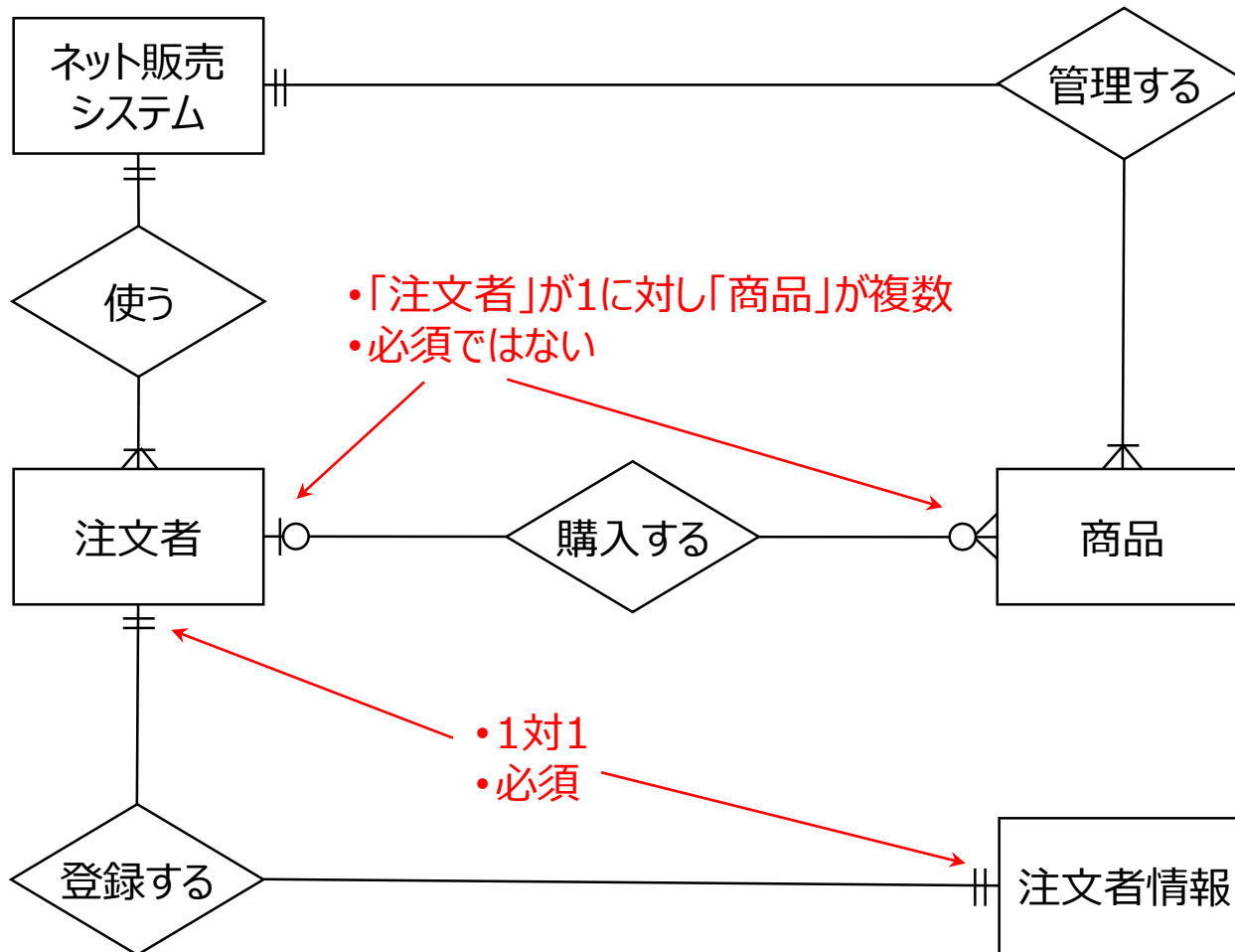


■ モダリティ (modality)

- 関連が必須であるかを表現



実体関連図の例



講義内容

■ 構造化分析

- 概説

- DFD

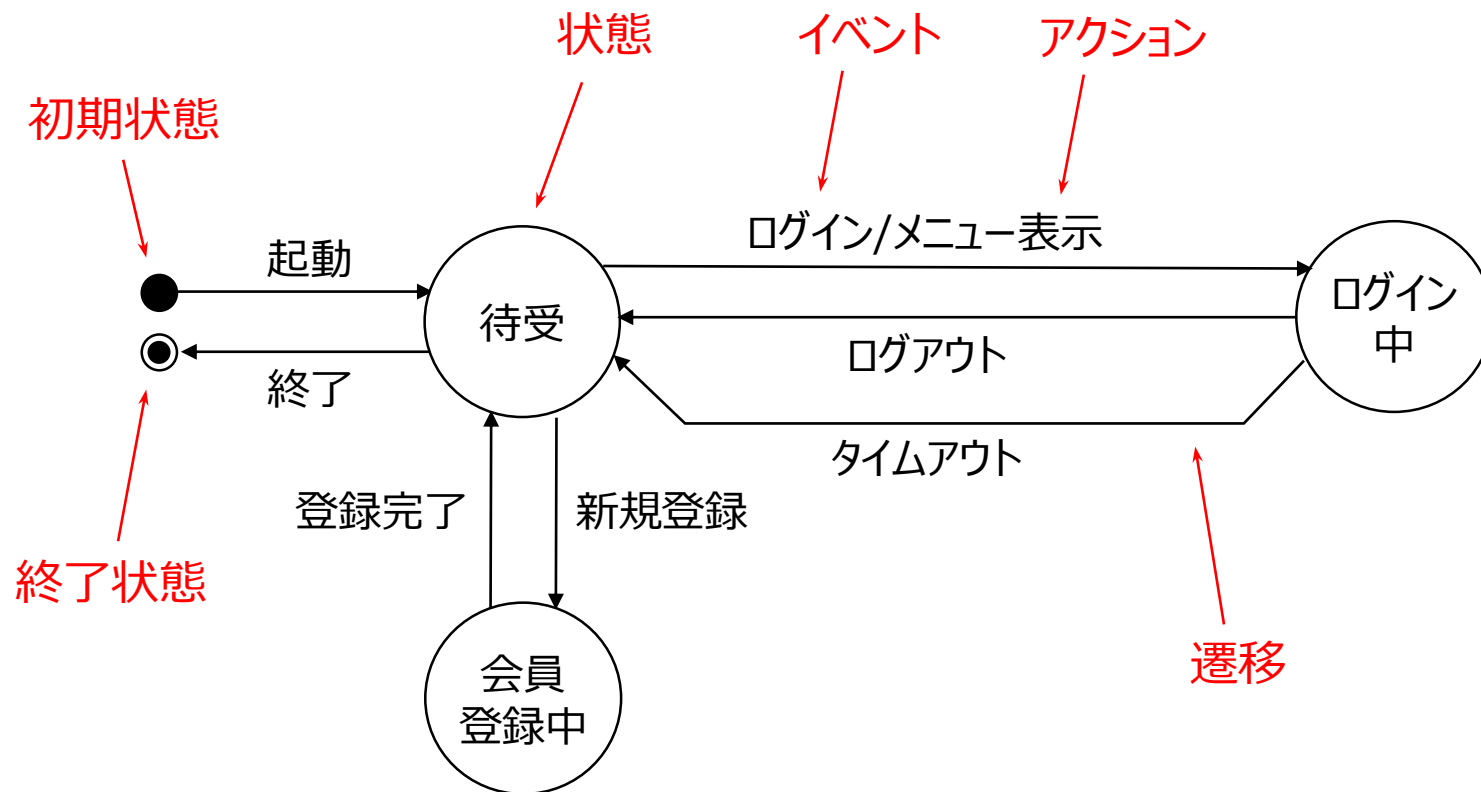
- ER図

- ➡ ■ 状態遷移図

状態遷移図

- システムが取りうるすべての状態(state)と、そのシステムに到着したイベント(event)による状態の変化を表現
- リアルタイムシステム、制御系システム、通信システムなどで特に有用
 - データの変換よりも状態遷移の方が重要
 - DFDやER図で表現できないタイミング制御等の表現が可能
- システムを状態機械とみなす
 - 状態
 - 名前付きの円あるいは四角形で表現
 - システムは1つの状態に属する (複合状態を除く)
 - 初期状態は ● 終了状態は ◎ で表現
 - 遷移
 - 状態遷移を誘発するイベントの名前を付与した矢印で表現
 - イベントは一瞬、遷移時間は無視できるものとする
 - アクション
 - 状態が遷移する際に実行される処理
 - 遷移のイベント名にアクション名を付記

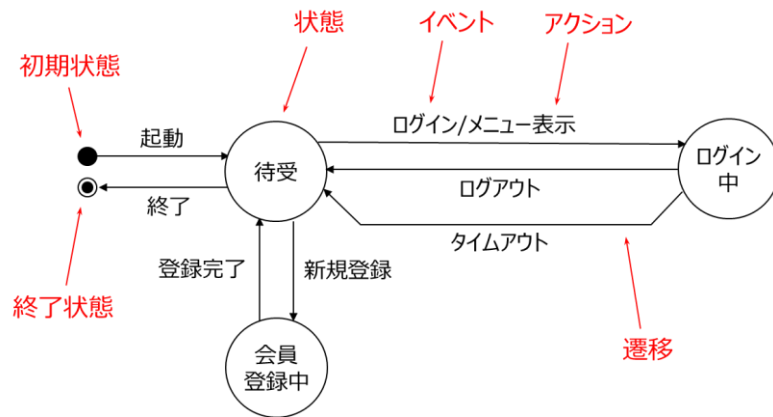
状態遷移図の例



状態遷移表

■ 状態遷移を表形式で表したもの

- 遷移が起きない箇所を斜線で明記できるので、状態遷移の検討漏れを防止できる



	初期 状態	待受	会員 登録中	ログ イン中	終了 状態
起動	待受	—	—	—	—
終了	—	終了 状態	—	—	—
ログ イン	—	ログイン中/ メニュー表示	—	—	—
ログ アウト	—	—	—	待受	—
タイム アウト	—	—	—	待受	—
新規 登録	—	会員 登録中	—	—	—
登録 完了	—	—	待受	—	—

—の箇所は、未定義ではなく、状態遷移なし

確認問題

2,3,5,7: 1つ/1人/複数
6,8: 必須/非必須

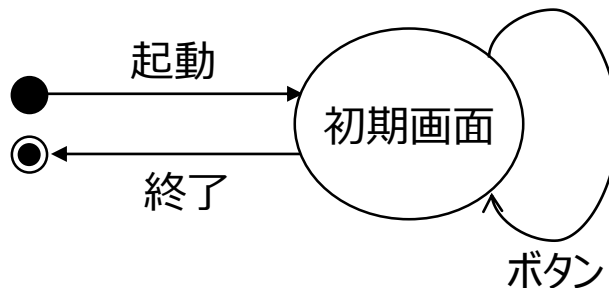
■ 以下の各図の説明の空欄を埋めよ



- ・ 顧客は注文を(1)
- ・ 1つの注文は(2)の顧客に対応する
- ・ 1人の顧客は(3)の注文に対応する



- ・ システムは商品を(4)
- ・ 1つの商品は(5)のシステムに対応する(システムは(6))
- ・ 1つのシステムは(7)の商品に対応する(商品は(8))



- ・ 初期状態から起動されると(9)に移行する
- ・ 初期画面からボタンが押されると(10)に移行する
- ・ 初期画面から終了されると(11)に移行する



参考文献

- 「ソフトウェア工学」
高橋直久、丸山勝久 著、森北出版、2010
- 「ソフトウェア工学」
岸知二、野田夏子 著、近代科学社、2016
- 「実践ソフトウェアエンジニアリング」
ロジャー・プレスマン 著、西康晴、榊原彰、内藤裕史 監訳、
古沢聡子、正木めぐみ、関口梢 翻訳、日科技連、2005