

セキュア・バイ・デザイン 第6章

状態の完全性(integrity)の保証

発表者: 松原翔人



本日のゴール

学習目標

- 1 エンティティが「生まれた時から正しい」ことの意味を理解
- 2 状況に応じた実装パターンを選択できるようになる
- 3 明日から実践できる改善策を持ち帰る



目次

1. 理論編 - 2つの完全性とエンティティの役割
2. 実装編 - 3つのパターンと実践的な選択
3. 防御編 - 実行時の完全性保護
4. まとめ - 実践への落とし込み



2つの完全性

1 作成時の完全性

「正しい状態で生まれる」

2 実行時の完全性

「正しい状態を維持する」



両方が揃って初めて安全



理論編

2つの完全性とエンティティの役割



システムの中心的関心事

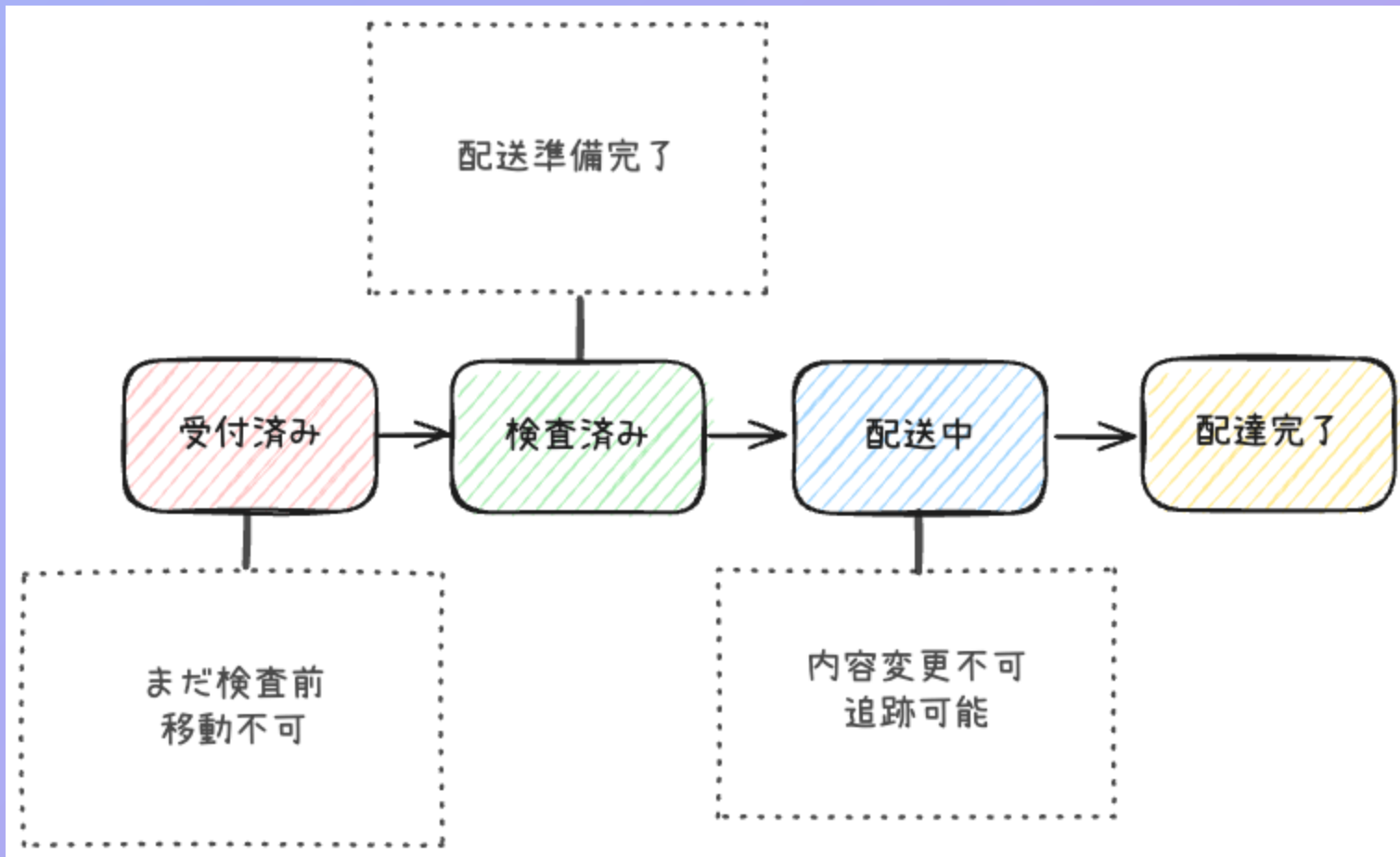
状態の変化 に伴い

システムの 振る舞いはどう変わるか

状態管理の複雑さ = セキュリティリスクの温床






荷物管理システムの例





【問題】 検査前に配送したら？

起こりうる問題

-  損傷品の配送 → 顧客クレーム
-  データ不整合 → システム障害
-  セキュリティホール → 悪意のある操作



この複雑さをどう管理する？

状態管理のアンチパターン

ごちゃ混ぜ問題

- Cookie で状態管理
- SQL で直接操作
- API で状態変更
- UI からの直接操作

 ルールが散在すると、必ず漏れが生じる

DDDのエンティティとは

アイデンティティ + 状態変化 = エンティティ

特徴

- 同一性を保ちながら状態が変わる
- ビジネスルールを内包する
- 一意の識別子を持つ



エンティティによる解決

状態とルールを同じ場所で管理

エンティティ = **ドメインの守護者**

- 状態変更時に自動でルール適用
- ビジネスロジックの一元化
- アグリゲート境界での整合性保証



なぜ「正しい状態での作成」が重要？

ビジネスルール違反 = セキュリティホール

```
// 危険な例
const transfer = new BankTransfer();
transfer.setFromAccount(""); // 空の送金元
transfer.setAmount(-1000); // 負の金額
transfer.execute(); // → 重大な脆弱性
```

実例：ECサイトで0円購入が可能に...

本書での基本原則

全てのエンティティが生まれた時から

正しい状態でなくてはならない

エンティティ = ドメインの守護者

- ビジネスルール違反を物理的に不可能にする
- セキュリティを設計段階で組み込む



従来のアプローチの限界

よくある（危険な）実装パターン

```
// 引数なしコンストラクタ + Setter地獄
const order = new Order();
order.setCustomerId("123");
order.setAmount(1000);
// ↑ setItemsを忘れがち...
```

結果：不完全なオブジェクトが生まれる

実際に起こる問題

必須項目の設定忘れ

注文に商品が含まれない

設定順序への依存

金額計算が商品設定前に実行

中途半端な状態での利用

検証前にビジネスロジックで使用



実装編

正しい状態のエンティティを作成する方法



3つのパターン概観

段階的アプローチ

- 1 全ての必須の情報をコンストラクタの引数とする - シンプル→確実
- 2 フルエージェント - 可読性重視
- 3 ビルダー - 複雑な制約対応



適材適所が重要



全ての必須の情報をコンストラクタの引数とする

全ての必須情報を引数で受け取る

```
class SecureOrder {  
  constructor(  
    customerId: string,  
    amount: number,  
    items: OrderItem[]  
  ) {  
    //  作成時にルール強制適用  
    this.validateAndSet(customerId, amount, items);  
  }  
}
```

コンストラクタのメリット

- 学習コスト低 - 最もシンプル
- 実装が簡単 - すぐに書ける
- コンパイル時チェック - 型安全
- 高速 - オーバーヘッドなし

コンストラクタの制約

- 引数が多いと複雑
- 任意項目の扱いが難しい
- 柔軟性に限界 - 固定的な構造

適用場面

必須項目のみ、シンプルな制約



パターン2: フルーエント・インターフェース


流れるような記述

```
const order = new Order()  
  .withCustomer("CUST-123")  
  .withAmount(15000)  
  .withPriority("high")  
  .withDeliveryDate(tomorrow)
```

自然言語のような可読性



フルイベント・インターフェースの実装

```
class Order {  
  withCustomer(customerId: string): Order {  
    this.validateCustomerId(customerId);  
    this.customerId = customerId;  
    return this; //  チェーン可能  
  }  
  
  withAmount(amount: number): Order {  
    this.validateAmount(amount);  
    this.amount = amount;  
    return this;  
  }  
}
```



フルーエント・インターフェースのメリット

- 高い可読性 - 自然な記述
- 自然な記述 - ドメイン表現に近い
- 段階的な構築 - 必要な分だけ設定
- 任意項目に強い - 柔軟な組み合わせ

フルーエント・インターフェースの制約

- 実装コスト中程度 - メソッド数が多い
- コマンド・クエリ分離違反 - 変更+返却
- 複雑な制約に限界 - 項目間依存が難しい


適用場面

任意項目多数、単純な制約



パターン3: ビルダー・パターン

複雑な制約を安全に処理

```
const electricCar = new CarBuilder()  
  .electric()           // 自動でエンジン除外  
  .withBattery(100)     // バッテリー容量設定  
  .withAWD()            // AWD設定  
  .build();             //  最終検証
```



ビルダーの実装例

```
class CarBuilder {  
    electric(): CarBuilder {  
        this.carType = 'electric';  
        this.engineSize = undefined; // 電気自動車なのでエンジン除外  
        return this;  
    }  
  
    . . .  
  
    build(): Car {  
        this.validateAllConstraints(); // 最終検証  
        return new Car(/* validated params */);  
    }  
}
```



ビルダーのメリット

- 複雑な制約に対応 - 相互排他的な条件も
- 段階的検証 - 必要なタイミングで検証
- 高い型安全性 - コンパイル時エラー
- 変更の局所化 - 影響範囲を限定

ビルダーの制約

- 実装コスト高 - コード量が多い
- 学習コスト高 - パターン理解が必要
- オーバーヘッド - 実行時コスト

適用場面

複雑な相互依存、段階的構築必要



パターン比較表

項目	コンストラクタ	フルーエント	ビルダー
実装の簡単さ	★★★★★	★★★	★
学習コスト	低	中	高
可読性	★★★	★★★★★	★★★★
型安全性	★★★★★	★★★★	★★★★★



実プロジェクト適用例：ECサイト

エンティティ	パターン	理由
Product	コンストラクタ	(id, name, price) 基本情報のみ
Order	フルーメント	配送先、支払方法など任意項目多数
Campaign	ビルダー	複雑な適用条件（期間、対象、割引率）



実プロジェクト適用例：医療システム

エンティティ	パターン	理由
Patient	コンストラクタ	(id, name, birthDate) 基本情報
Prescription	ビルダー	薬剤間の相互作用、アレルギーチェック
Appointment	フルーエント	日時、医師、診療科など設定項目多数



防御編

エンティティの完全性保護

実行時の脅威

「作って終わり」ではない！

オブジェクトは作成後も危険にさらされる

- ✗ publicなSetter による無制限変更
- ✗ 可変オブジェクトの共有 による意図しない変更
- ✗ コレクションの直接操作
- ✗ 不正な状態遷移



カプセル化による防御

カプセル化 = データとルールの共同防衛

定義

データの解釈とルールをそのデータと共に
囲い込んで保護すること



実装方針

4つの原則

- 1 publicなSetterを排除
- 2 制御されたアクセスのみ提供
- 3 状態変更時にルール適用
- 4 外部への情報漏洩を防止

✗ Setter排除の実装

```
class Order {  
    private _status = OrderStatus.DRAFT;  
  
    // ✗ 危険なSetter  
    // setStatus(status: OrderStatus) { this._status = status; }  
  
    // ✔ 制御された状態変更  
    markAsConfirmed(): void {  
        if (this._status !== OrderStatus.DRAFT) {  
            throw new Error("下書き状態の注文のみ確定可能");  
        }  
        this._status = OrderStatus.CONFIRMED;  
    }  
}
```



可変オブジェクトの安全な扱い

問題

内部オブジェクトが外部で変更される

```
// ❌ 危険な実装  
get items() { return this._items; }
```

```
// ✅ 安全な実装  
getItems(): readonly OrderItem[] {  
    return Object.freeze([...this._items]);  
}
```



コレクションの完全性保護

```
class Order {  
    private _items: OrderItem[] = [];  
  
    // ❌ 危険  
    // getItem() { return this._items; }  
  
    // ✅ 安全  
    getItem(): readonly OrderItem[] {  
        return Object.freeze([...this._items]);  
    }  
  
    addItem(item: OrderItem): void {  
        if (this._status !== OrderStatus.DRAFT) {  
            throw new Error("確定済み注文には項目追加不可");  
        }  
        this._items.push(item);  
    }  
}
```




不変条件 (Invariants)

不変条件とは

オブジェクトが「正しい状態」にあるために
常に満たすべきルール

例

- 銀行口座は「常に残高 ≥ 0 」
- 口座番号は「10桁」を保つ



不変条件の実装

```
class BankAccount {  
    constructor(accountNumber: string, balance: number) {  
        this.accountNumber = accountNumber;  
        this.balance = balance;  
        this.checkInvariants(); // 作成時チェック  
    }  
  
    withdraw(amount: number): void {  
        this.balance -= amount;  
        this.checkInvariants(); // 操作後チェック  
    }  
  
    private checkInvariants(): void {  
        if (this.balance < 0) {  
            throw new Error("残高は負になれません");  
        }  
        // 全てのルールをここで一元管理  
    }  
}
```



まとめ

実践への落とし込み



O/Rマッパーとの関係

ドメインモデルと永続層モデルの分離

```
// 永続層モデル (O/R用)
class OrderEntity {
    constructor() {} // フレームワーク用
}

// ドメインモデル (ビジネス用)
class Order {
    constructor(customerId: string, amount: number) {
        // ビジネスルール適用
    }
}
```



今日の学び - 3つのポイント

1 エンティティによる状態管理の一元化

状態変化をDDDのエンティティとしてモデリング

2 正しい状態でのエンティティ生成

適切なパターン選択とルール適用

3 エンティティの完全性保護

カプセル化と不変条件による防御



明日から実践できる3つのアクション

- 1 まず1つ、引数なしコンストラクタを撲滅
- 2 Setterを1つずつ、意味のあるメソッドに置換
- 3 新規開発では最初から適切なパターンを選択

