アーキテクチャ

分散システム

2009年12月8日

建部修見

はじめに

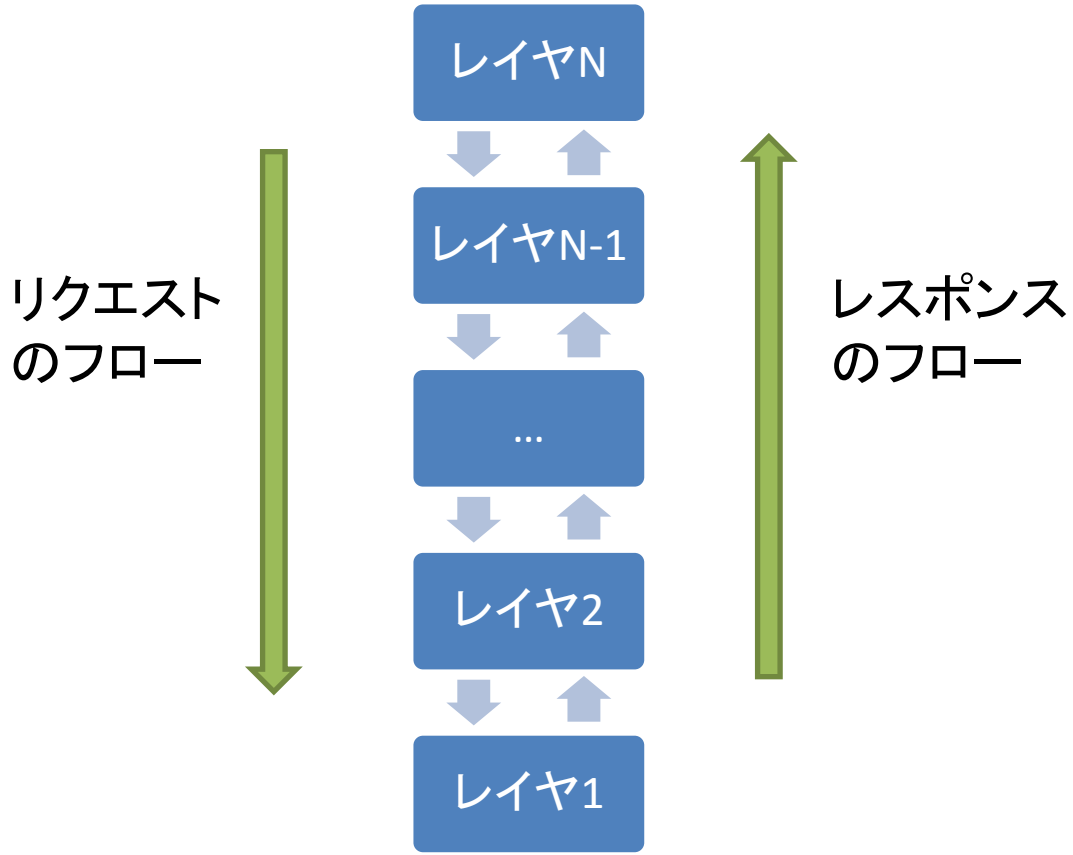
- ソフトウェアアーキテクチャ
  - どのような**ソフトウェアコンポーネント**で構成され，どのように**相互作用**が行われるか
  - アーキテクチャのスタイル
- システムアーキテクチャ
  - 集中アーキテクチャ
  - 分散アーキテクチャ
  - ハイブリッドアーキテクチャ
- 自立的システム（autonomic systems）
  - フィードバック制御

用語

- コンポーネント（component）
  - **明確に定義**された（well-defined）インターフェースを持つ**交換可能**な（ソフトウェアの）構成単位
- コネクタ（connector）
  - コンポーネント間の通信，調整，協力を伝えるメカニズム
  - 遠隔手続き呼出し（RPC），メッセージパッシング，データストリーミングなど

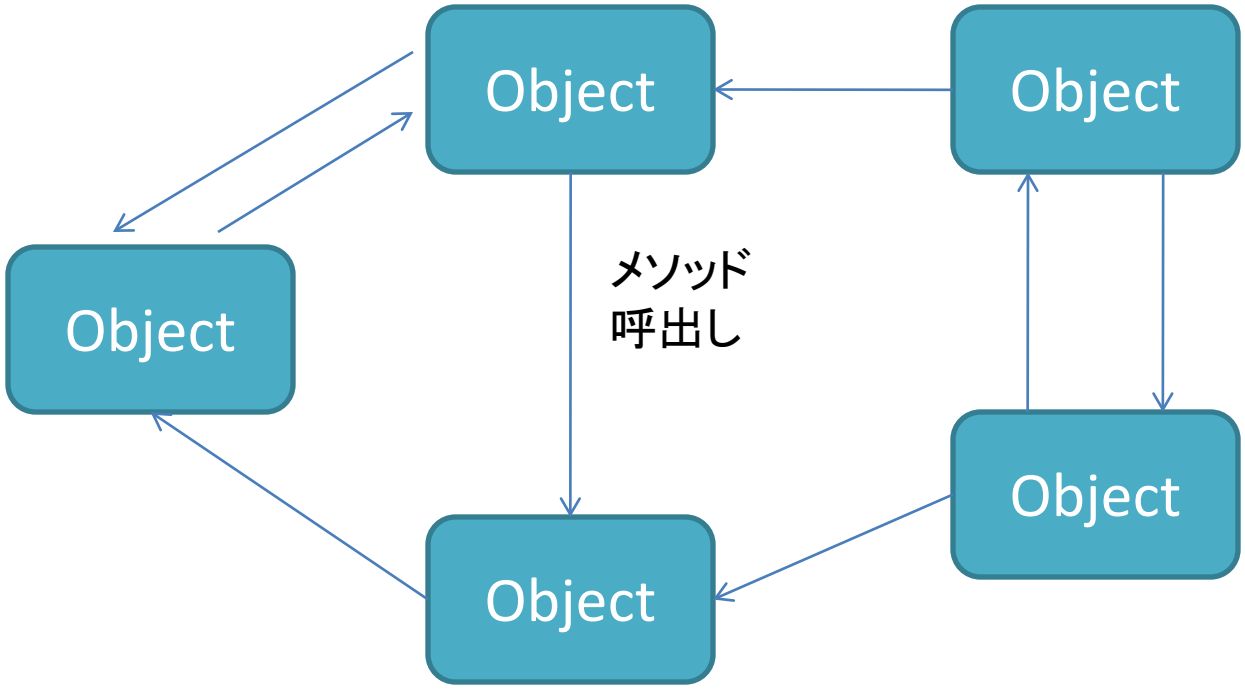
レイヤアーキテクチャ（Layered Architectures）

- 層状アーキテクチャ，階層アーキテクチャ
- レイヤiはレイヤi-1を呼び出せる
- ネットワークのコンポーネントでよく利用される



オブジェクトベースアーキテクチャ（Object-based Architectures）

- より疎な構成
- オブジェクトがコンポーネント
- 遠隔手続き呼出し

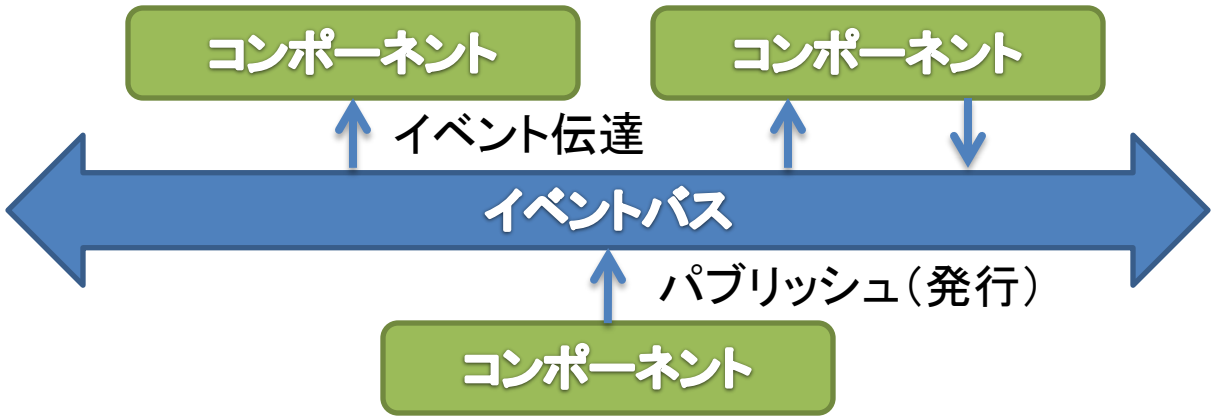


データセンタアーキテクチャ（Data-centered Architectures）

- **共有レポジトリ**により通信を行う
- 多くのネットワークアプリケーションは，**共有分散ファイルシステムの**ファイルを利用して通信を行う
- Webベースのアプリケーションは，Webベースの共有データサービスを利用する

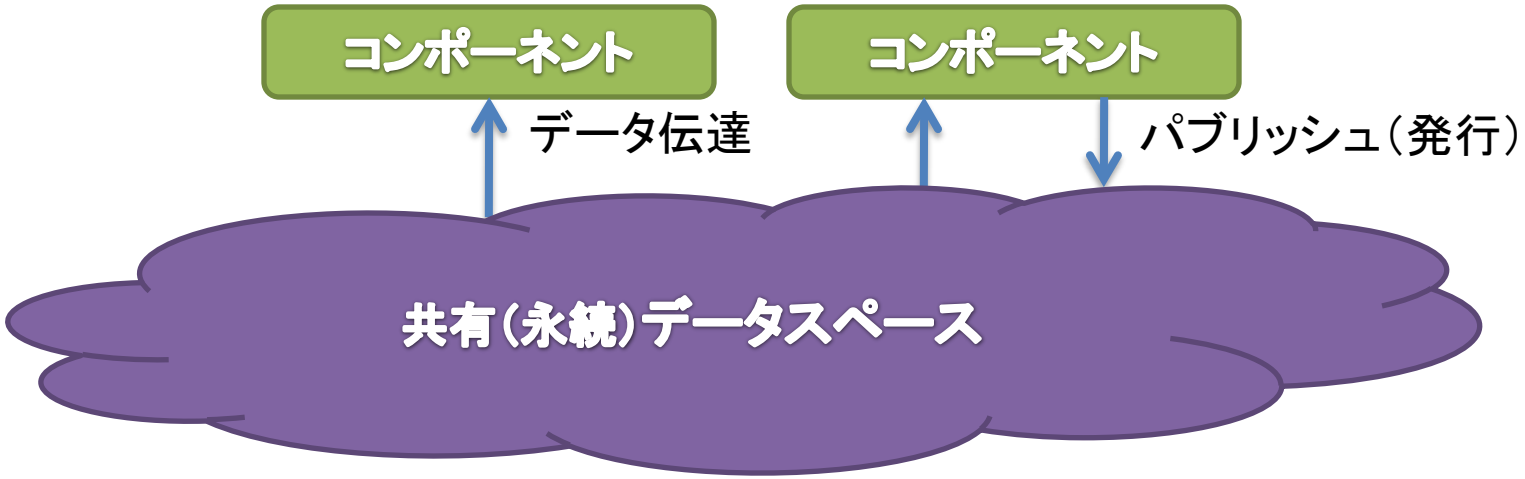
イベントベースアーキテクチャ（Event-based Architectures）

- イベントの伝搬で通信する
- 発行・購読（Publish/subscribe）システム
  - 購読しているプロセスにイベントを発行する
  - 疎結合（loosely coupled）型プロセス
  - 参照分離（Referentially decoupled）
    - お互いに参照する必要はない



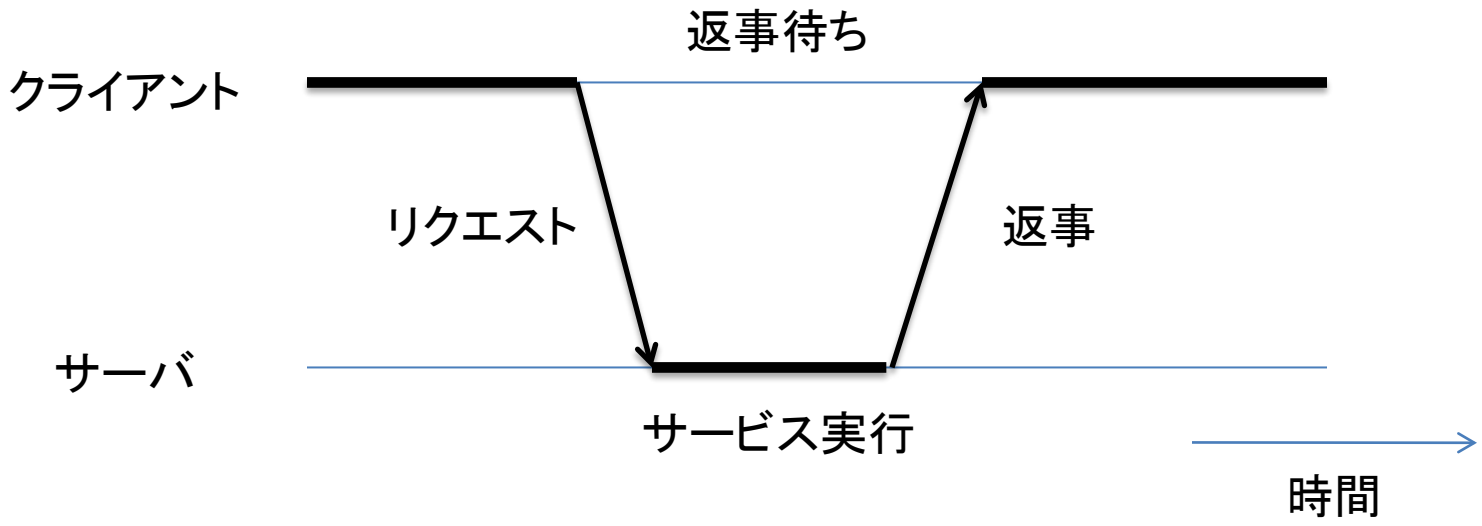
共有データスペース（Shared Data Spaces）

- データセンタアーキテクチャとイベントベースアーキテクチャの組合せ
- プロセスは時間的にも分離
  - 通信中にアクティブでなくてもよい
- SQL，ファイル



システムアーキテクチャ

- システムアーキテクチャ＝コンポーネントの**相互作用と配置の方法**
- クライアントサーバモデル



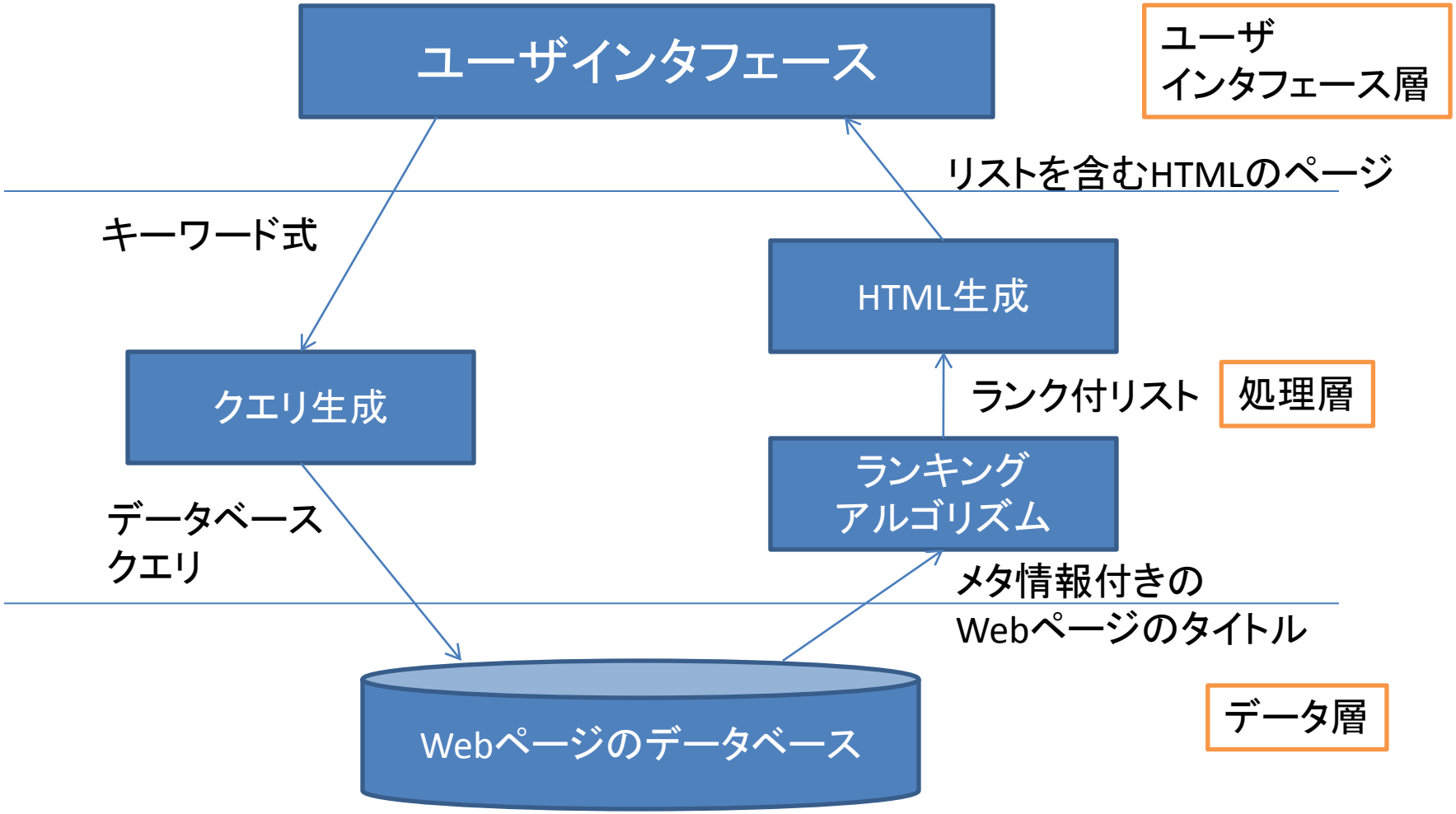
クライアントサーバモデル

- コネクションレスの通信（例：UDP，user datagram protocol）
  - LANなど高信頼な環境では効率的
  - クライアントはメッセージ（サービスと引数）をサーバに送信，サーバは返事を送信
  - 信頼性のない環境，リクエストorレスポンスが失われる可能性
    - リクエストの再送信→サービスを二度実行する可能性
    - 「銀行口座から100万円引き出す」などは困る
    - 「残高照会」などは何度実行してもよい＝**idempotent**な操作
- 信頼性のあるコネクション指向の通信（例：TCP，transmission control protocol）
  - 広域環境のような低信頼な環境
  - コネクションを確立してリクエストを発行
  - コネクション（再）接続のコスト

アプリケーションのレイヤリング

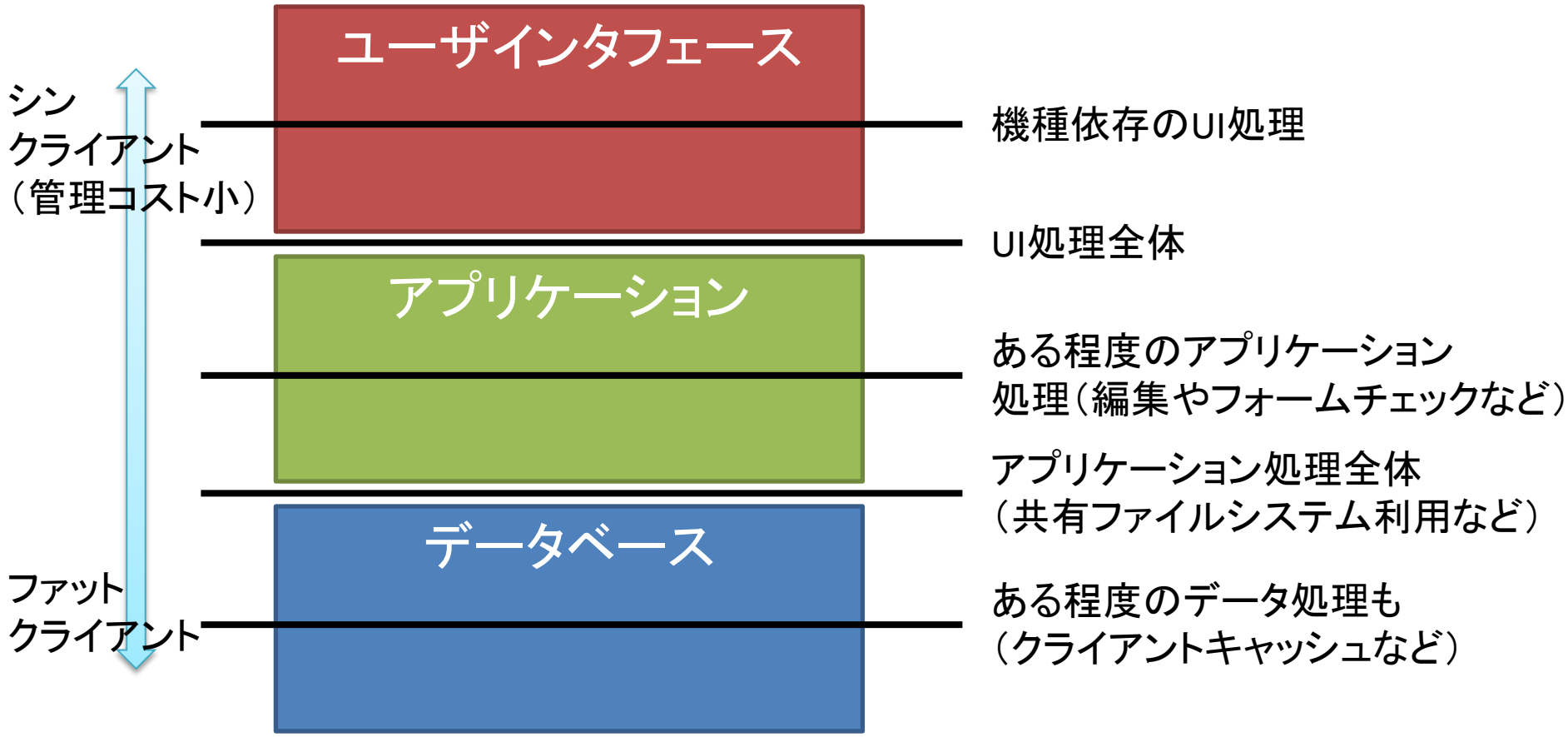
- （データベースをアクセスする）クライアントサーバアプリケーションは三層の階層からなる
  - ユーザインタフェース層（user-interface level）
    - クライアント（キャラクタ，グラフィックス）
  - 処理層（processing level）
    - それぞれのアプリケーション処理
  - データ層（data level）
    - ファイルシステム，データベース
    - 永続性（persistency）をもつ

インターネット検索エンジンの例



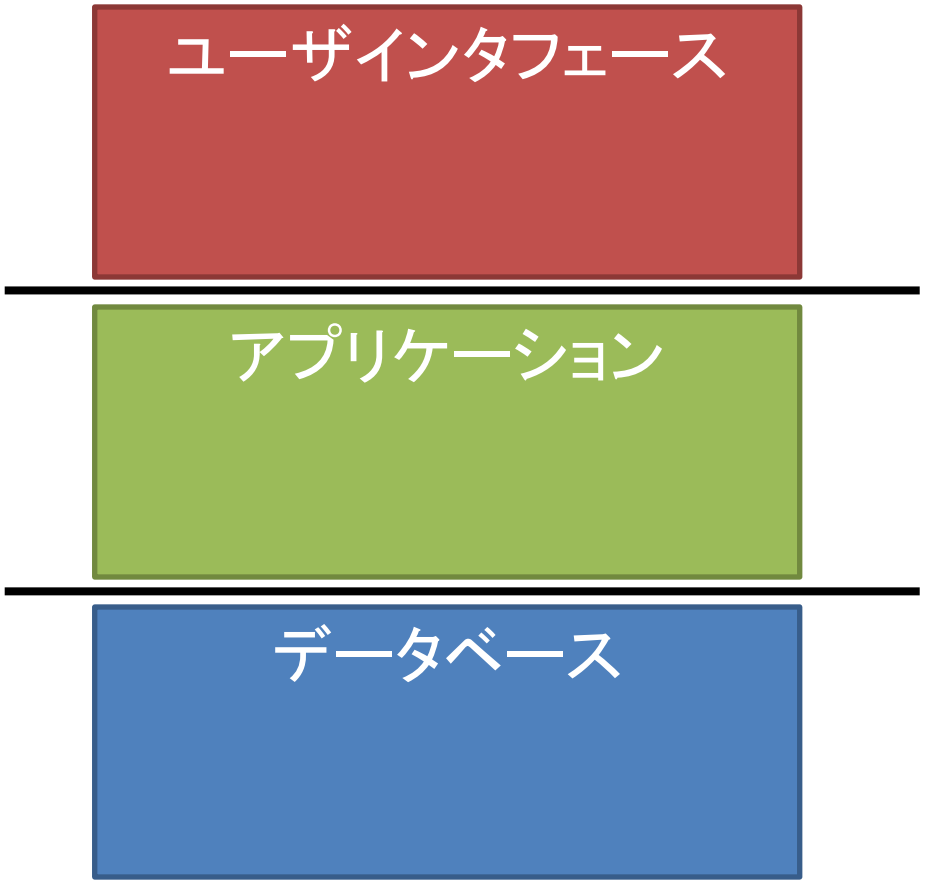
二層アーキテクチャ

- 三層レイヤをクライアントとサーバに分ける



多層アーキテクチャ

（例）



Webクライアント
（複数）

アプリケーション
サーバ
（複数）

データベース
サーバ

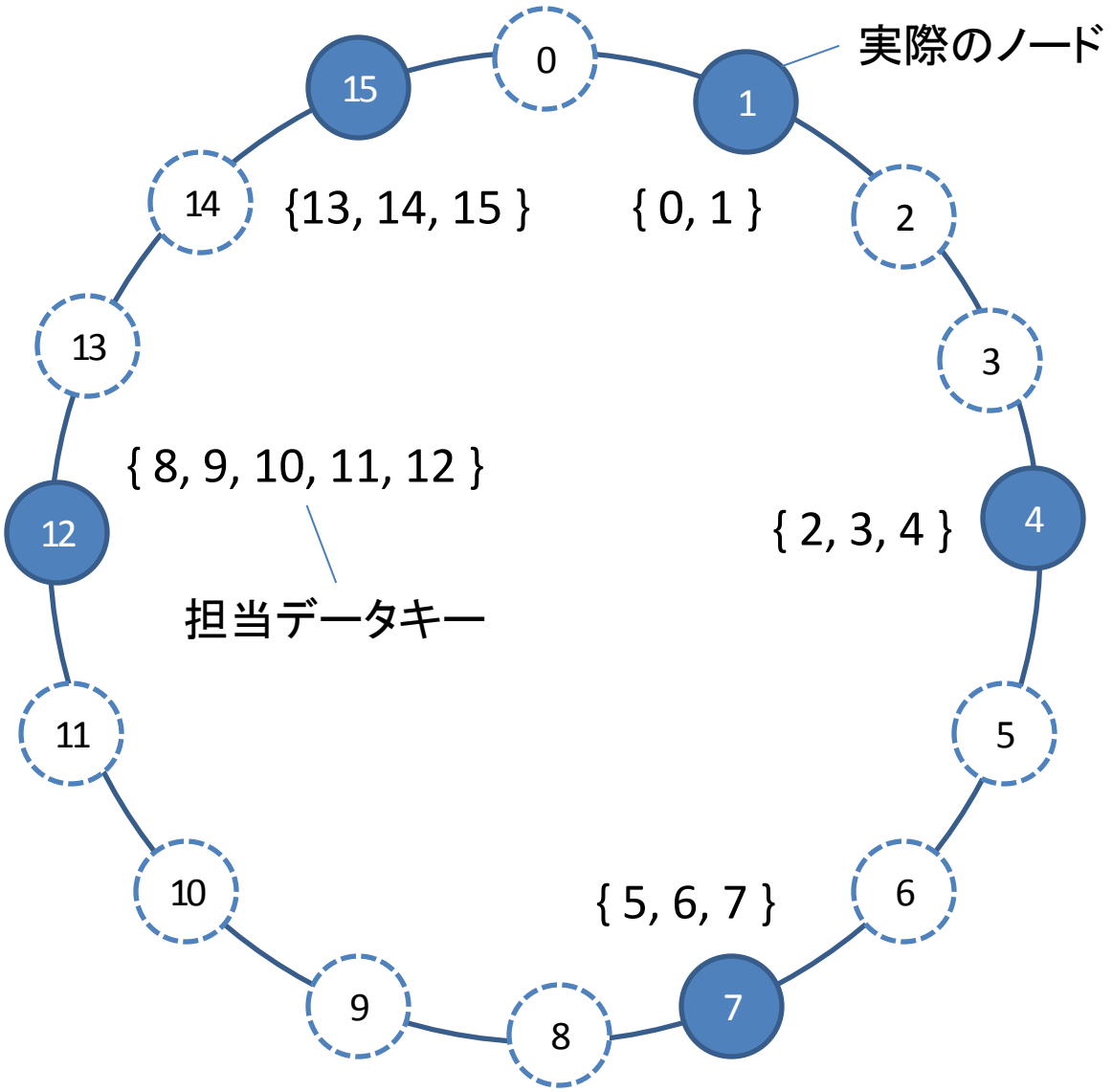
分散アーキテクチャ

- 垂直分散（vertical distribution）
  - 機能単位を複数マシンで分散
- 水平分散（horizontal distribution）
  - 同一機能を複数マシンで分散
  - 複数マシンで負荷を分散
  - Cf. P2P（peer-to-peer）システム
- P2Pシステム
  - （概念的には）P2Pを構成するプロセスは同一
  - プロセス間の相互作用は対称的，クライアントでもありサーバでもある（サーバント，servent）
  - オーバレイネットワーク（overlay network）
    - プロセス間のネットワーク。ルーティングしてプロセス間でメッセージ通信

構造化P2Pアーキテクチャ

- **オーバレイネットワーク**を**決定的**手続きで構成
- **分散ハッシュ表**（distributed hash table, DHT）に基づく
  - データは128ビット（MD5），160ビット（SHA1）などの広いID空間のランダムなキーに割当てられる
  - 距離に基づきキーをノードのIDに割当てる
- データをLOOKUPするとき，そのデータが割当てられているノードを返す
  - データが割当てられているノードにルーティングする

Chord [Stoica et al., 2003]



- succ(k)は最小のノードid≥k
- LOOKUP(k)でsucc(k)を返す

（アルゴリズムは後の講義だが，O(log N)ステップで検索）

- メンバシップ管理

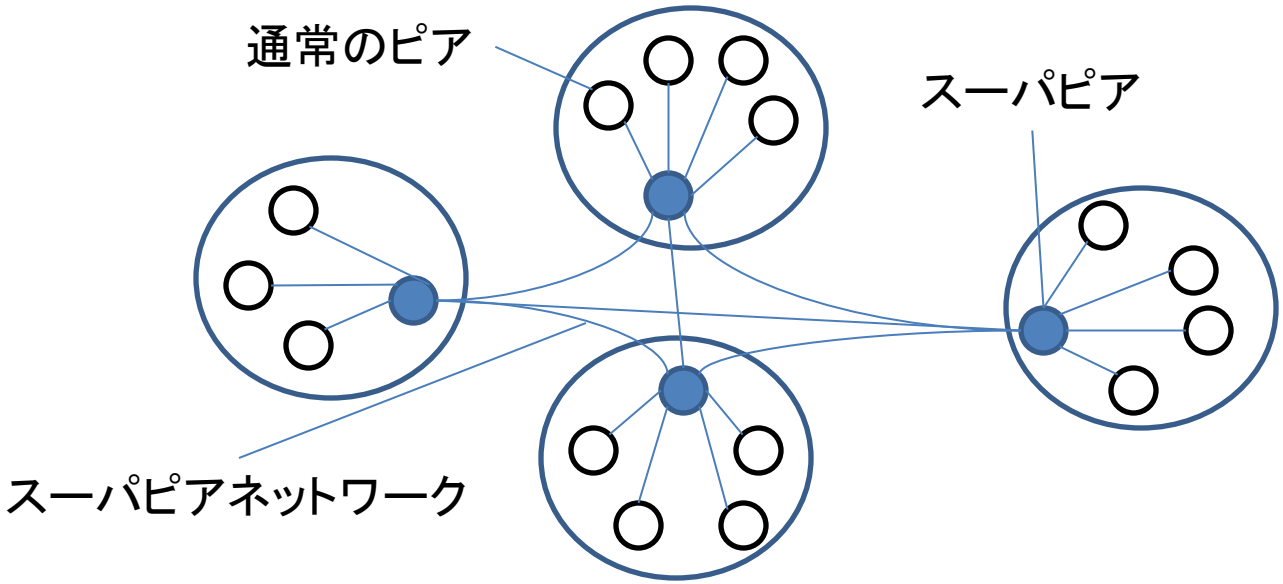
（前後のノードに知らせる）

非構造化P2Pアーキテクチャ

- 乱数アルゴリズムでオーバレイネットワークを構築
- データもランダムに配置
- 検索はリクエストをフラッディング（ブロードキャスト）
- ランダムグラフの生成が目標
  - それぞれのノードが，生きているノードの内ランダムにcノードの情報を知っている

スーパピア（Superpeers）

- 非構造P2Pではデータ検索は基本フラッディングなため，ピア数の増加に対し問題がある
- CDN（コンテンツデリバリネットワーク）をP2Pで実装する場合，コンテンツを高速に発見したい
- インデックスを保持し，ブローカ（仲介）となるノード＝**スーパピア**の導入（cf. Sun JXTA）



ハイブリッドアーキテクチャ

- 協力的（collaborative）分散システム
- BitTorrentファイル共有システム[Cohen, 2003]
  - 協力的なP2Pファイルダウンロード
    - ファイルのダウンロードは，コンテンツを提供するノードだけが可能
  - .torrentファイルはトラッカ（tracker）を示す。トラッカはファイルのチャンクを保有するアクティブなノードを保持
  - アクティブノードは現在ほかのファイルをダウンロードしているノード

まとめ

- ソフトウェアアーキテクチャ＝ソフトウェアの論理的な構成
- システムアーキテクチャ＝コンポーネントがどのように異なるマシンに配置されるか
- アーキテクチャのスタイル
  - レイヤ，オブジェクト指向，イベント指向，データスペース指向アーキテクチャ
- クライアントサーバモデル
  - 集中アーキテクチャとなりやすい
- P2Pシステム
  - プロセスは等しく振る舞う
  - オーバレイネットワーク＝ほかのピアの局所リストを持つ論理的なネットワーク
  - 構造化P2Pと非構造化P2P