

# さまざまな情報システム

## ～ 組み込みシステムと ハイパフォーマンスクomputing ～

高田 広章

名古屋大学

未来社会創造機構 モビリティ社会研究所

大学院情報学研究科 情報システム学専攻

大学院情報学研究科 附属組み込みシステム研究センター

Email: [hiro@ertl.jp](mailto:hiro@ertl.jp) URL: <http://www.ertl.jp/~hiro/>

# コンピュータの用途

## 考えつくものを挙げてみよう

- ▶ 電子メール, SNS … コミュニケーション
- ▶ Web, 検索エンジン … 情報提供・検索
- ▶ ワードプロ, 表計算, プレゼンツール … 資料作成
- ▶ ゲーム, 音楽, 映画 … 娯楽
- ▶ スケジュール管理
- ▶ オンラインショッピング, 予約サービス
- ▶ (企業等の) 業務管理
- ▶ 科学技術計算, データ解析
- ▶ カーナビ, 自動運転

**!** (もちろん) 他にも多数

# 情報システムの構成

## 情報システムとは？

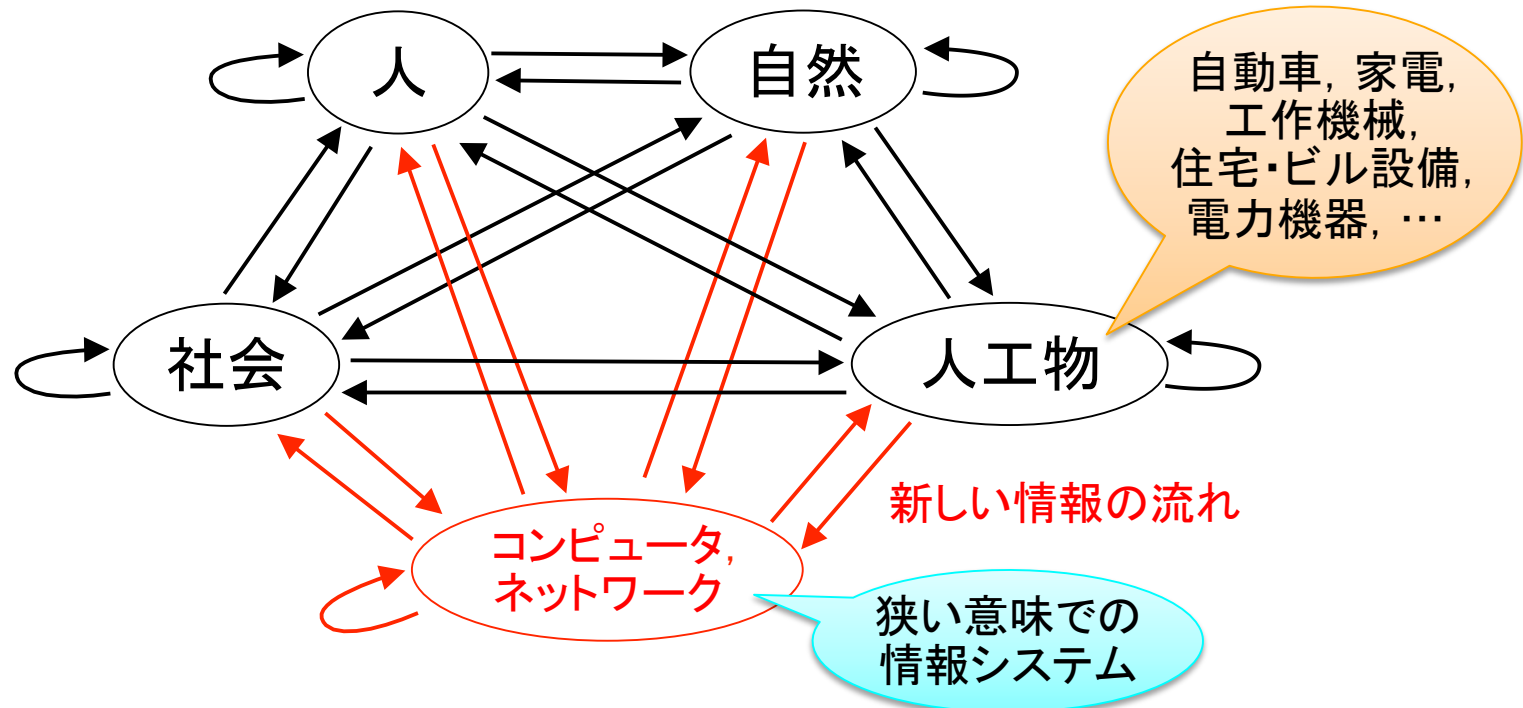
- ▶ [広義] 自然, 人間, 社会, 人工物, コンピュータの相互作用を情報の流れとしてモデル化/デザインしたもの
- ▶ [狭義] 与えられた役割を果たすために, コンピュータ(とネットワーク)を活用して作られるシステム

## 情報システム(狭義)の構成

- ▶ (今では) 複数のコンピュータで構成されていることが多い
  - ▶ 分散コンピューティング
- ▶ 情報システムを構成するもの
  - ▶ 複数のコンピュータ(のハードウェアとソフトウェア)
  - ▶ それらをつなぐネットワーク
  - ▶ データ

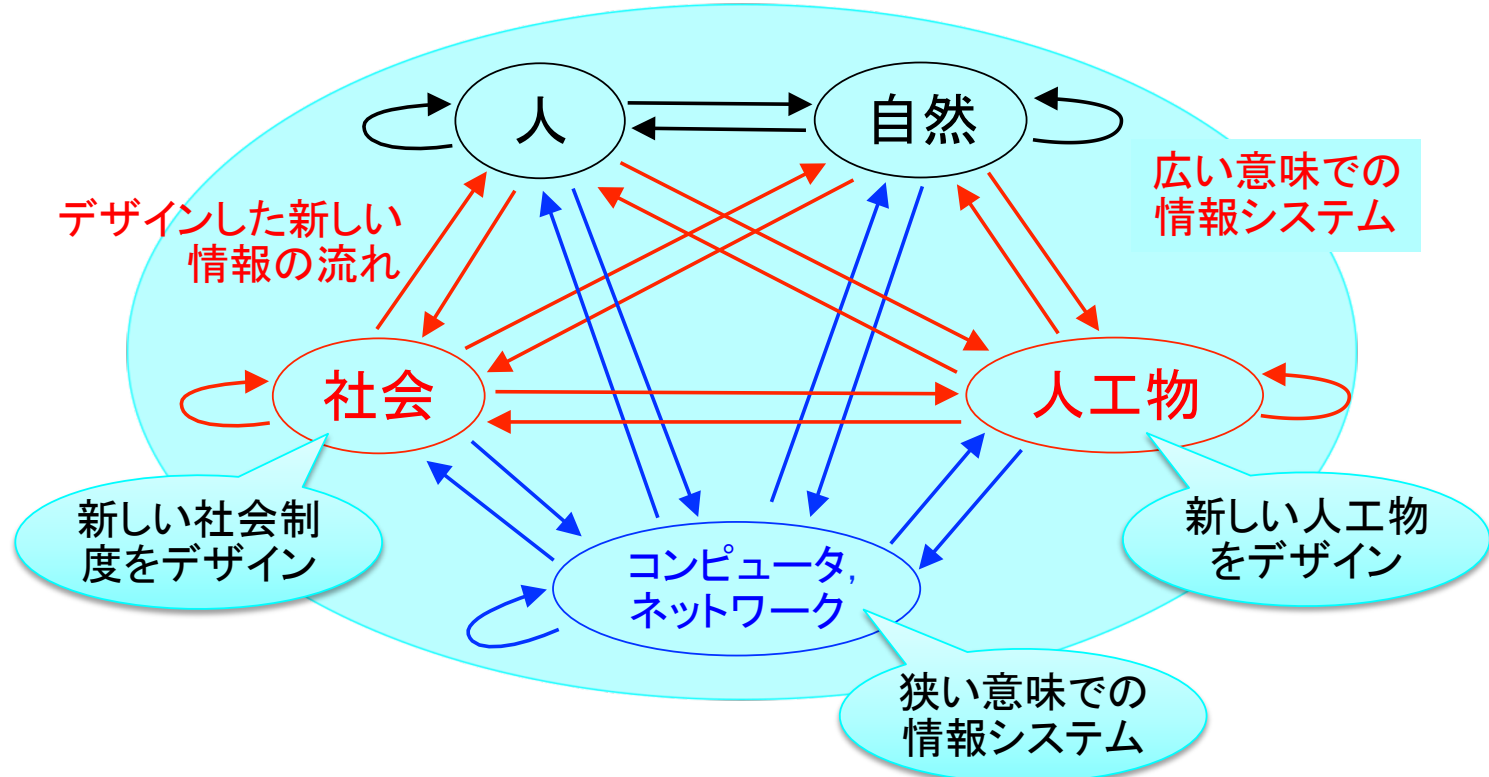
## 従来の情報学

- ▶ コンピュータとネットワーク(狭い意味での情報システム)により, 新しい情報の流れを作ることができる
- ▶ 問題提起: 狭い意味での情報システムと, 自然・人間・社会・人工物の間の情報の流れを個別にデザインするだけでは不十分では?

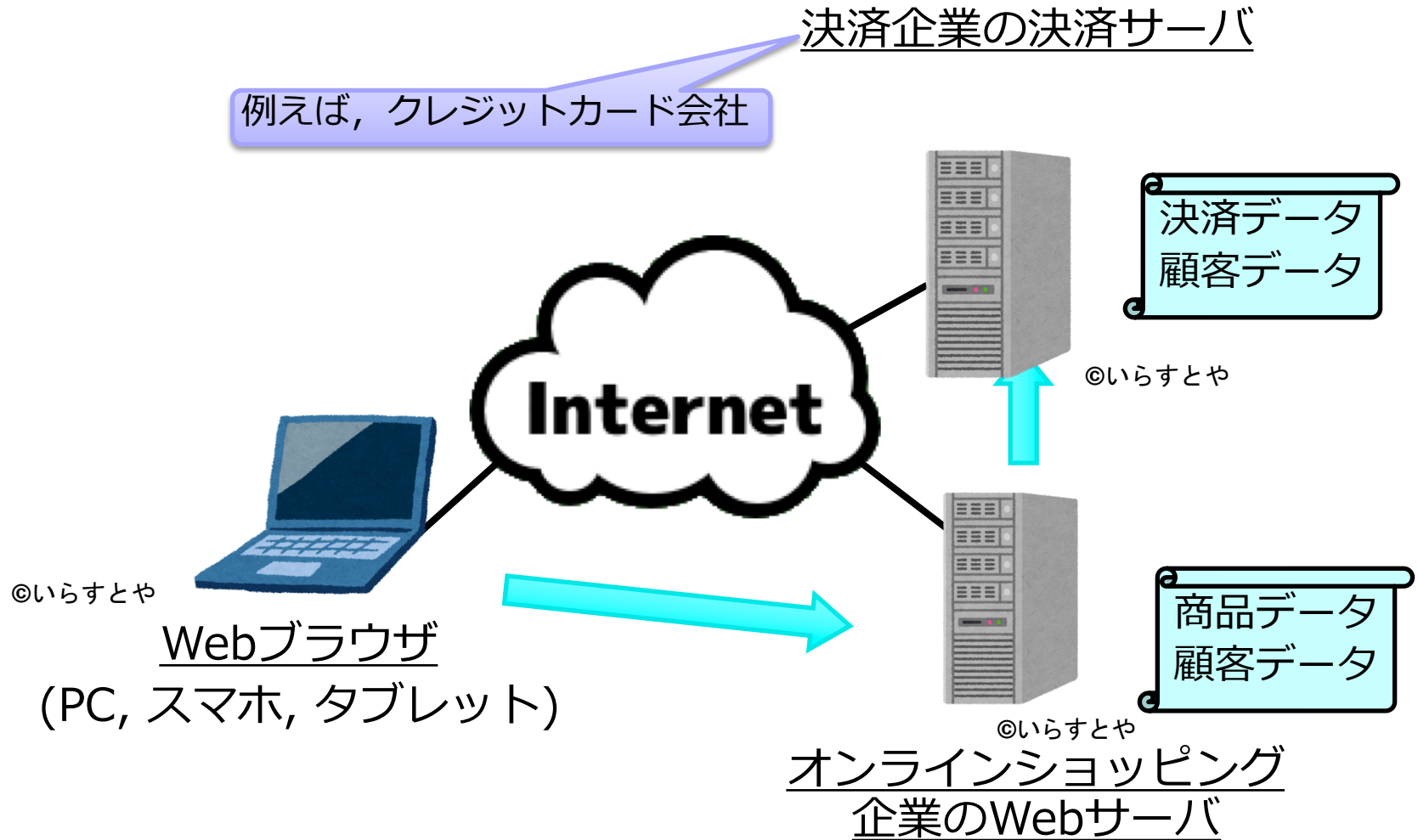


## 新しい情報学

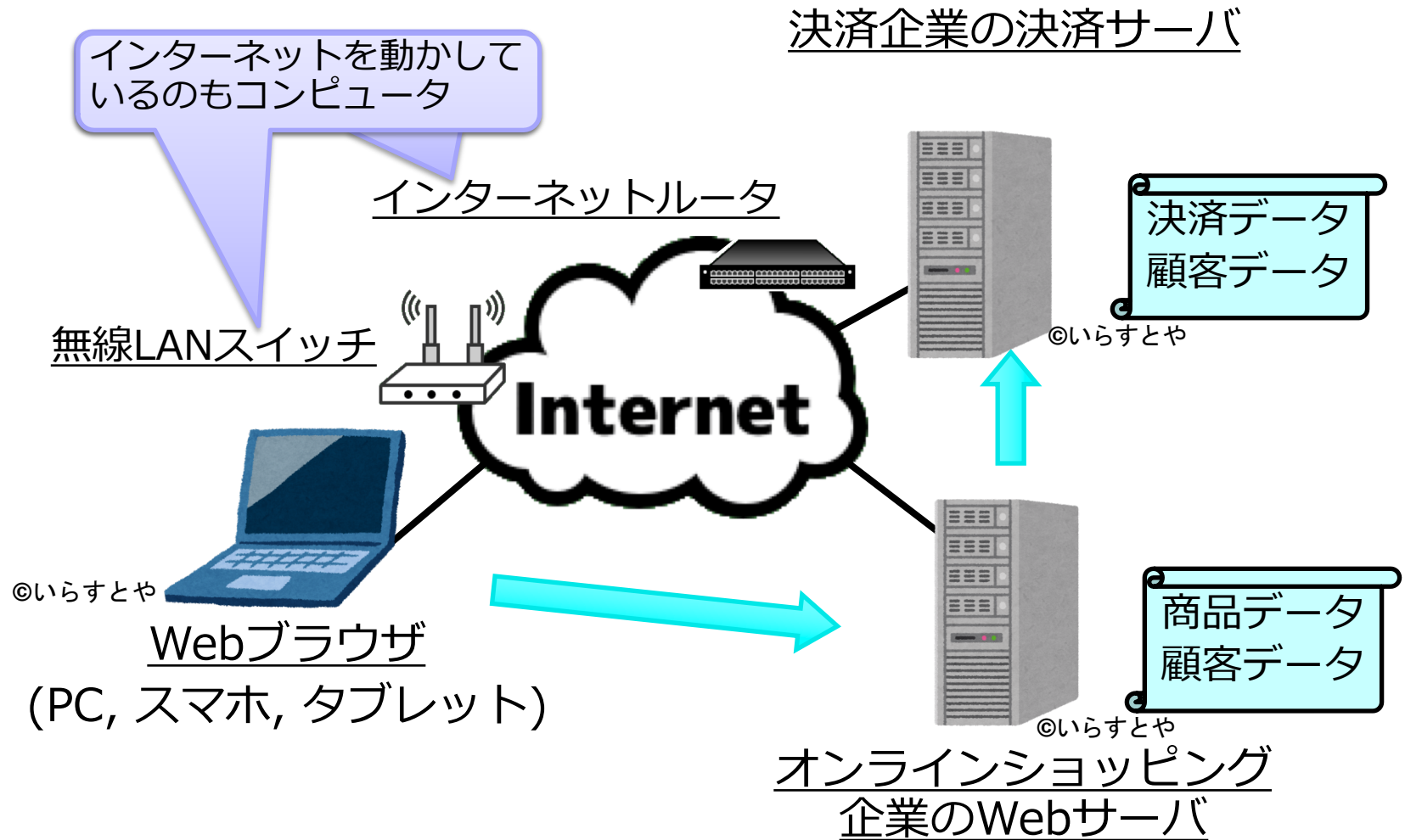
- ▶ 自然・人間・社会・人工物を, 「情報の流れ」として統合的に理解
- ▶ 従来の自然科学や工学は, 物質やエネルギーの流れという観点で自然や人工物を理解しようとしてきた



# 情報システムの構成例) オンラインショッピングシステム



# 情報システムの構成例) オンラインショッピングシステム



# コンピュータの種類／形態

## デスクトップ, モバイル

- ▶ PC (パソコン), ワークステーション
  - ▶ スマホ, タブレット
- ⇒ 人との窓口となるコンピュータ



©pixabay



©pixabay

## サーバ

- ▶ Webサーバ, メールサーバ
  - ▶ ファイルサーバ, データベースサーバ
  - ▶ 計算サーバ (スーパーコンピュータ)
  - ▶ 業務サーバ
- ⇒ 裏方のコンピュータ

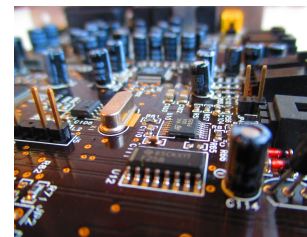


©いらすとや

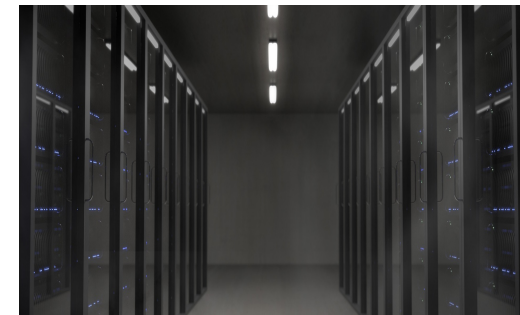
## 組み込みシステム

⇒ 物理世界 (機械や環境) との窓口となるコンピュータ

**!** 境界は曖昧 (技術の進歩によっても変わる)



©pixabay



©pixabay



# サーバ

## サーバとは？

- ▶ 何らかのサービスを提供するコンピュータ
  - ▶ ○○サーバの○○が、何のサービスであるかを示す
- ▶ (ほとんどの場合) ネットワークを経由してアクセス
- ! 一般には、何らかのサービスを提供するもの(ソフトウェアである場合も)の意味

## サーバの存在意義

- ▶ データの伝達・共有
- ▶ 高性能・大容量
  - ▶ 高い計算性能 → ハイパフォーマンスコンピューティング
  - ▶ 大容量の記憶装置(ストレージ)
- ▶ 高い信頼性
- ▶ 運用コストの削減, セキュリティ確保

# クラウドコンピューティング

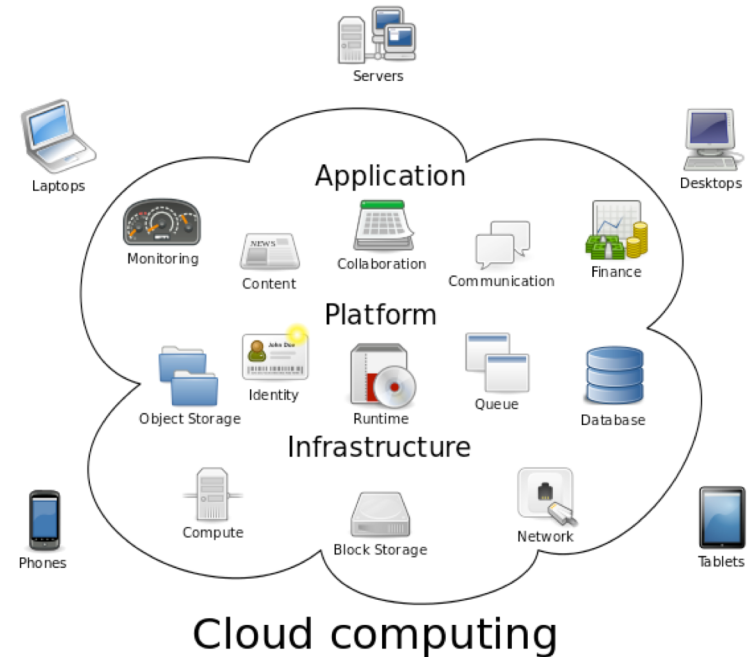
## クラウドコンピューティングとは？

- ▶ 従来は手元のコンピュータで管理・利用していたソフトウェアやデータなどを，ネットワークを通じてサービスの形で必要に応じて利用する方式

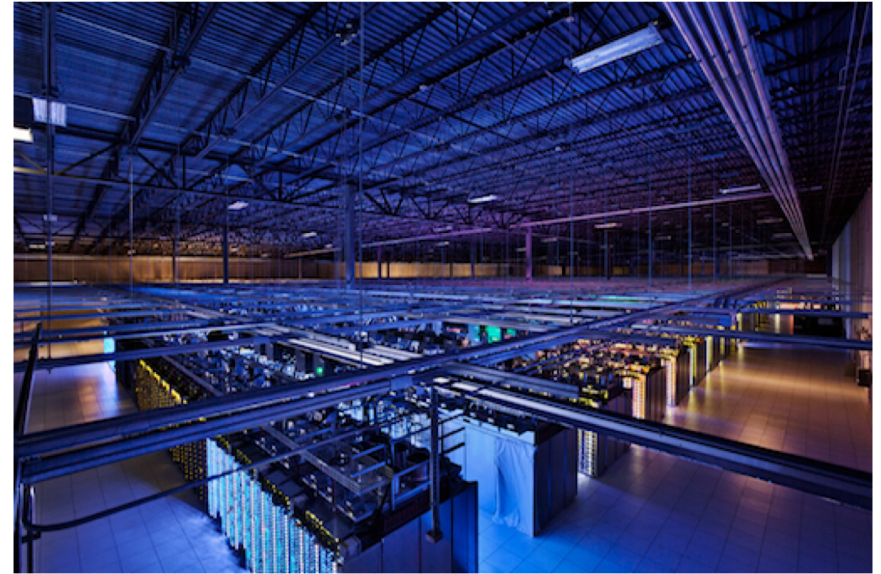
## クラウドの提供/利用形態

- ▶ クラウドサービスの提供者は，大規模なデータセンターに多数のサーバを用意
- ▶ ユーザは，ネットワーク経由でサーバを利用
  - ▶ コンピュータの購入・維持管理が不要に
  - ▶ 使用した分だけ使用料を支払えばよい

**!** 最近は，“エッジコンピューティング”にも注目が集まる



## Googleのデータセンター



<http://www.google.com/about/datacenters/gallery/>

# スーパーコンピュータ

## スーパーコンピュータ(スパコン)とは？

- ▶ その時点の最高レベルの計算性能をもつコンピュータのこと

## どの程度の計算性能・記憶容量か？

- ▶ 理化学研究所の京コンピュータ
  - ▶ 理論性能:11.2 PFLOPS
- ▶ 名古屋大学情報基盤センターのスーパーコンピュータ
  - ▶ 理論性能:4.0 PFLOPS … PCの10000倍程度
  - ▶ 記憶装置の容量:14PB … PCの10000倍程度
- ▶ 単位の意味
  - ▶ FLOPS:1秒間に何回の浮動小数点演算ができるか？
  - ▶ P(ペタ): $10^{15}$ . 1000兆(10Pは1京). K(キロ)→M(メガ)→G(ギガ)→T(テラ)→P(ペタ)

## 京コンピュータ(理化学研究所)

- ▶ 理化学研究所 計算科学機構(神戸ポートアイランド)
- ▶ 完成日:2012年6月
- ▶ 開発費:総額1120億円
- ▶ プロセッサ数:88,128個
- ▶ 理論性能:11.280 PFLOPS
- ▶ 消費電力:12.6MW(ピーク時)



著作権等の都合により、  
ここに挿入されていた画像は削除しました

京のシステムラック

[https://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%AC\\_\(%E3%82%B9%E3%83%BC%E3%83%91%E3%83%BC%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%83%94%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%82%BF\)\\_2019/9/9](https://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%AC_(%E3%82%B9%E3%83%BC%E3%83%91%E3%83%BC%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%83%94%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%82%BF)_2019/9/9)

# スーパーコンピュータで何をするのか？

## HPCI戦略プログラム(戦略5分野)

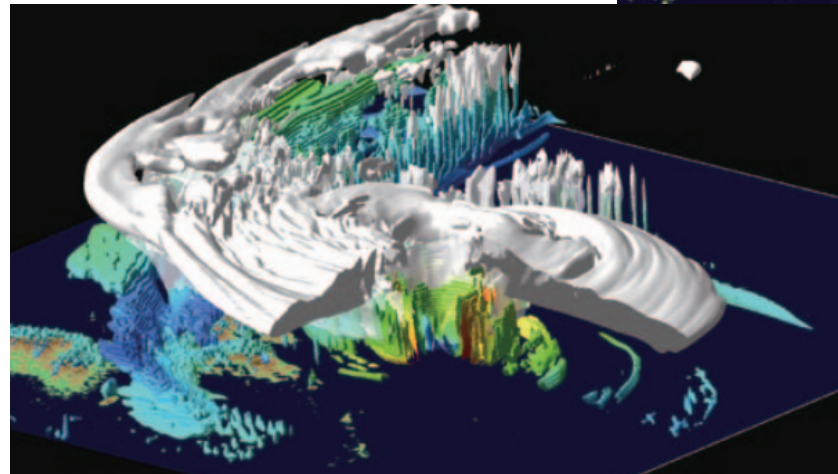
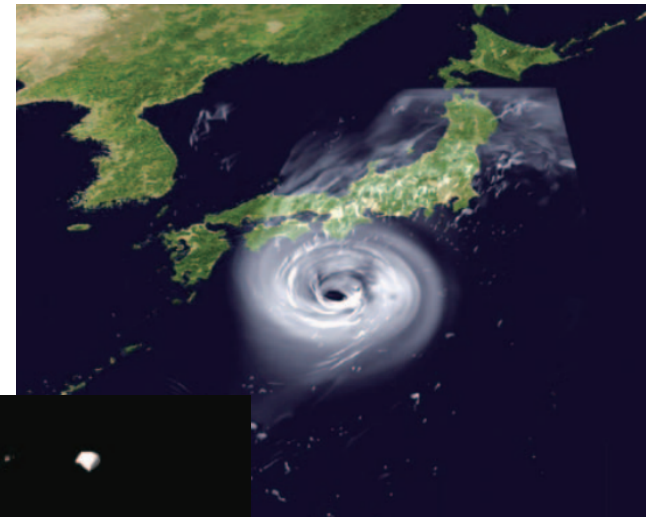
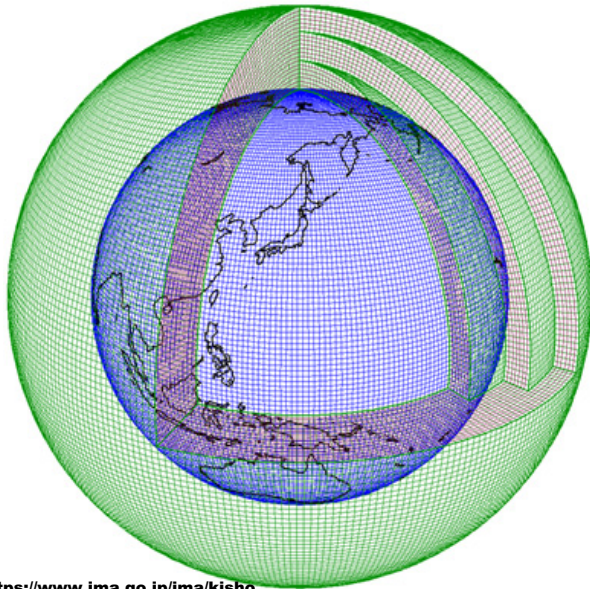
- ▶ 分野1: 予測する生命科学・医療および創薬基盤
- ▶ 分野2: 新物質・エネルギー創成
- ▶ 分野3: 防災・減災に資する地球変動予測
- ▶ 分野4: 次世代ものづくり
- ▶ 分野5: 物質と宇宙の起源と構造

## 京コンピュータの成果の例

- ▶ 「京」と最新鋭気象レーダを生かしたゲリラ豪雨予測
- ▶ 巨大分子の第一原理シミュレーションを実現 ～創薬や次世代デバイスの開発に期待～
- ▶ 高解像度津波モデルを用いてリアルタイムに浸水を解析
- ▶ 中性子星の合体とブラックホールの進化過程に新解釈
- ▶ 「京」を使った新材料開発技術が生み出した新しいタイヤ

## 天気予報と防災

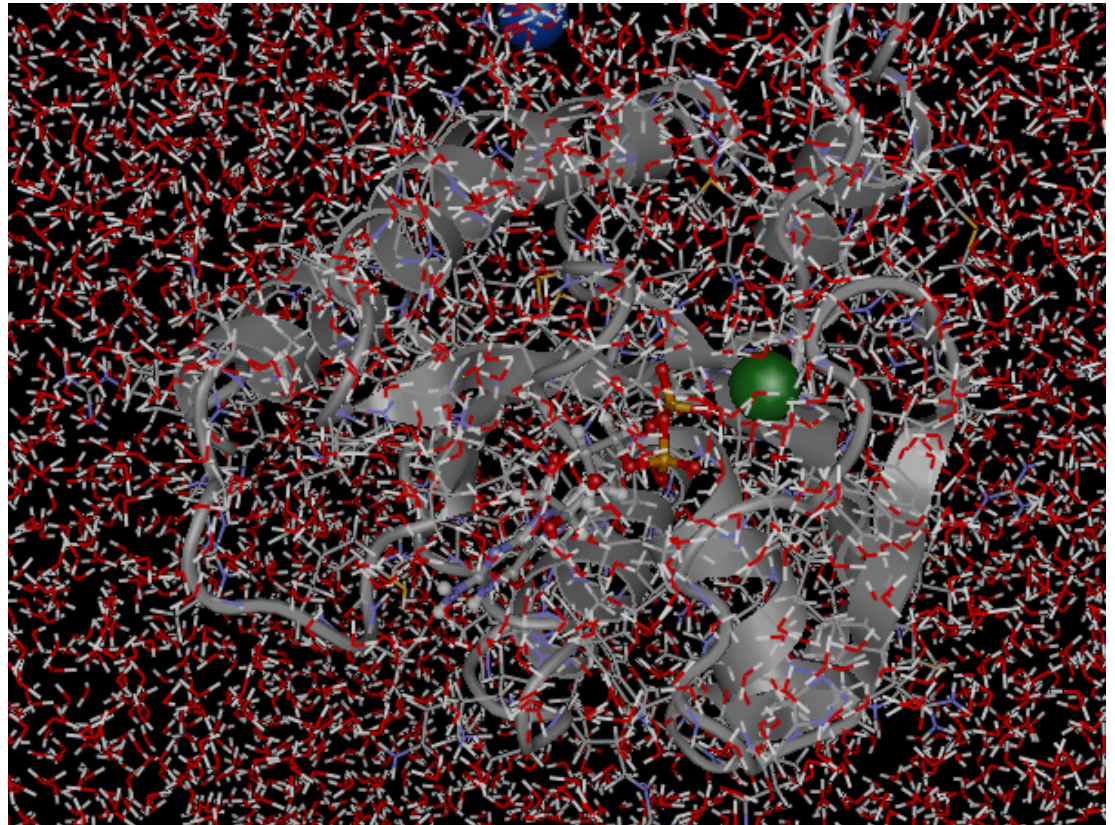
- ▶ 演算メッシュの解像度を上げると、地域毎の予報が高精度に可能(ただし、演算量が爆発的に増大)
- ▶ センサー情報をリアルタイムに取得し高速計算で速報
  - ▶ ゲリラ豪雨の予測
  - ▶ 地震災害時の避難経路予測



<https://www.jma.go.jp/jma/kisho/know/whitep/1-3-1.html> 2019/9/9

## 創薬への応用

- ▶ 分子の動きを、タンパク質などの相互作用を考慮してシミュレーション
  - ▶ タンパク質に、分子がどうやって入っていくかが観察できる
- ▶ 分子構造から、薬の効き目や、なぜ効果あるかを解明できる



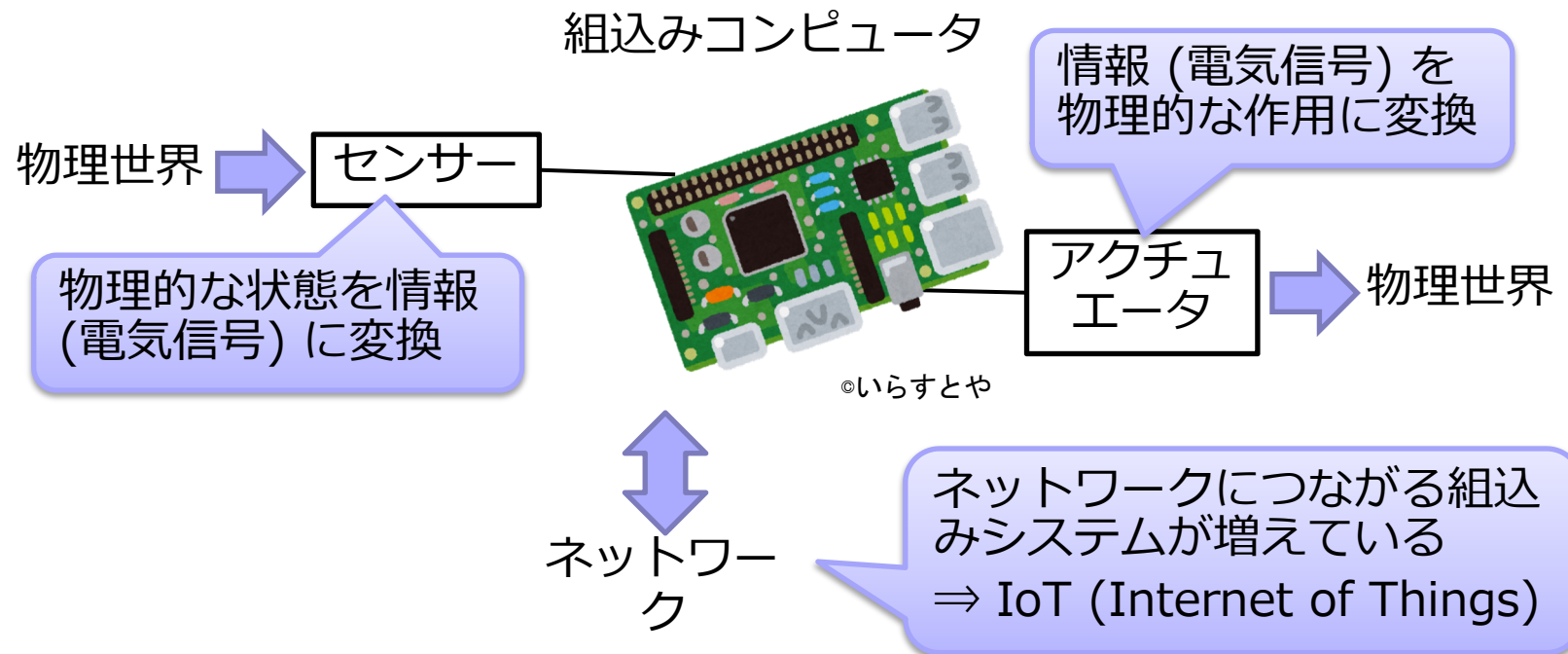


# 組み込みシステム

## 組み込みシステムとは？

- ▶ 各種の機械・機器に組み込まれて、その制御を行うコンピュータシステムのこと

## 組み込みシステムの典型的な構成

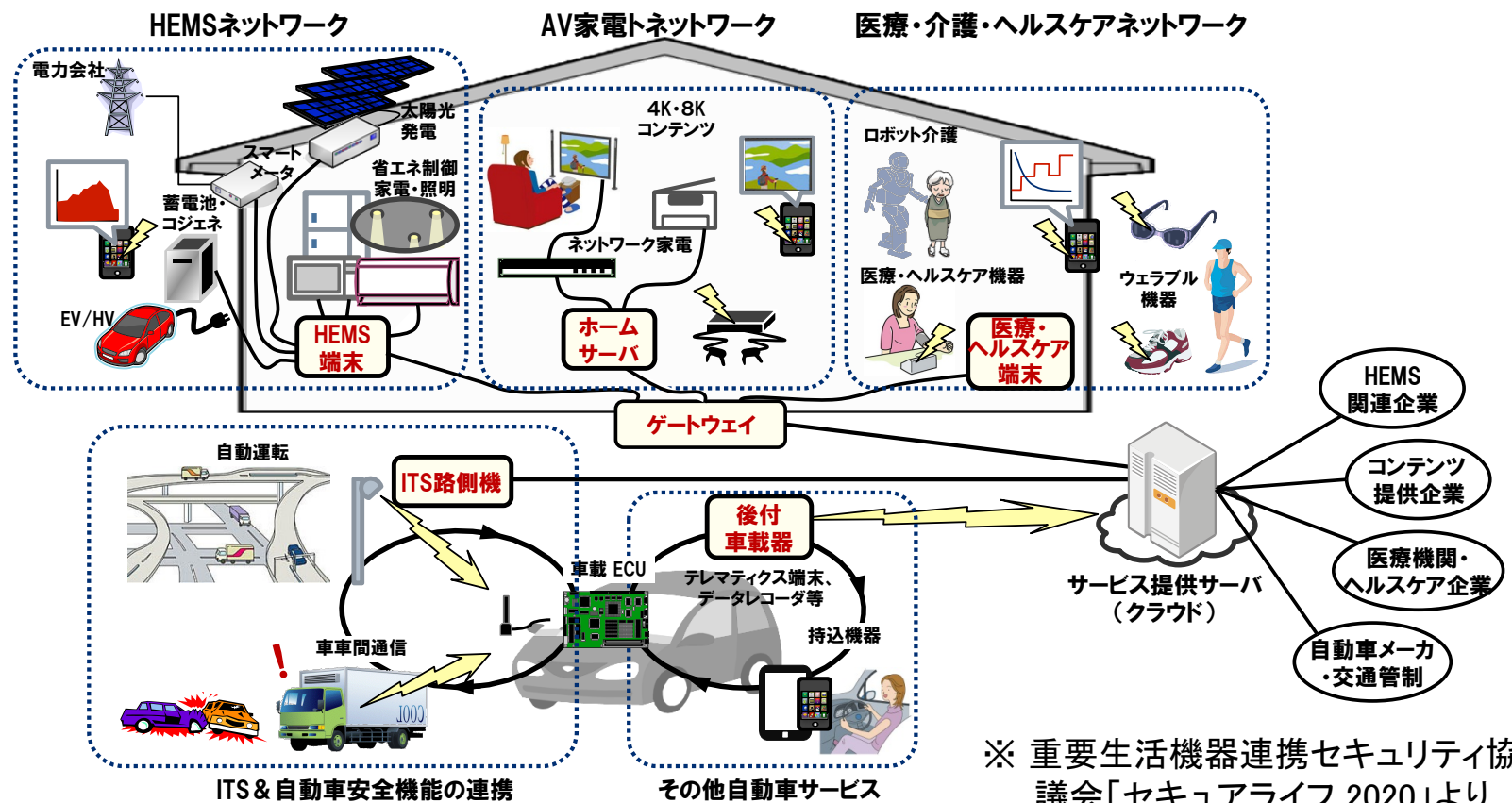


## 組み込みシステムが使われている機器の例

- ▶ 家電製品 (電子レンジ, 炊飯器, 冷蔵庫, 洗濯機, 乾燥機, エアコン)
- ▶ AV機器 (テレビ, ハードディスクレコーダ, カメラ, オーディオ機器)
- ▶ 娯楽/教育機器 (ゲーム機, 電子楽器, カラオケ, パチンコ)
- ▶ 個人用情報機器 (電子ブックリーダー, 電子辞書, カーナビ)
- ▶ パソコン周辺機器 (プリンタ, スキャナ, ハードディスク, DVDドライブ)
- ▶ OA機器 (コピー, FAX, 複合機)
- ▶ 通信機器 端末 (電話機, 留守番電話機, 携帯電話機)  
ネットワーク設備 (交換機, PBX, ネットワークルータ, ハブ)
- ▶ 運輸機器 (自動車, 信号機, 鉄道車両, 航空機, 船舶)
- ▶ 工業制御/FA機器 (工作機械, 工業用ロボット, プラント制御)
- ▶ 設備機器 (ビル用照明・空調・電力システム, エレベータ)
- ▶ 医用機器/福祉機器 (血圧計, 心電計, レントゲン, CTスキャナ)
- ▶ 宇宙/軍事 (ロケット, 人工衛星, ミサイル)
- ▶ その他業務用機器 (業務用データ端末, POS端末, 自動販売機)
- ▶ その他計測機器 (シンクロスコープ, ICテスタ, 電力メータ)

# IoT – モノのインターネット

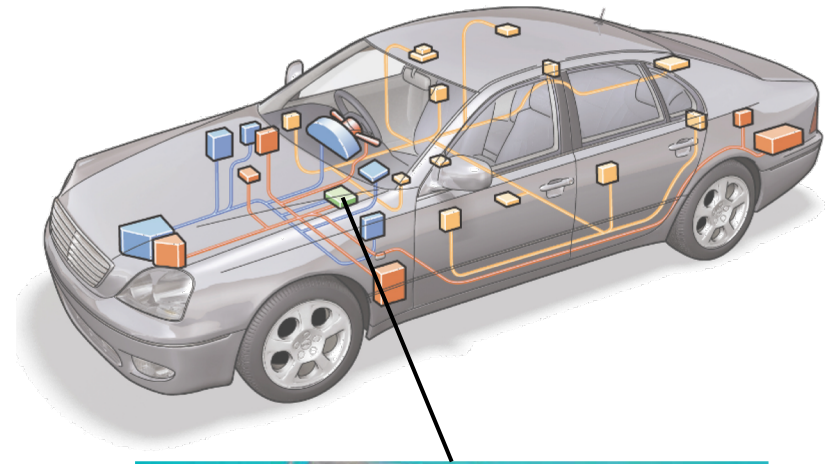
- ▶ 様々な「モノ(物)」がインターネットに接続され、情報交換することにより、相互に制御する仕組みと、それによるデジタル社会の実現 (Wikipediaより, 一部修正)



## 組込みシステムの例 ～ 自動車のエンジン制御

### 車載組込みシステム

- ▶ 1台の自動車に、20～100個の組込みコンピュータが使われている
- ▶ 自動運転になるとさらに増えるかも



### エンジン制御システム

- ▶ 自動車の制御に最初にコンピュータが使われたのがエンジン制御
  - ▶ 厳しい排気ガス規制をクリアするため



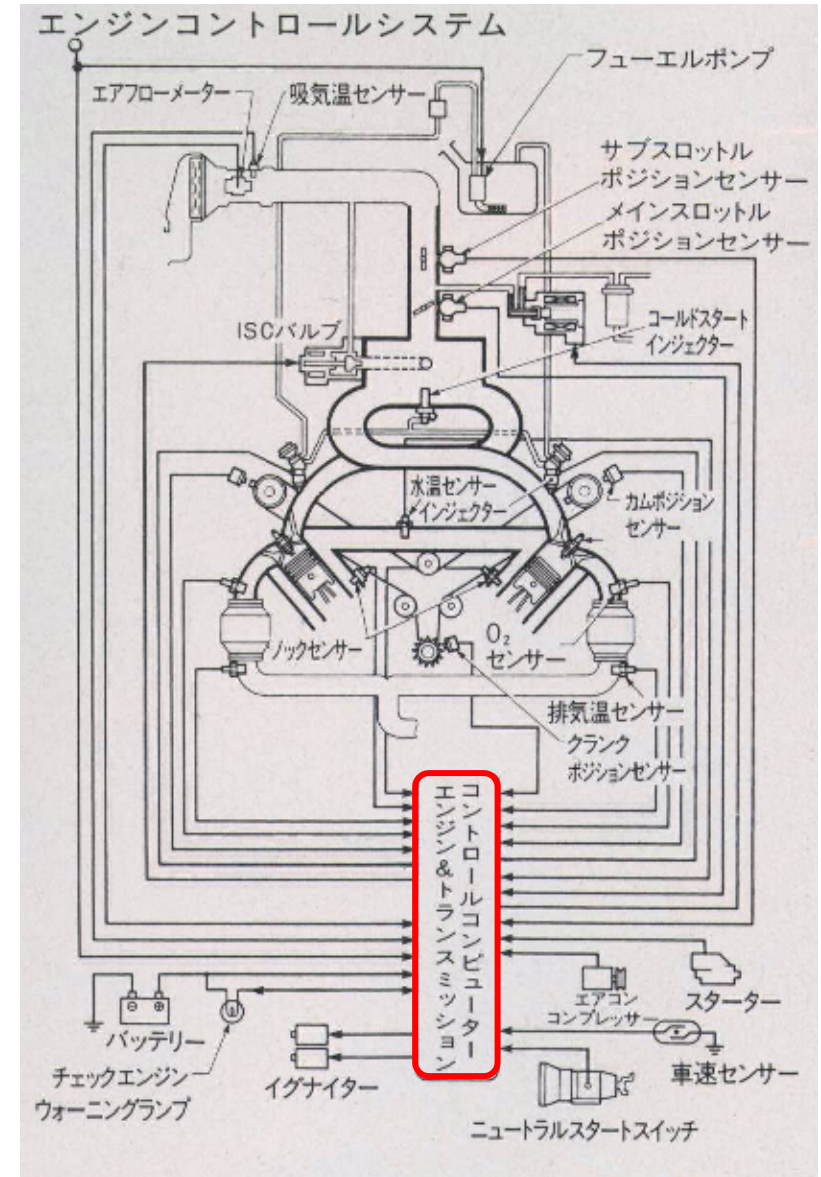
エンジン制御コンピュータ

## システムの構成要素

- ▶ 組み込みコンピュータ
- ▶ 多数の高精度センサ
  - ▶ クランクポジションセンサ
  - ▶ エアフローメータ
  - ▶ 吸気温センサ
  - ▶ スロットルセンサ などなど
- ▶ いくつかのアクチュエータ

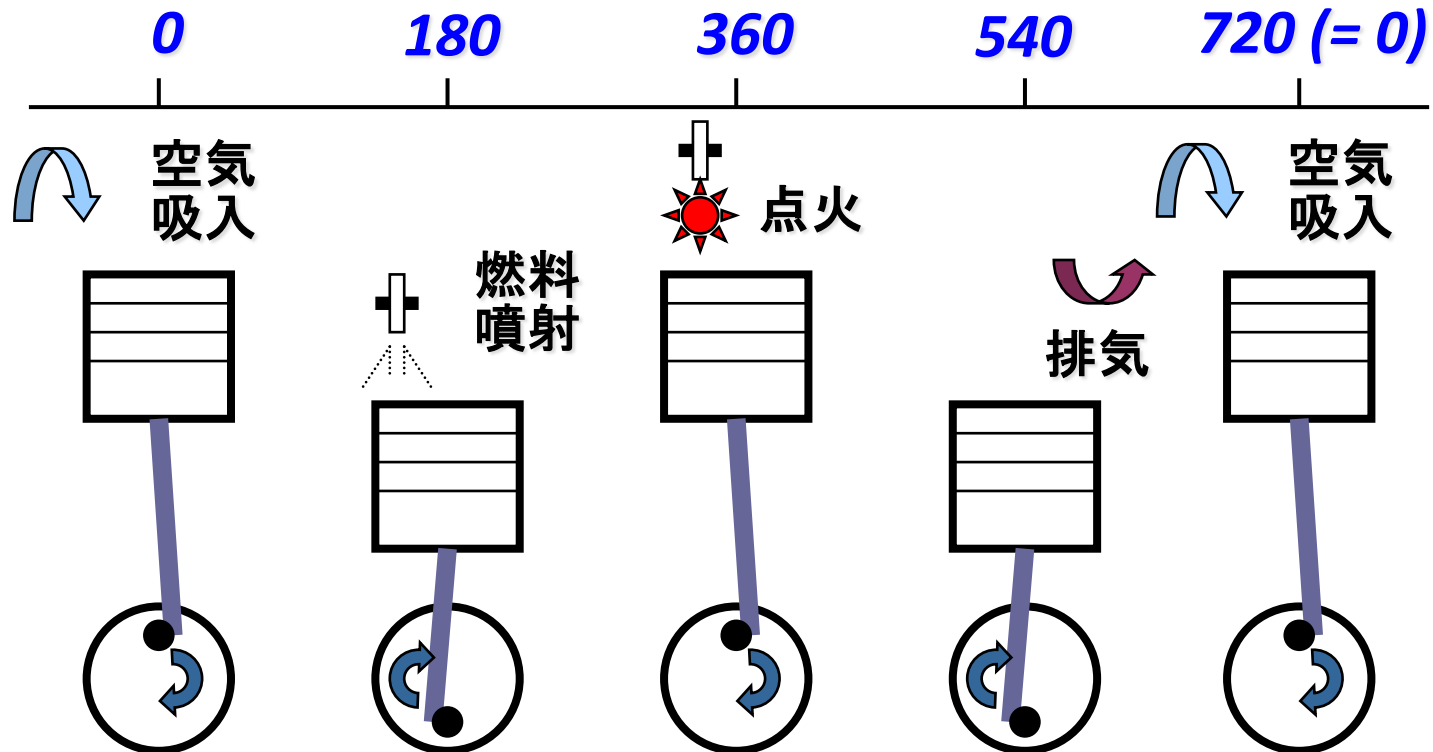
## システムの機能(の1つ)

- ▶ センサからの入力をもとに、最適な燃料噴射量や点火タイミングなどを計算して、アクチュエータに出力



## エンジン制御の基本概念

- ▶ エンジンの動作の1サイクル(2回転)毎に, 各種のセンサからの情報を元に, 最適な燃料噴射量や点火タイミングなどを計算し, アクチュエータを制御
- ▶ 1サイクルは, エンジン回転数が6000rpmの時に20m秒



## エンジン制御システムに求められること

- ▶ 決められた時間内での動作(リアルタイム性)
  - ▶ 燃料噴射量の計算は、燃料を噴射するタイミングまでに終わっていないなければならない
  - ! 機械は待ってくれない(人間は待ってくれる)
- ▶ 確実な動作(安全性のための高い信頼性)
  - ▶ 点火をミスすると、燃えていないガソリンが排出され、最悪の場合は火災につながる(触媒が燃える)
  - ! 人命にかかわる危険な事態につながる
- ▶ 安全性確保のための機能
  - ▶ 点火プラグ(電氣的に火花を発生させて点火する)も故障することがある
  - ▶ エンジン制御コンピュータは、点火プラグが故障していないか常に診断し、故障を検知したら、その気筒には燃料噴射しない

## 安全・安心な情報システムとは？

- ▶ コンピュータも、機械である以上、故障することはある
- ▶ ソフトウェアの不具合(バグなど)をゼロにするのは難しい

### ディペンダビリティ

- ▶ 広い意味での信頼性
- ▶ システムがどの程度たよりになるか(頼っても大丈夫か?)
- ▶ “安心”に近いが、主観は入らない
- ▶ いくつかの要素がある
  - ▶ (狭い意味での)信頼性
  - ▶ 可用性
  - ▶ 安全性(セーフティ)
  - ▶ セキュリティ… 訳すと“安全性”になり、セーフティと区別がつかない

**！言葉の定義は1つではない。ディペンダビリティをもう少し狭く捉える定義もある**



## 信頼性

- ▶ 機能単位が、要求された機能を与えられた条件のもとで、与えられた期間実行する能力 (JIS X 0014)
- ▶ (要は) 故障しないこと

## 可用性

- ▶ 必要となる外部資源を与えられたときに、ある時点において、又はある一定の期間、機能単位が決められた条件のもとで要求された機能を果たせる状態にある能力 (JIS X 0014)
- ▶ (要は) 使いたい時に使えること
- ▶ 故障してもすぐに修理すれば問題ない

## 安全性

- ▶ システムが規定された条件のもとで、人の生命、健康、財産またはその環境を危険にさらす状態に移行しない期待度合い (JIS X 0134)

## 安全性と信頼性

- ▶ 安全性と信頼性は違う概念(定義は明らかに違う)
- ▶ 安全性と信頼性が相反する場合もある

### 例)踏切の遮断機

- ▶ 遮断機の機能
  - ▶ 列車が接近したら遮断棒を降ろし, 通過したら上げる
- ▶ 開かない遮断機があったら?
  - ▶ 衝突事故を防いでいるという意味では, 安全性はある
  - ▶ 機能を果たしていないので, 信頼性はない

### 信頼性と安全性が相反する例

- ▶ 2重系にすると, 安全性は上がるが, 信頼性は下がる
  - ▶ 遮断機の制御コンピュータを2つ用意し, 2つの出力が一致しない場合には, 遮断棒を降ろす(フェールセーフ設計)

## 何が安全かは、システムによって異なる

### 例1) 自動車 vs. 飛行機

- ▶ 自動車は、止めれば(おおよそ)安全. 故障した場合は、止めれば(おおよそ)許される
- ▶ 飛行機は、止めると墜落する. 故障しても飛び続けたい  
⇒ 耐故障システムが必要に

### 例2) 人工衛星 vs. ロケット

- ▶ 人工衛星は、制御を止めてもすぐには落ちない. 故障したら、最低限のライフライン(太陽電池を太陽に向けるなど)のみを維持して、地上からのコマンド待ちになればよい. 修理ができないため、バックアップ系が必要
- ▶ ロケットは、短時間の制御停止でも軌道を外れてしまう. そのため、故障しても、できる限り制御を継続する. 最悪の場合には、安全な方向に誘導して自爆する(有人ロケットは除く)

## 耐故障システム

- ▶ システムの構成要素が故障しても、システム全体の機能が損なわれないように構成したシステム
- ▶ 冗長系(同じ機能を持つ構成要素を複数用意する)を用いるのが基本. どのような冗長構成が適切かは、システムの性質による
  - ▶ デュアルシステム(常用冗長)
  - ▶ デュプレックスシステム(待機冗長)
  - ▶ 三重冗長系
- ▶ 設計の冗長化
  - ▶ 同じものを複数用意しても、ソフトウェアの不具合に耐えられない. 同じ機能を持った別々のソフトウェアを用意することが必要

# セキュリティ

## 情報セキュリティ

- ▶ 情報の機密性, 完全性および可用性の維持 (JIS X 5080)
- ▶ 機密性
  - ▶ アクセスを認可された者だけが情報にアクセスできることを確実にすること
  - ▶ (要は) 秘密が守られること
- ▶ 完全性
  - ▶ 情報及び処理方法が, 正確であること及び完全であることを保護すること
  - ▶ (要は) 情報が改ざんされたり, 削除されたりしないこと
- ▶ 可用性
  - ▶ 認可された利用者が, 必要なときに, 情報及び関連する資産にアクセスできることを確実にすること

# 安全性とセキュリティ

## 守りたいものの違い

- ▶ “情報セキュリティ”は、(文字通り)情報を守ること
  - ▶ 情報セキュリティの3要素(CIA)は、いずれも情報に着目した性質
- ▶ 安全性が対象にしている「人の生命, 健康, 財産またはその環境」の内, 財産(の一部)以外は情報に該当しない

## 対象とする事象の違い

- ▶ “セキュリティ”という用語は、主に、故意による攻撃からの防衛を意味している
  - ▶ national security = 安全保障
  - ▶ home security = 防犯
- ▶ 安全システム技術は、主に、自然に発生する故障や、(故意でない)人為的なミスに対応することを主眼としている

# サイバーセキュリティ

## サイバーセキュリティとは？

- ▶ サイバーセキュリティ基本法による定義(一部省略)

電子的方式、磁気的方式その他の知覚によっては認識することができない方式により記録され、又は発信され、伝送され、若しくは受信される情報の漏えい、滅失又は毀損の防止その他の当該情報の安全管理のために必要な措置並びに情報システム及び情報通信ネットワークの安全性及び信頼性の確保のために必要な措置が講じられ、その状態が適切に維持管理されていること

- ▶ サイバー攻撃に対して防衛すること

## サイバー攻撃とは？

- ▶ 情報システムに対してネットワーク等を通じて行う攻撃
  - ▶ 組込みシステムに対する攻撃には、センサーを通じた攻撃もあるので、“等”をつけた
- ! “サイバー”は守るべきものではなく、攻撃の対象／手段を表している

# 情報システムに対する要求

## 要求とは？

- ▶ 情報システムに求められること
- ▶ 情報システムが満たすべき性質

## 機能要求

- ▶ どんな機能を果たしてほしいか？
- ▶ (典型的には)情報システムに対する入力と出力の関係

## 非機能要求

- ▶ 性能, リアルタイム性
- ▶ ディペンダビリティ(信頼性, 可用性, 安全性, セキュリティ)
- ▶ 使いやすさ
- ▶ 運用性, 保守性, 拡張性, 移行性
- ▶ 対環境性(省エネルギーなど)



# 要求分析とその重要性

## 要求分析とは？(要求定義などとも呼ぶ)

- ▶ 情報システムに対する要求を明確にする活動
- ▶ 情報システム開発の最初のステップ

## なぜ要求分析が必要か？

- ▶ 情報システムのユーザと開発者が一致しない場合(これが普通)、開発者は、ユーザ(やその他の関係者)が求めていることを正確に理解する必要がある
  - ! これが意外と難しい
- ▶ 非機能要求を満たせるか分析し、満たせない場合には、満たせるような対策をとる必要がある
  - ▶ 対策が機能の場合、ここから機能要求が出てくる
  - ▶ 分析せずに対策すると、必要な対策が抜けたり、不要な(過剰な)対策をしてしまう可能性がある

## 本日の講義のサマリー

### 情報システム／コンピュータは、様々な目的で利用されている

- ▶ コンピュータの種類／形態は、「デスクトップ／モバイル」、「サーバ」、「組込みシステム」の大きく3つに分類される
- ▶ 一般に馴染みがない(と思われる)スーパーコンピュータと組込みシステムについて、具体的な用途の例を挙げて解説した

### 情報システムに対しては、様々な要求が課せられる

- ▶ 要求は、機能要求と非機能要求に分類できる
- ▶ 情報システムによって、求められる非機能要求は大きく異なる
- ▶ 要求を明確にすること(要求分析)は、情報システムを開発する時の、非常に重要な最初のステップである

## レポート課題

以下の設問に答えよ. A4版の用紙に解答し, 次回(6月28日)のインフォマティクス1の**開始時**に提出すること.

1. 自分が知らなかった情報システムの用途を, Webや文献等を調査して1つ見つけ, その情報システムに対する要求(機能要求および非機能要求)をまとめよ. 非機能要求については, その要求の理由も記述せよ(調査でわからなかった場合は, 自分で検討すること). なお, 参照したURLや文献を明記すること.
2. 本日の講義に対する感想・コメントを自由に書いて下さい. レポートには学生番号, 氏名, 担当教員名(高田)を明記すること.