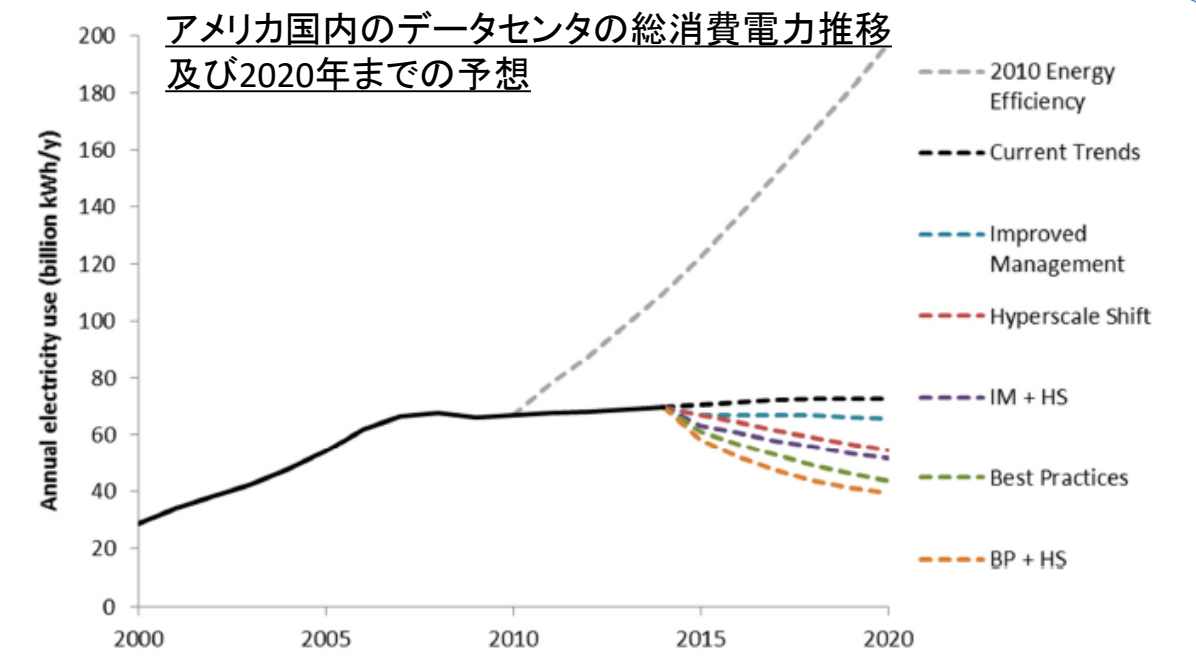


数値流体力学に基づくデータセンター消費電力シミュレータを用いたサーバへのワークロード割り当て最適化

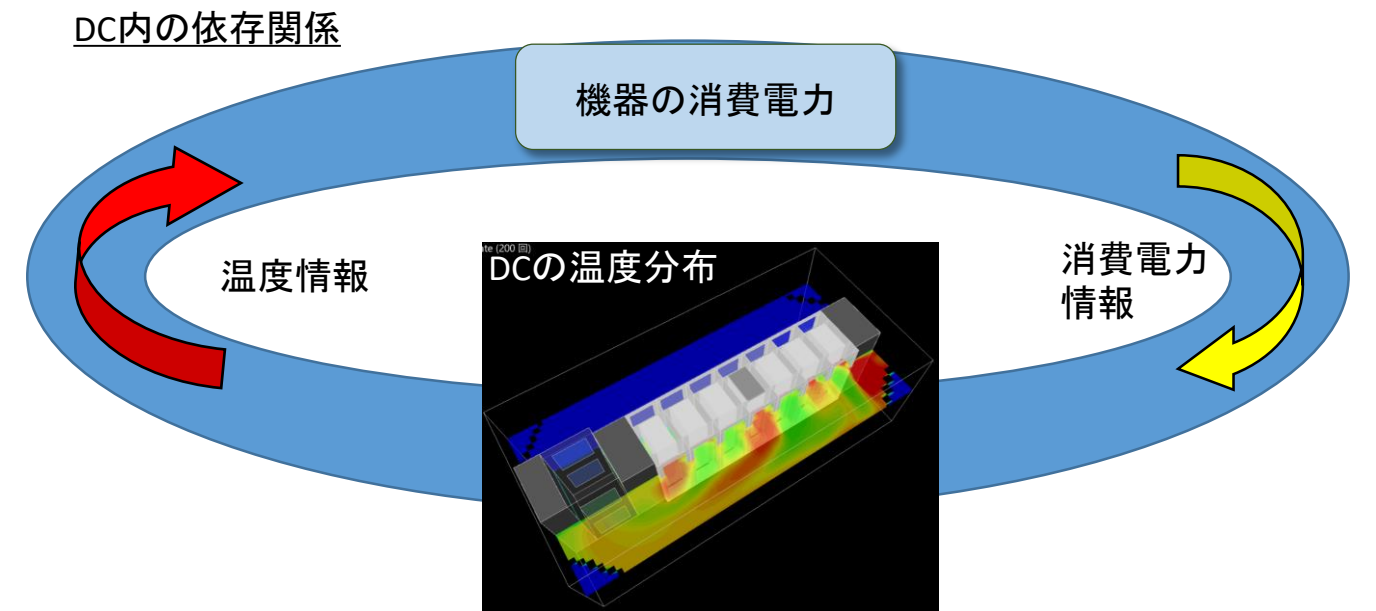
研究背景

- 2000年以降データセンター (DC) の消費電力は増加し続けている
- DC の省電力化が課題となっており、様々な取り組みが行われている
 - サーバや空調機などの機器の電力効率化
 - サーバ運用の効率化



研究目的

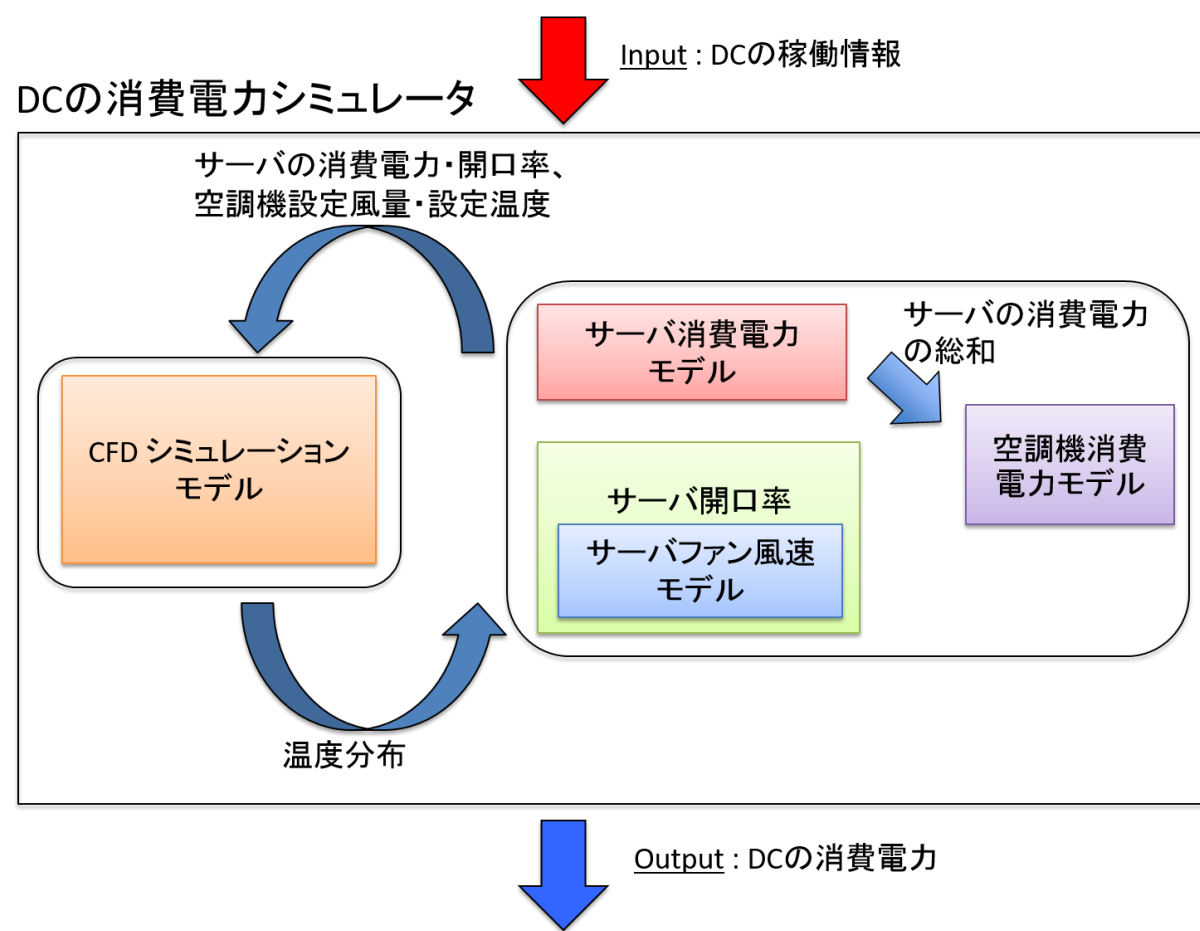
- DC内の各機器の消費電力は相互依存の関係にある(右図)
- 個々の機器の省電力化だけでは期待している効果を得られない



→ **DC内の機器の依存関係を再現した消費電力シミュレータの構築が必要**

DCの消費電力シミュレータ

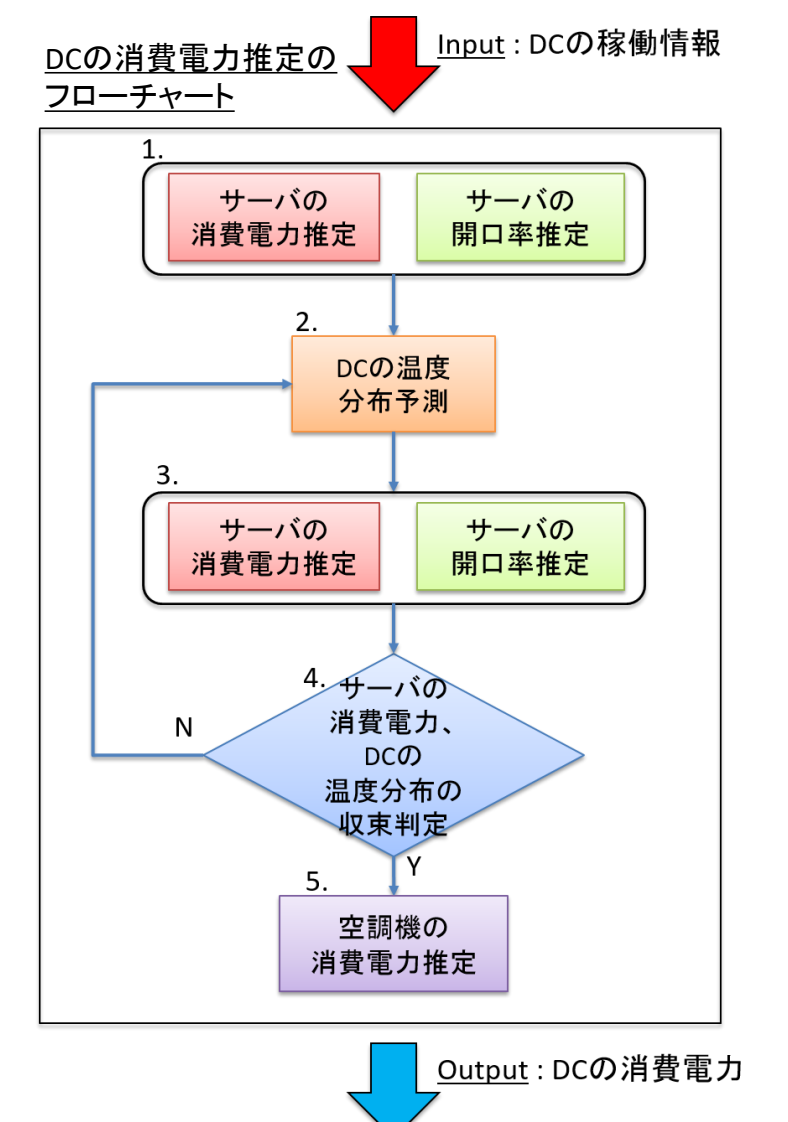
- 入力: DCの稼働情報
 - 各サーバへのワークロード割り当て、空調の設定風量と設定温度、外気温度
- 出力: DCの消費電力
 - サーバの消費電力の総和 + 空調機の消費電力



- 消費電力・ファン風速推定
 - DCの稼働データを学習データとして、ニューラルネットワークを用いて構築したモデルを利用
- DC内の温度分布予測
 - 数値流体力学シミュレーション(CFDシミュレーション)を利用
 - サーバの消費電力とサーバのファンによる風速、空調機の設定からDC内の温度分布を予測
 - DCを模したCFDシミュレーションモデルを構築

DCの消費電力推定アルゴリズム

- 入力されたDCの稼働情報を元に、各サーバの消費電力とファン風速を推定
 - 推定されたファン風速からサーバの開口率を導出する
- 温度に関する情報がCFDシミュレーションモデルに入力され、温度分布と風速分布を予測
 - 温度に関する情報: サーバの消費電力・開口率、空調機設定風量・設定温度
- 予測された温度分布を元に、各サーバの消費電力と風速を再び推定
- サーバの消費電力、DCの温度分布、風速分布が収束判定
 - 収束するまで1~3を繰り返す
- 収束した時のサーバの消費電力の総和から空調機の消費電力を推し、サーバの消費電力の総和と空調機の消費電力の合計を出力



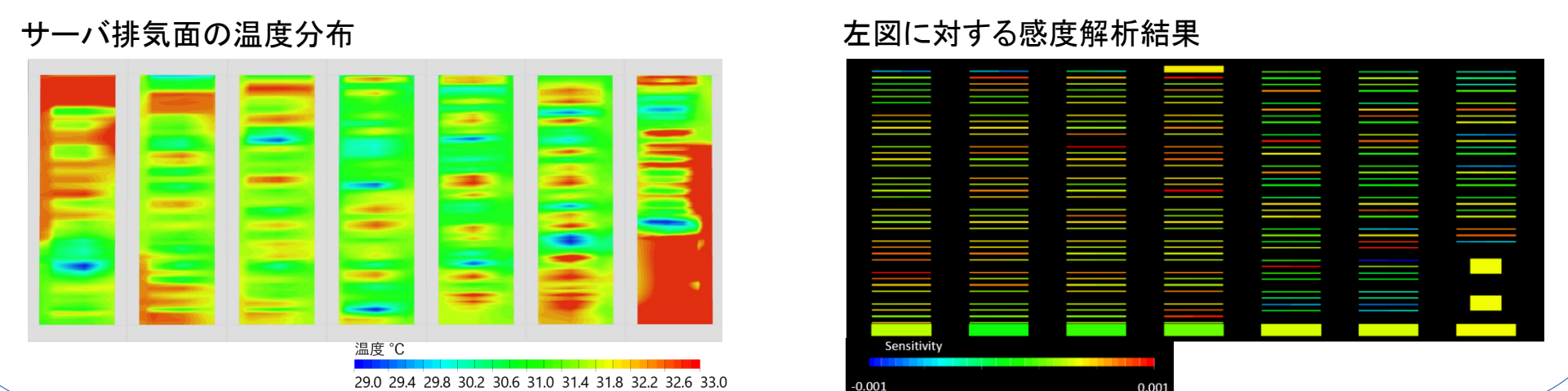
消費電力シミュレータの応用

- 一般的に、サーバの消費電力はファンの回転数の3乗に比例
 - ファンの回転数はCPU使用率、吸気温度・風量に依存
 - サーバの排気温度は吸気温度と吸気風量に依存
- サーバの吸気温度と風量が一定の時、消費電力と排気温度には相関がある
 - シミュレータを用いてCPU使用率を適切に設定し、ファンの回転数を抑えることが省電力化に有効

各サーバへのワークロード割り当ての最適化

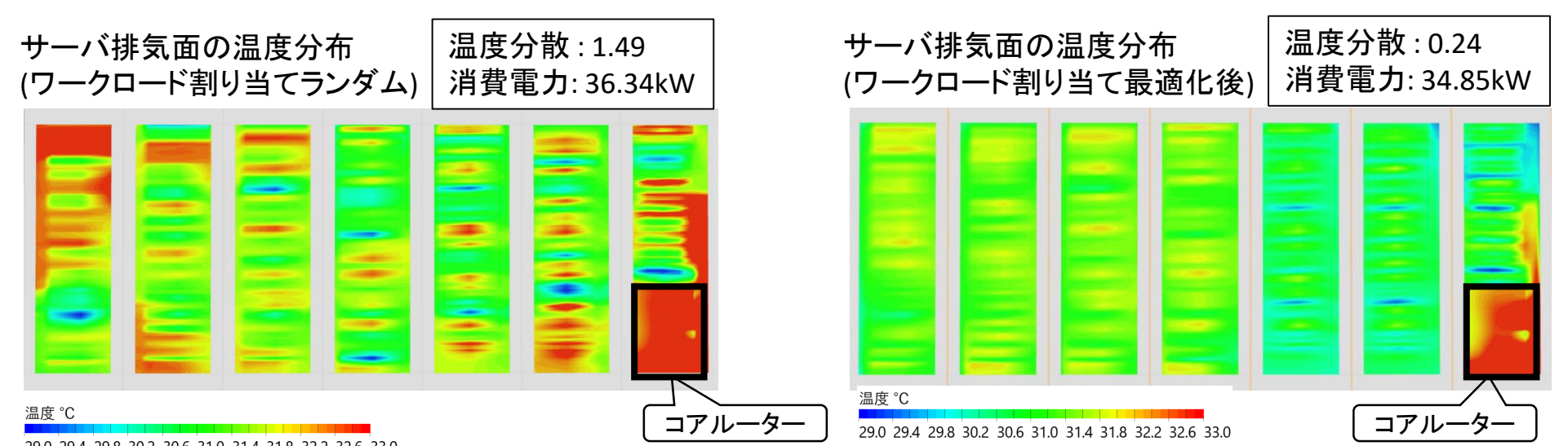
排気温度の分散に対する感度解析

- CFDシミュレーションにより、排気温度に対する各サーバの消費電力の感度が得られる
 - 下図左の解析結果に対して、下図右の感度が得られる



ワークロード割り当て最適化結果

- DCの設定
 - ワークロード負荷: 30%
 - 空調設定温度: 25°C
- DCの消費電力を**4.1%**削減することができる



- ワークロードの最適化により、サーバの温度が均一化され、その結果ファンの回転数が均一化され、消費電力の合計が下がる