電子情報通信学会 ネットワーク仮想化研究会(NV)

AIによる定量的な性能推定に基づくIT/NWシステム自動設計技術

2023年5月26日

NEC セキュアシステムプラットフォーム研究所
八鍬 豊, 田辺 和輝, ブリントン 成, 黒田 貴之

© NEC Corporation 2023

本発表のサマリ

- 背景: B5G領域を中心に、ネットワークの自律運用への期待が高まっている
- 弊社の取り組み: intentに基づくシステムの自動設計技術の研究開発
- 技術課題: 柔軟な設計をするために多数の設計の可能性を吟味するほど設計時間を要する
- 成果: 特に非機能要件に関する評価を推定するAIの導入により、設計処理を

100倍高速化

© NEC Corporation 2023

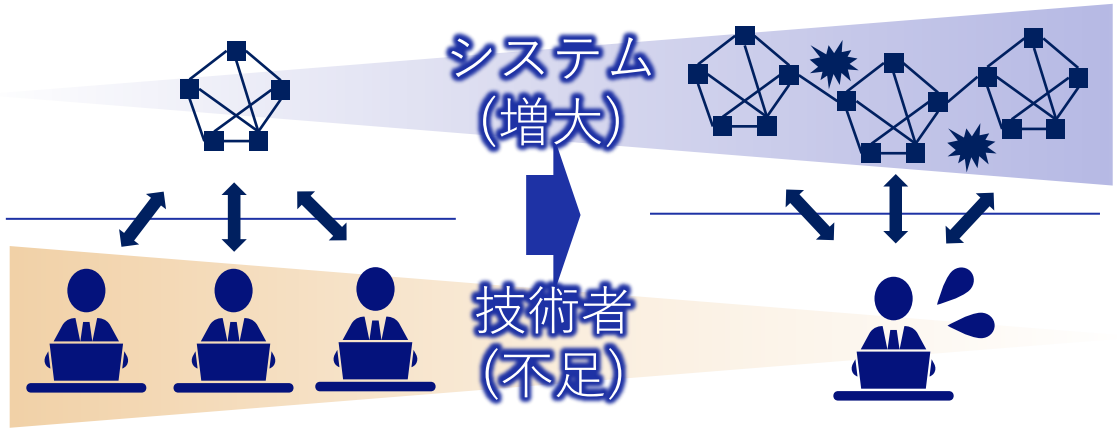
Outline

1. 背景: 自律運用と自動設計技術
2. 課題: 自動設計における多様な要件の考慮
3. 提案: 推定評価AIの導入
4. 評価: 推定評価の妥当性、設計時間、学習の尤度曲線
5. まとめと今後の課題

背景: ネットワークの自律運用への期待

ネットワーク運用に掛かる負荷の増大 → 自律運用技術への期待

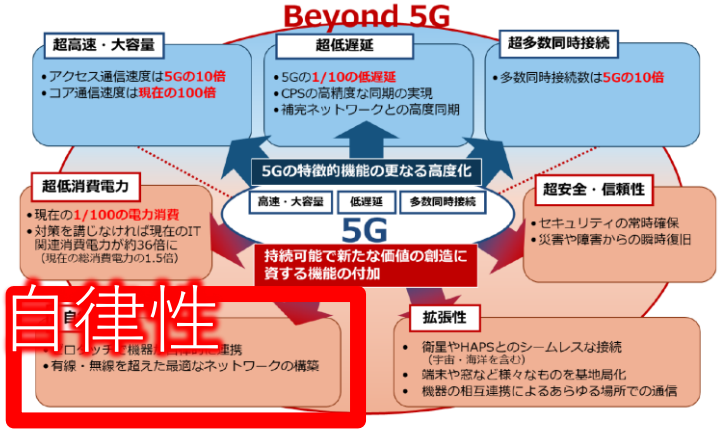
運用に掛かる負荷の増大



- **2030年に国内IT人材78万人不足**
  [1] 経産省, “IT人材白書”
- 国内IT市場規模: CAGR 2.6% (FY’20-25)
  法人向け5G関連: CAGR 198%(FY’20-26)
  [2] IDC Japan, “国内法人向け5G関連IT市場予測”

技術動向: 自律運用の研究開発

総務省, Beyond 5G推進戦略



国際標準団体による提言事例

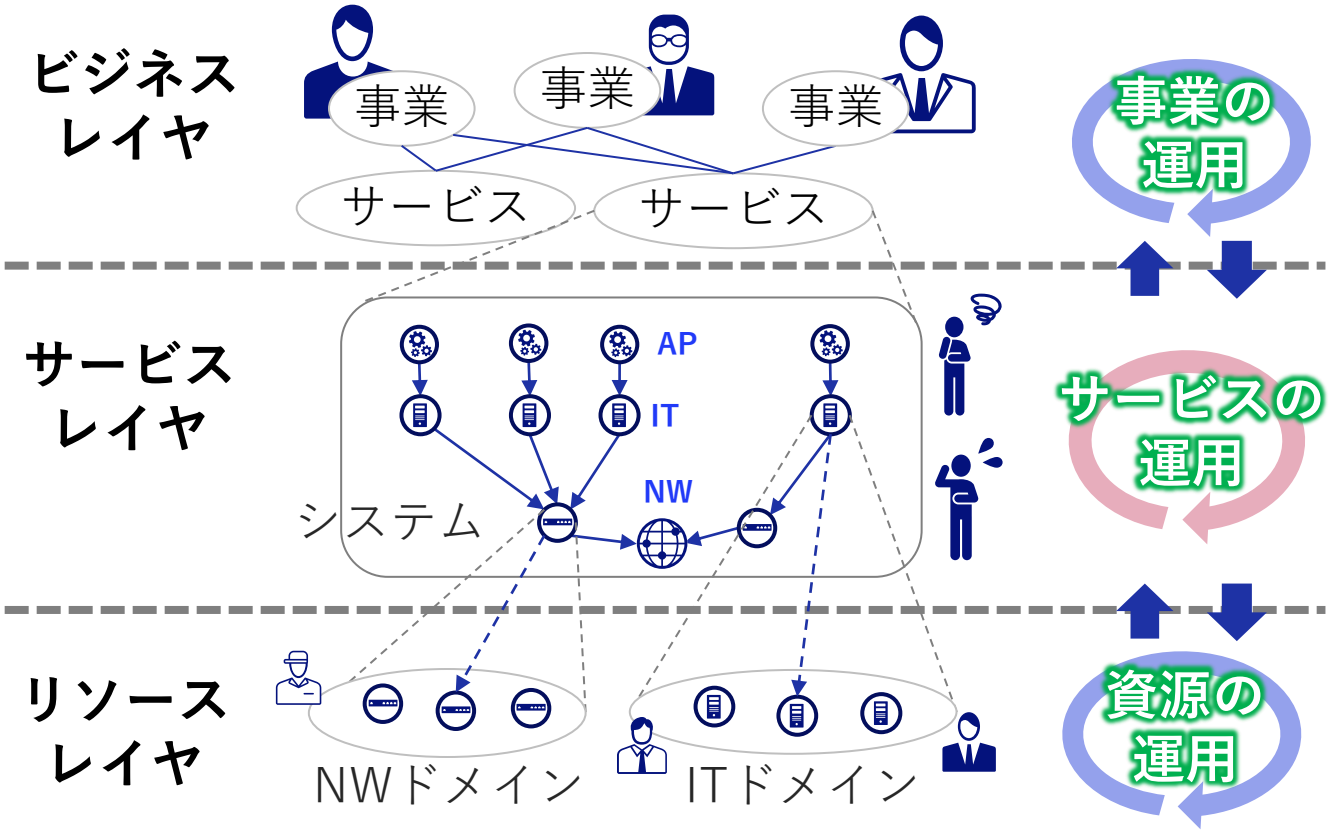
- TMForum: Autonomous Networks
- ETSI: Zero touch management(ZSM)
- ITU-T: Autonomous Networks
- O-RAN: RAN Intelligent Controller(RIC)

© NEC Corporation 2023

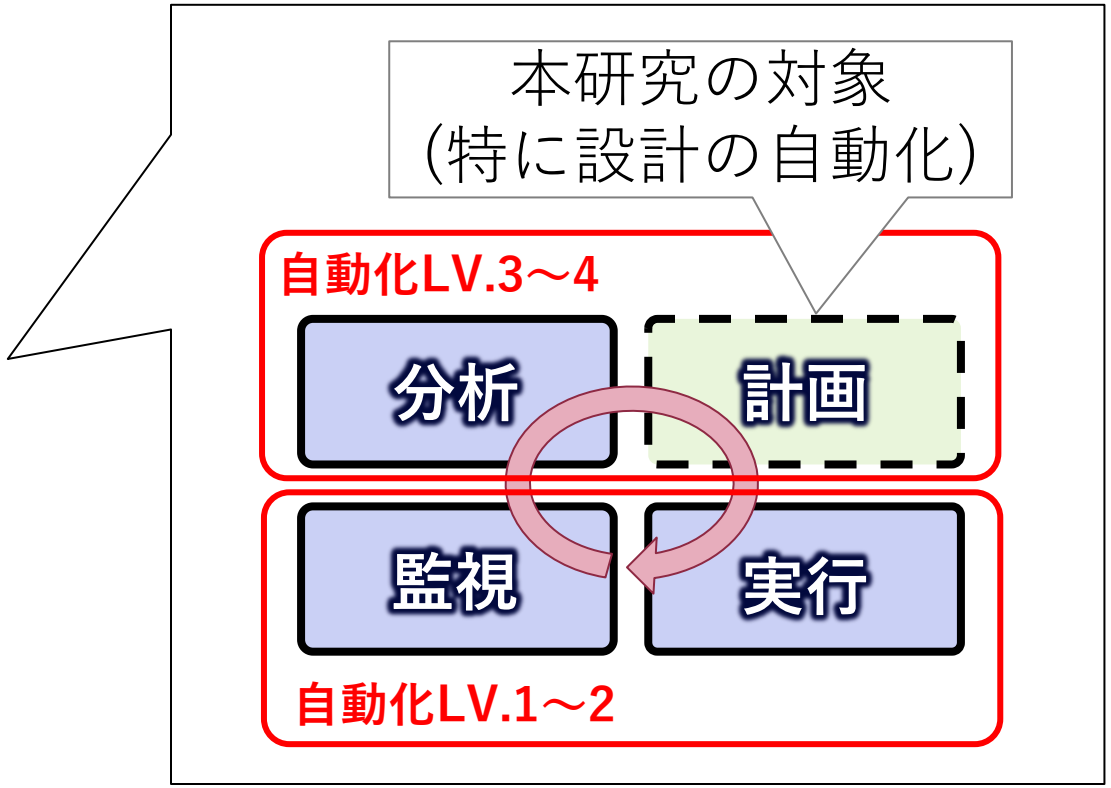
自律ネットワークの研究領域における本研究の位置付け

サービスレイヤの運用自律化の内、「計画」工程の自動化が対象

ネットワーク運用管理の全体像



サービスレイヤの運用工程



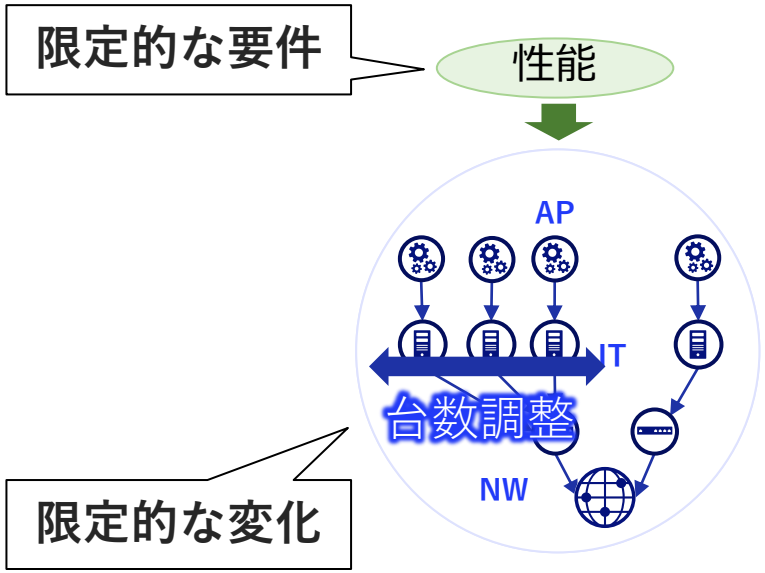
[3] TMForum, Autonomous Networks Project, https://www.tmforum.org/collaboration/autonomous-networks-project/

© NEC Corporation 2023
\Orchestrating a brighter world NEC

自動設計技術に求められるもの(機能的な課題)

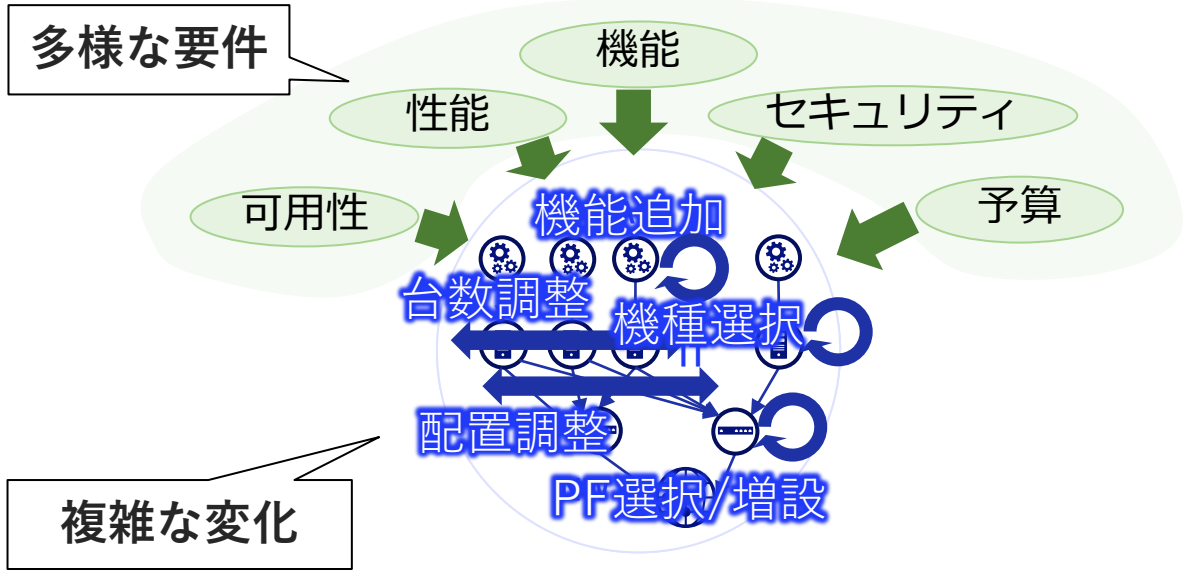
システム構成の多様な要件に対する柔軟な対応

既存の自動設計手法



限定的な要件に基づく自動設計
→ 想定外の変化に対し人の対応が必要

現実的な設計



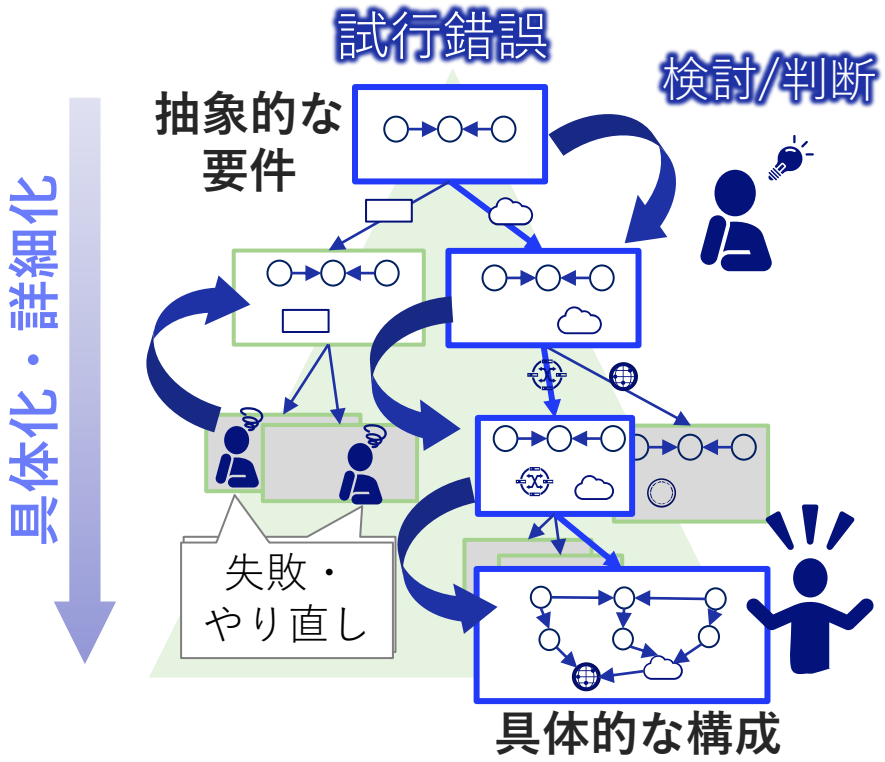
多様な要件に基づく自動設計
→ 多様な変化に対し自動的に対応可能

© NEC Corporation 2023

自動設計技術Weaverのコンセプト

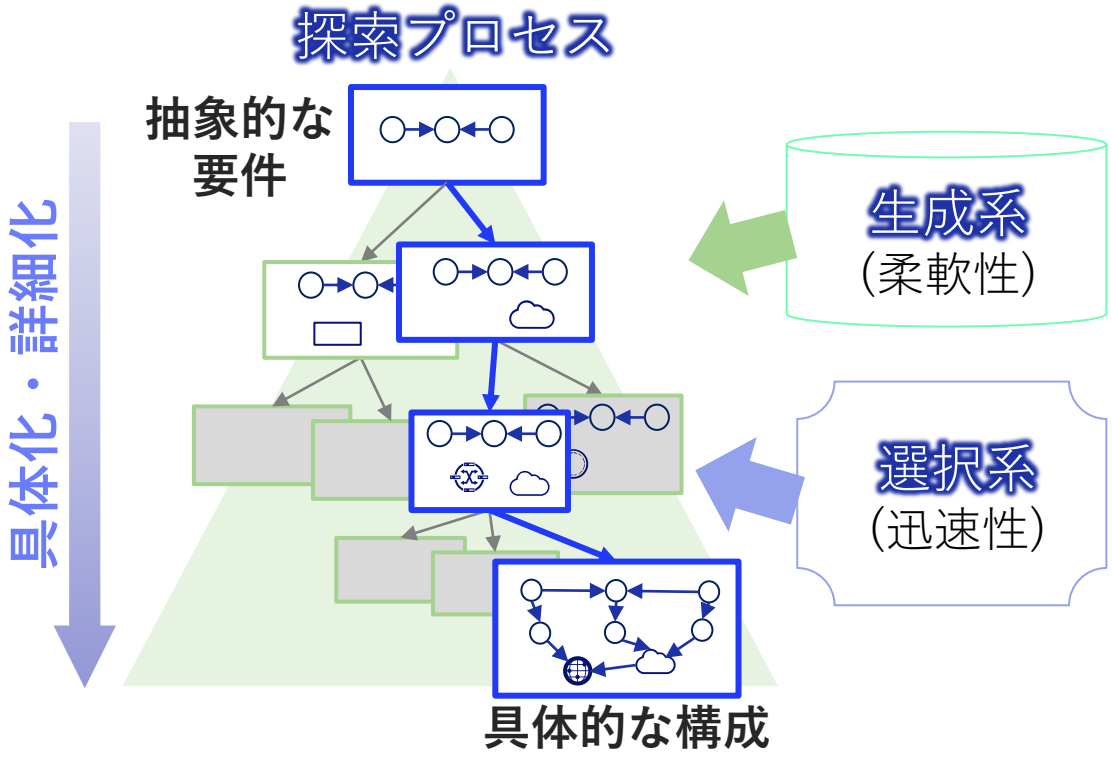
複雑なシステムや設計プロセスの忠実なモデル化

現実のシステムと設計プロセスの姿



モデル化

システムと設計プロセスのモデル



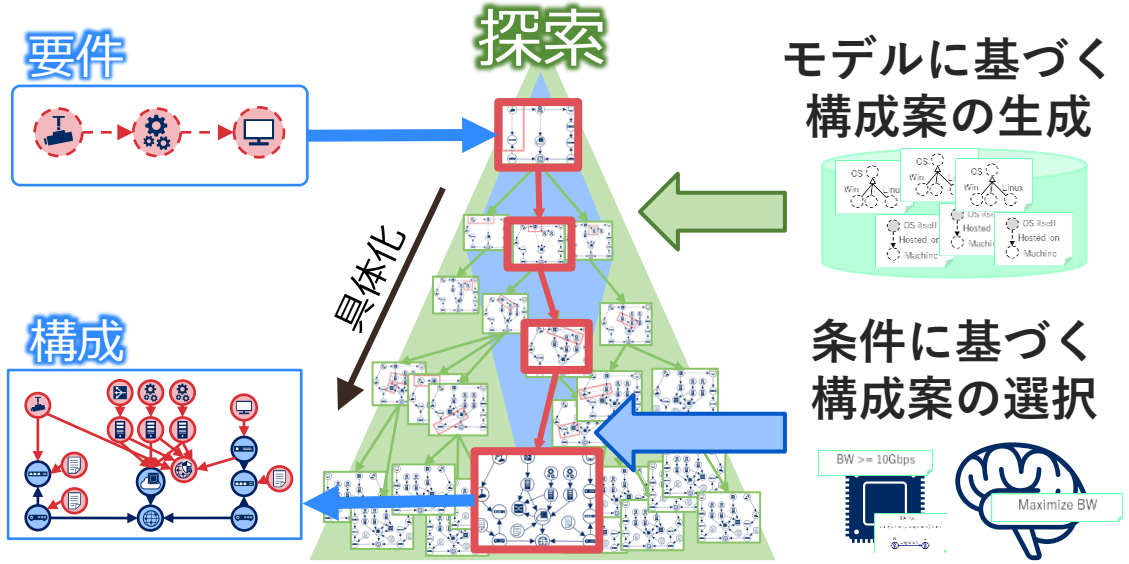
© NEC Corporation 2023
\Orchestrating a brighter world NEC

自動設計技術Weaverのアルゴリズムとデータ構造

アルゴリズム：構成要素の組合せの探索による多目的な最適化
データ構造　：構成グラフ, 構成要素(生成モデル), 条件と評価法(選択モデル)

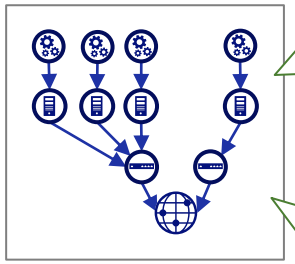
自動設計プロセス

全ての構成要素が具体的かつより高い水準で
条件を満たす構成要素の組み合わせを探索
(= **多目的組合せ最適化**)



システム構成のモデル

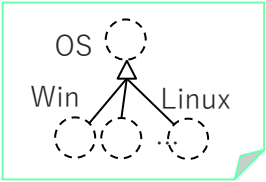
構成



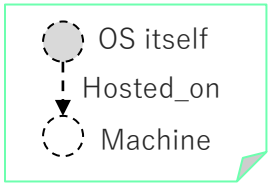
グラフ
・構成部品
・関係性

構成要素のモデル（生成モデル）

構成要素の
選択肢



構成要素が
周辺に求める条件



条件と評価のモデル（選択モデル）

集合・不等式

BW >= 10Gbps

目的関数

Maximize BW

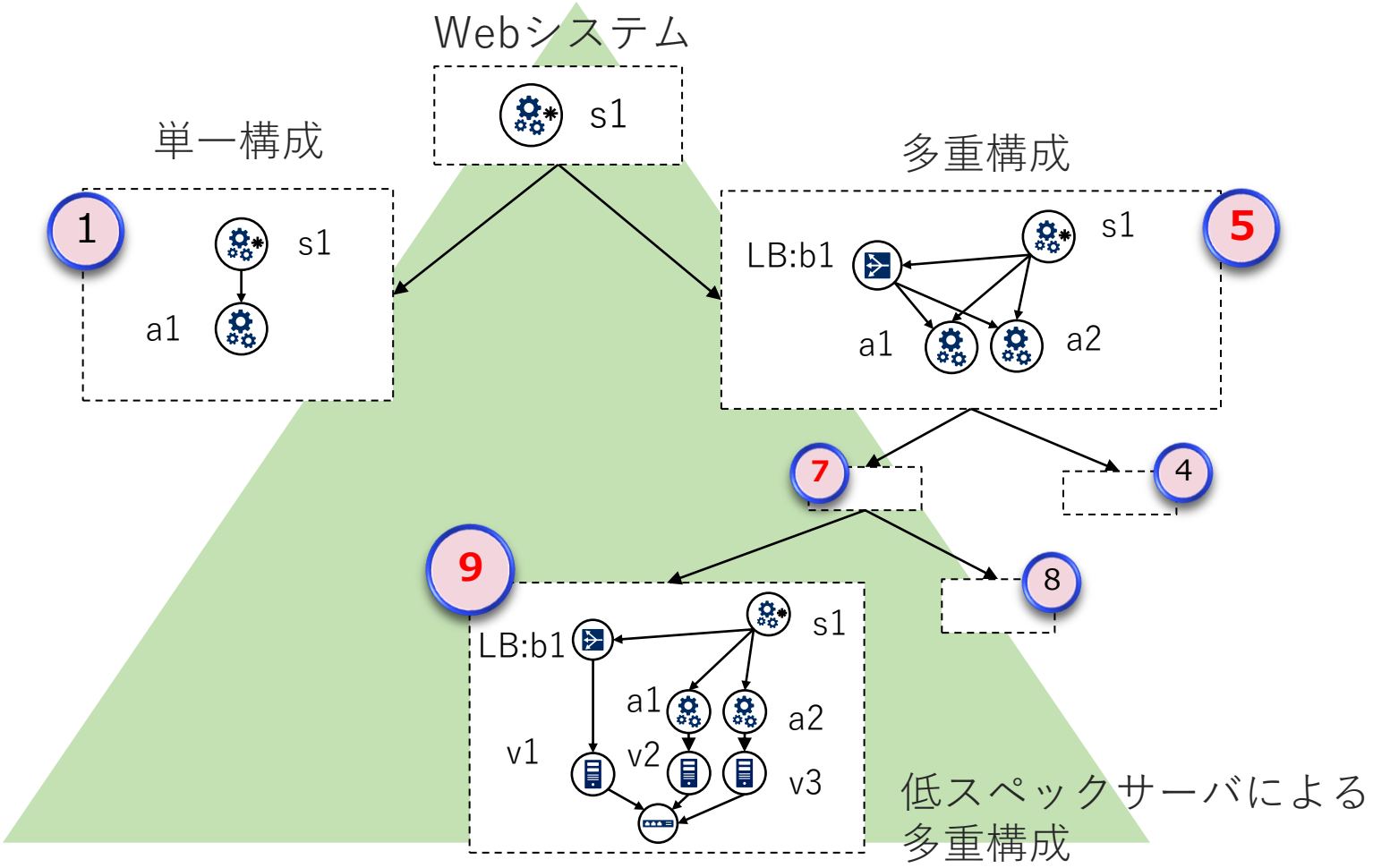
評価方法

TAT(a) :=
sum(a.time, a.depends().time)

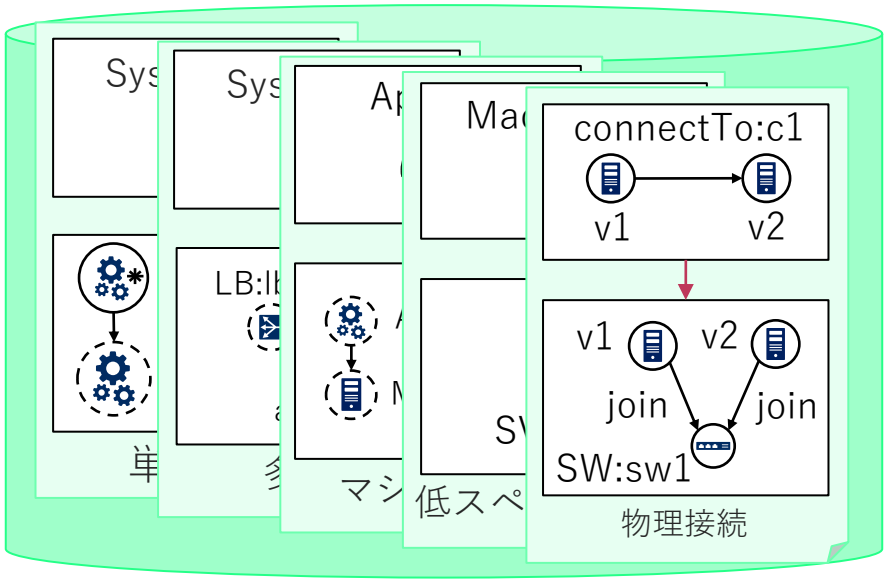
© NEC Corporation 2023
\Orchestrating a brighter world NEC

自動設計技術Weaverの動作概要

構成案の生成と評価を繰り返すことで
条件を満たす完全に具体化された構成案を導出



具体化規則

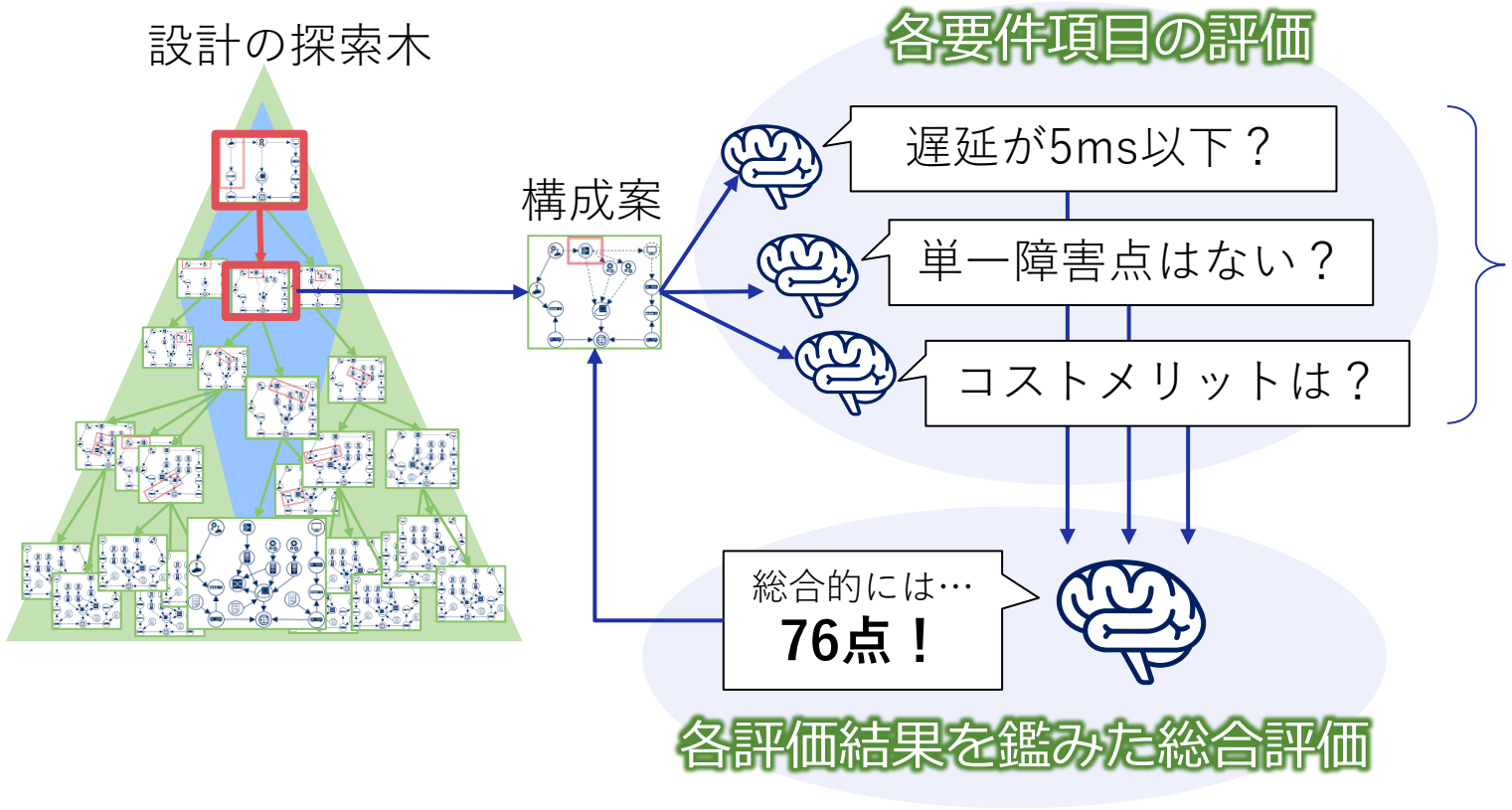


設計AI

© NEC Corporation 2023
\Orchestrating a brighter world NEC

本提案の狙い: 自動設計における多様な要件の考慮

構成案の各種非機能要件に関する評価および総合的な評価



考慮が必要な非機能要件

可用性	継続的な利用可能性に関する要求
性能・拡張性	性能と将来の拡張性に関する要求
運用・保守性	運用と保守サービスに関する要求
移行性	現行資産の移行に関する要求
セキュリティ	安全性の確保に関する要求
システム環境・エコロジー	環境やエコロジーに関する要求
経済性	価格に関する要求
×	
充足性	条件を満たすか否か
最適性	目標をどの程度満たすか

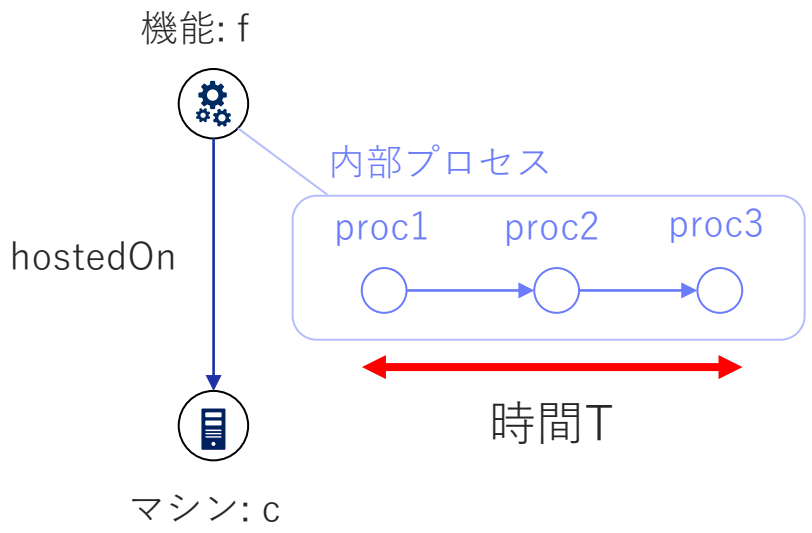
※非機能要求グレード, IPA

© NEC Corporation 2023

非機能要件: 性能性

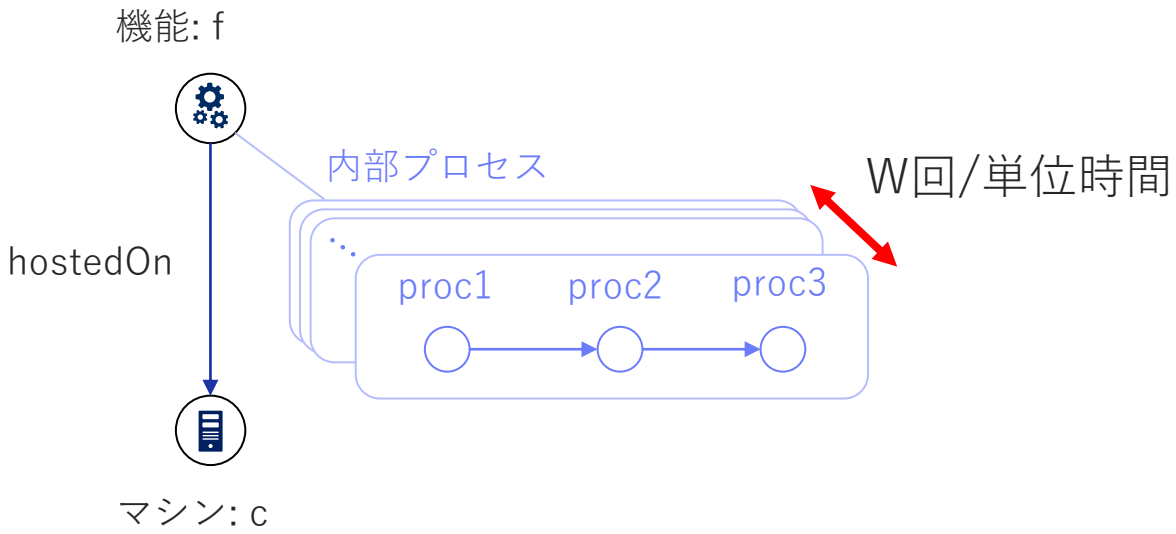
TAT(Turn Around Time)

機能FのTAT T := Fに要求を送付してから
応答が届くまでに最大Tの時間がかかる



Throughput

機能FのThroughput W := Fは一定時間内
に最大でW件の要求を受付けて応答できる

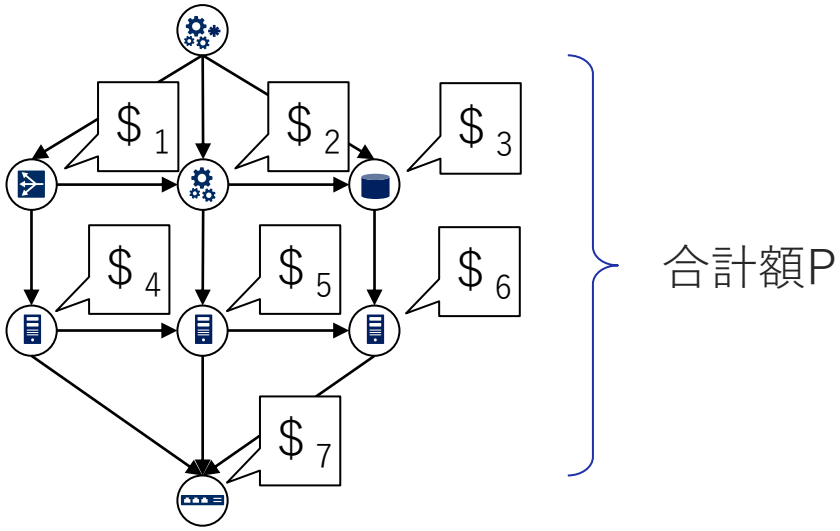


© NEC Corporation 2023
\Orchestrating a brighter world NEC

非機能要件: 経済性

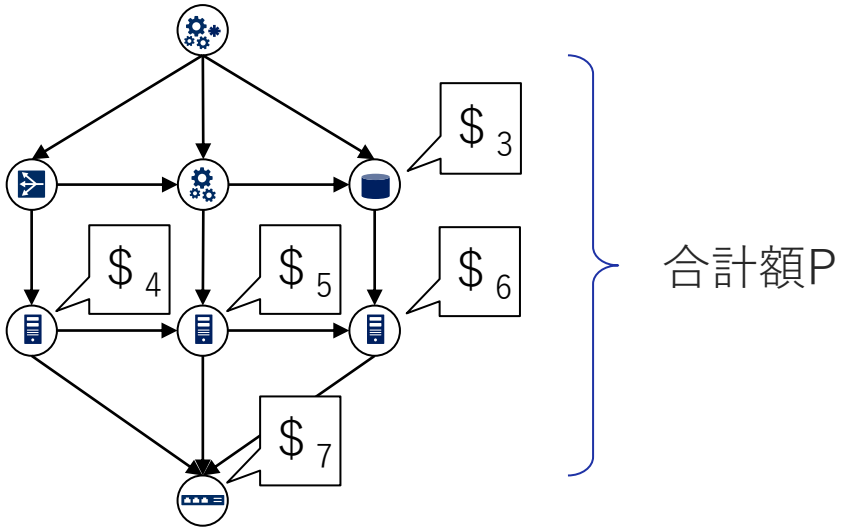
CAPEX (設備費)

機能FのCAPEX P := Fを構成する各部品の価格の合計金額がPである



OPEX (運営費)

機能FのOPEX P := Fを一定時間だけ運営した場合に掛かる流動費の金額がPである

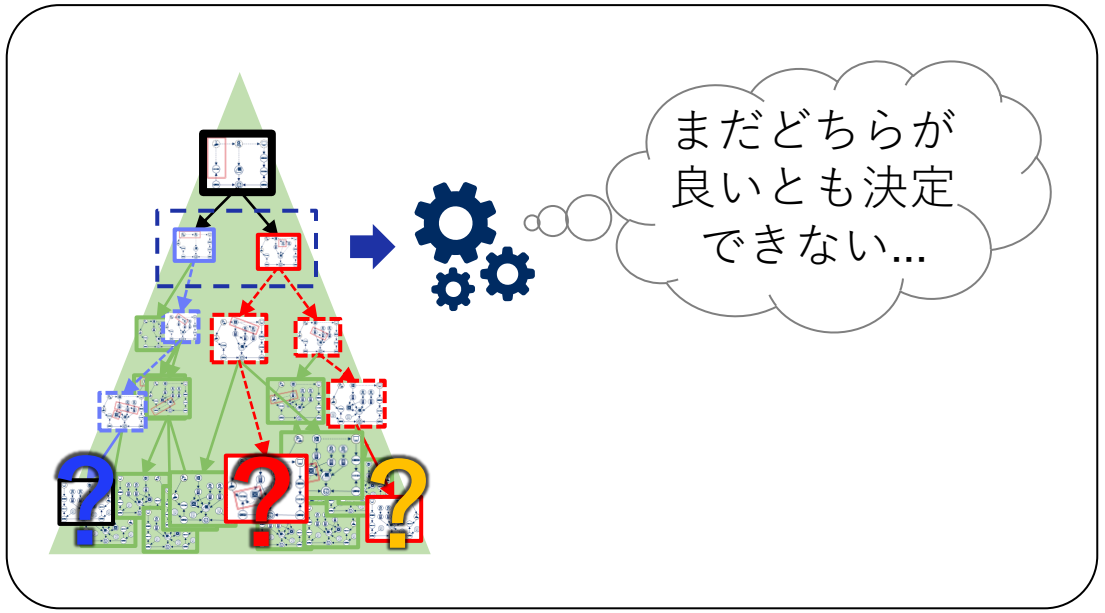


© NEC Corporation 2023

技術的な課題

抽象的な構成案の評価が難しく、自動設計の探索に時間がかかる

- 具体的な評価値は後の選択次第で変化するため、評価時点では不確定であり、式などによる評価方法の形式化が困難
- 適切な評価値に基づく探索ができないため、自動設計の探索に時間がかかる

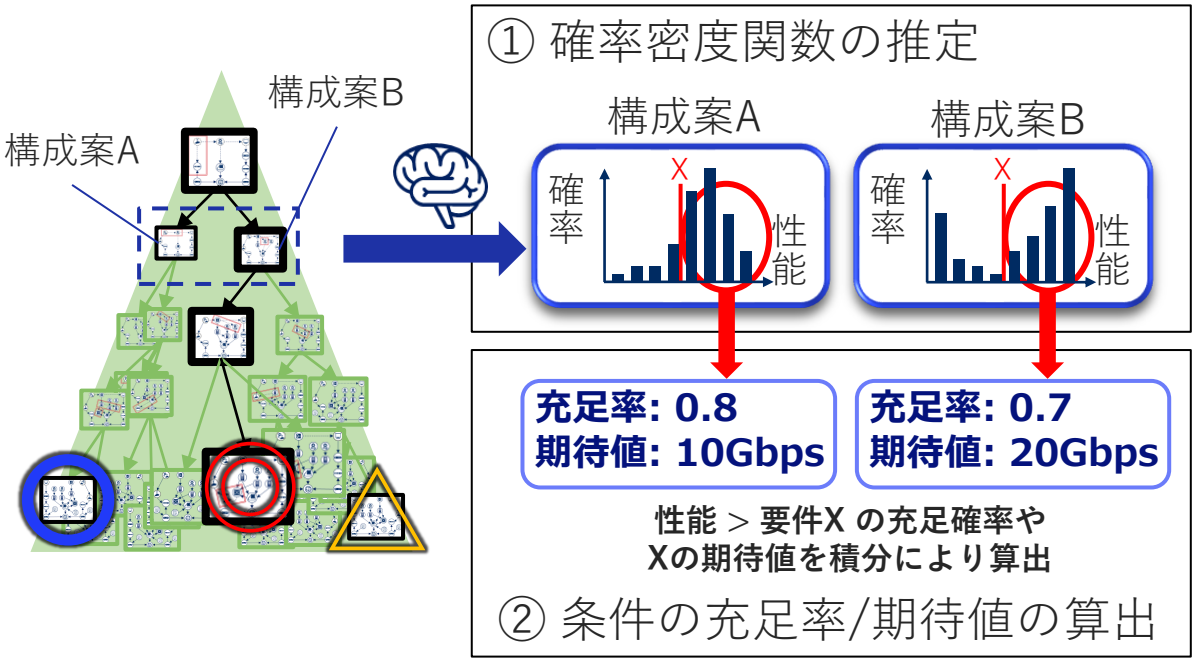


© NEC Corporation 2023

提案: 非機能要件に関する評価値を推定するAIの導入

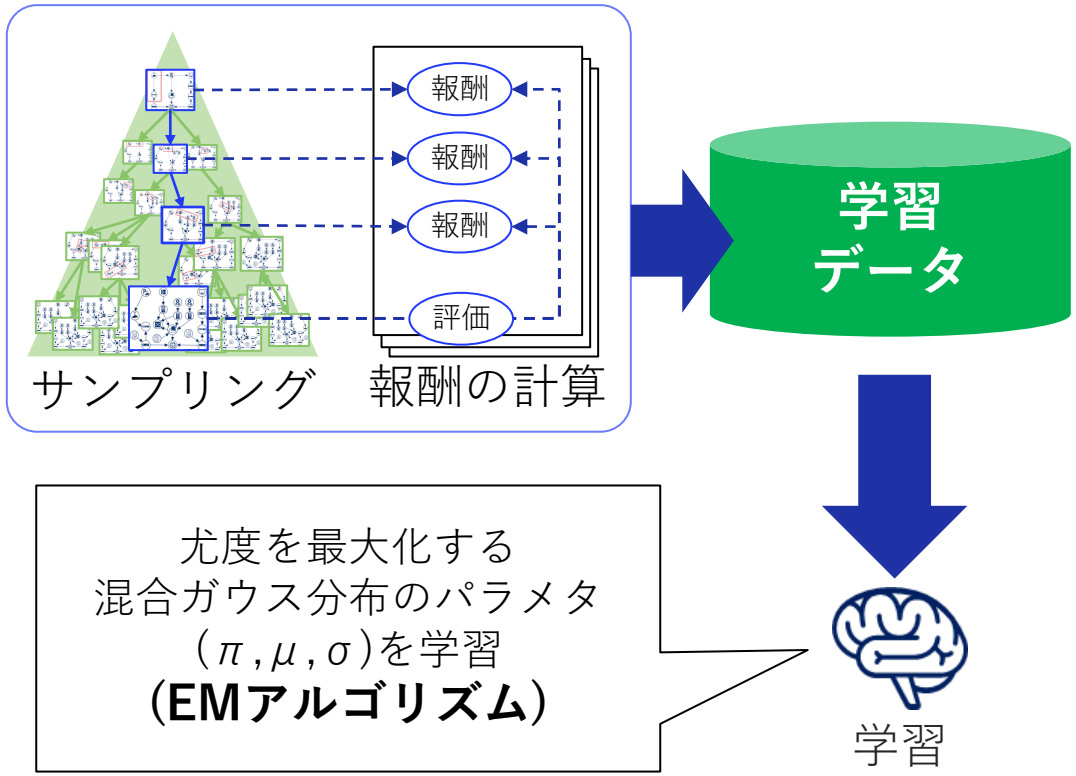
非機能要件に関する評価値の確率密度を表す確率密度関数をAIで推定し、
得られた確率密度関数に基づいて条件を満たす確率や期待値を算出

AIを用いた評価値の推定



※ 確率密度関数として推定する理由:
学習すべき内容が条件内のパラメタの値に依存しなくなるため。
結果を直接学習すると、条件毎に学習する必要があり非効率。

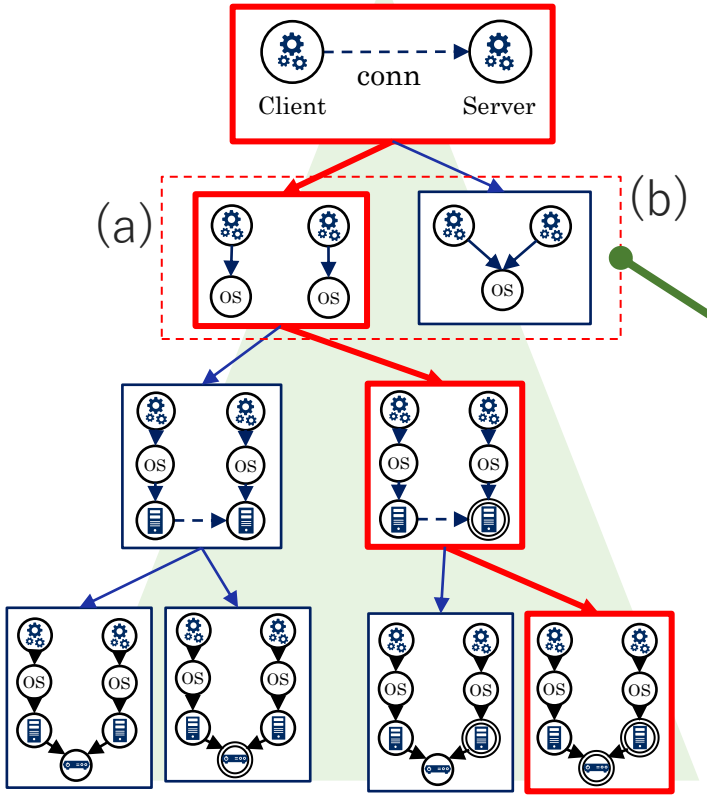
評価値の機械学習



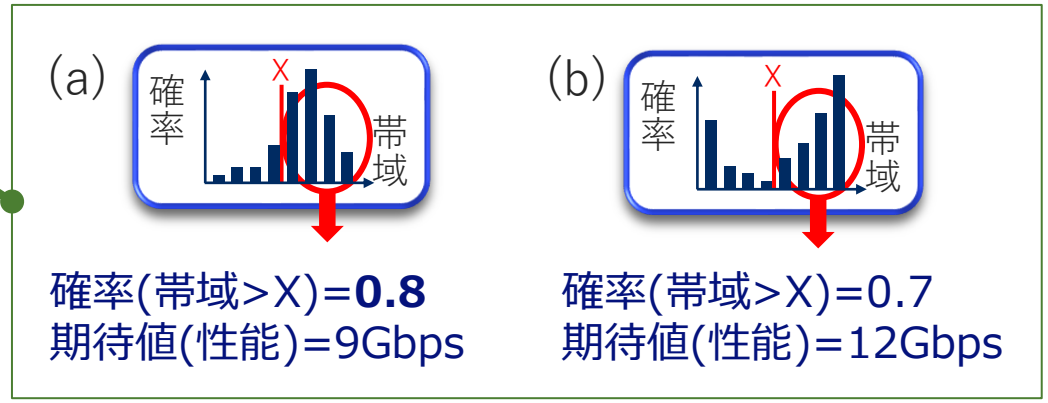
© NEC Corporation 2023
\Orchestrating a brighter world NEC

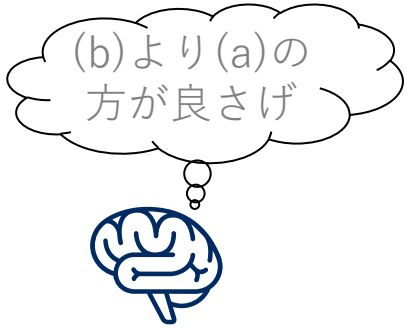
自動設計における構成案の選択

AIによる推定評価に基づく優先探索



推定評価による優先探索





GNN/強化学習

© NEC Corporation 2023

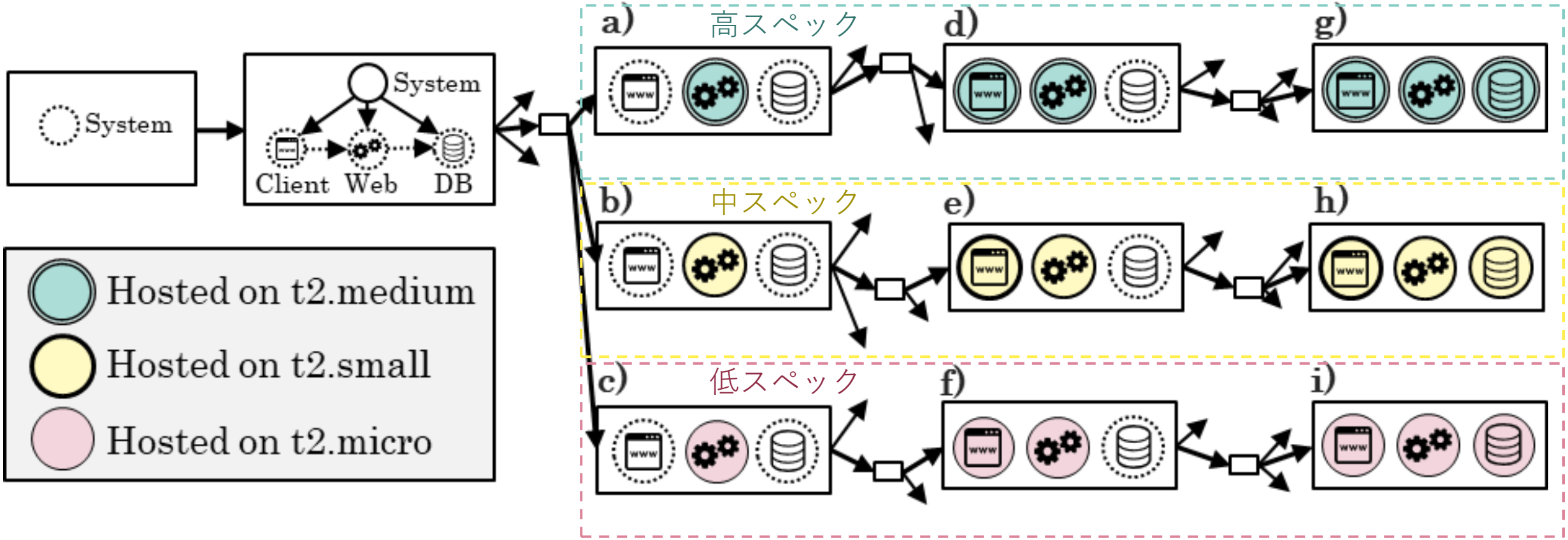
評価: 実験内容

- 実験での評価項目
  - 構成の非機能要件指標の推定の尤もらしさ
  - 設計時間
  - 学習中の尤度曲線
- 実験に用いたモデル
  - AWS上に構築されるWeb3層システム(小規模と中規模の2種類)
- AIの学習内容
  - 構成の帯域
  - 構成のコスト

© NEC Corporation 2023

実験用モデルの設計の探索木(一部抜粋)

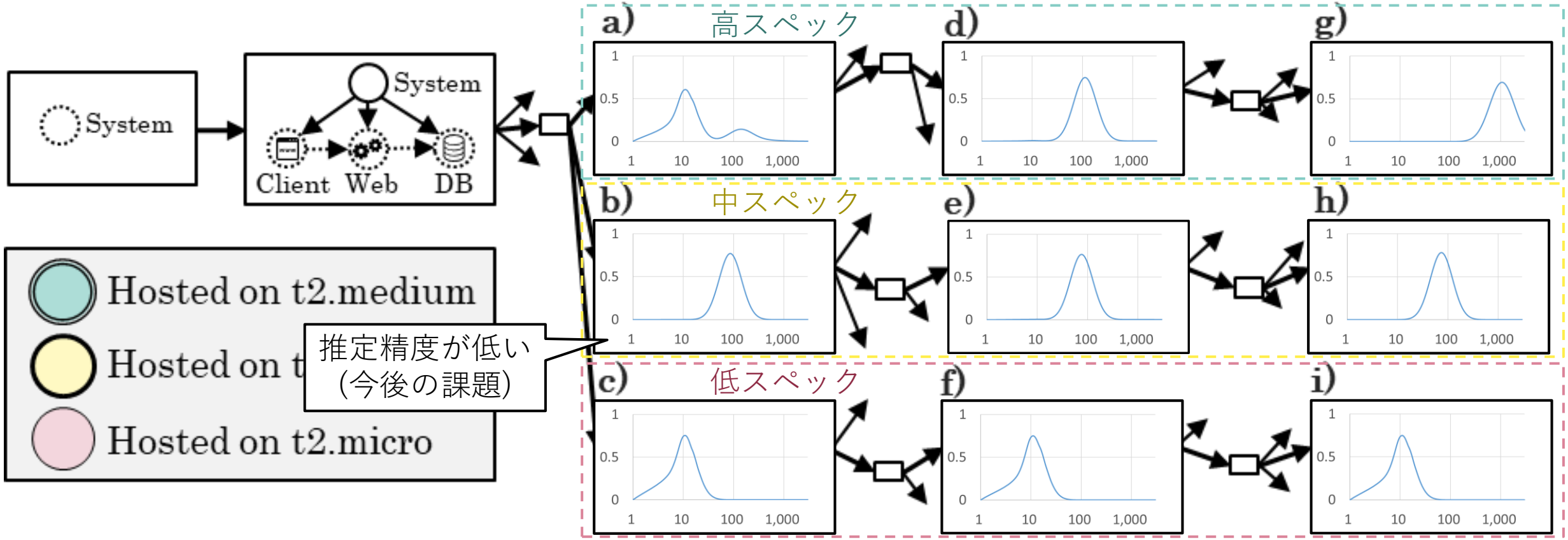
Client, Web, DBサーバが3種類のスペックのインスタンス上に構築され得る



© NEC Corporation 2023
\Orchestrating a brighter world NEC

実験結果: 構成の帯域推定の尤もらしさ

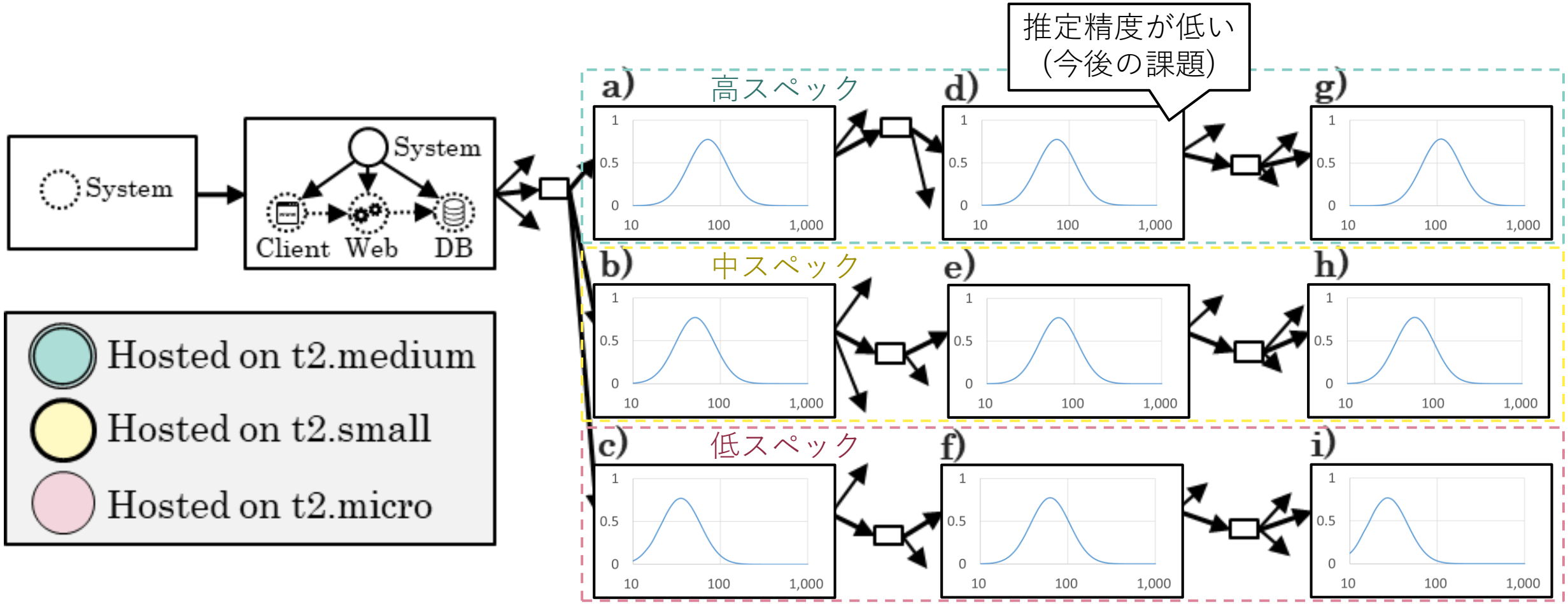
高スペックな構成であるほど広帯域であることが推定されている



© NEC Corporation 2023
\Orchestrating a brighter world NEC

実験結果: 構成のコスト推定の尤もらしさ

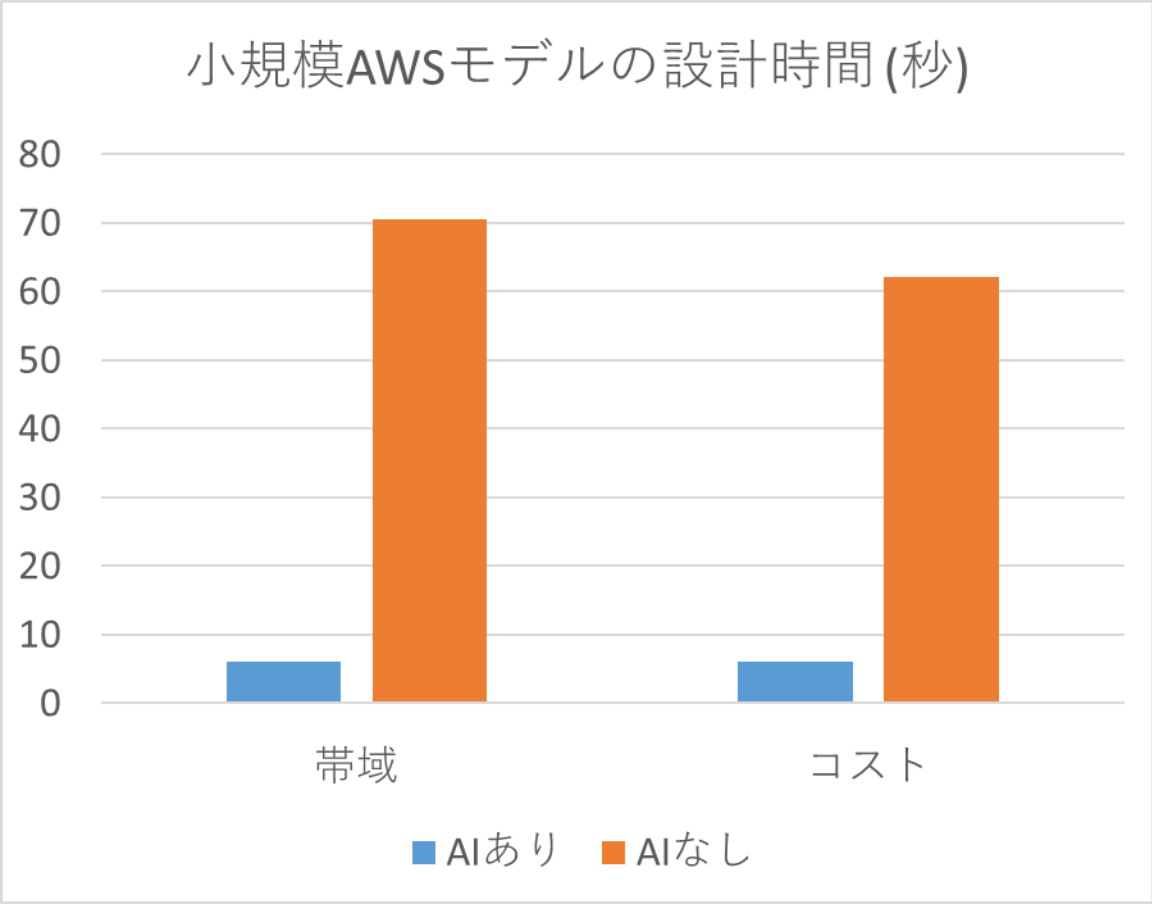
高スペックな構成であるほど高コストであることが推定されている

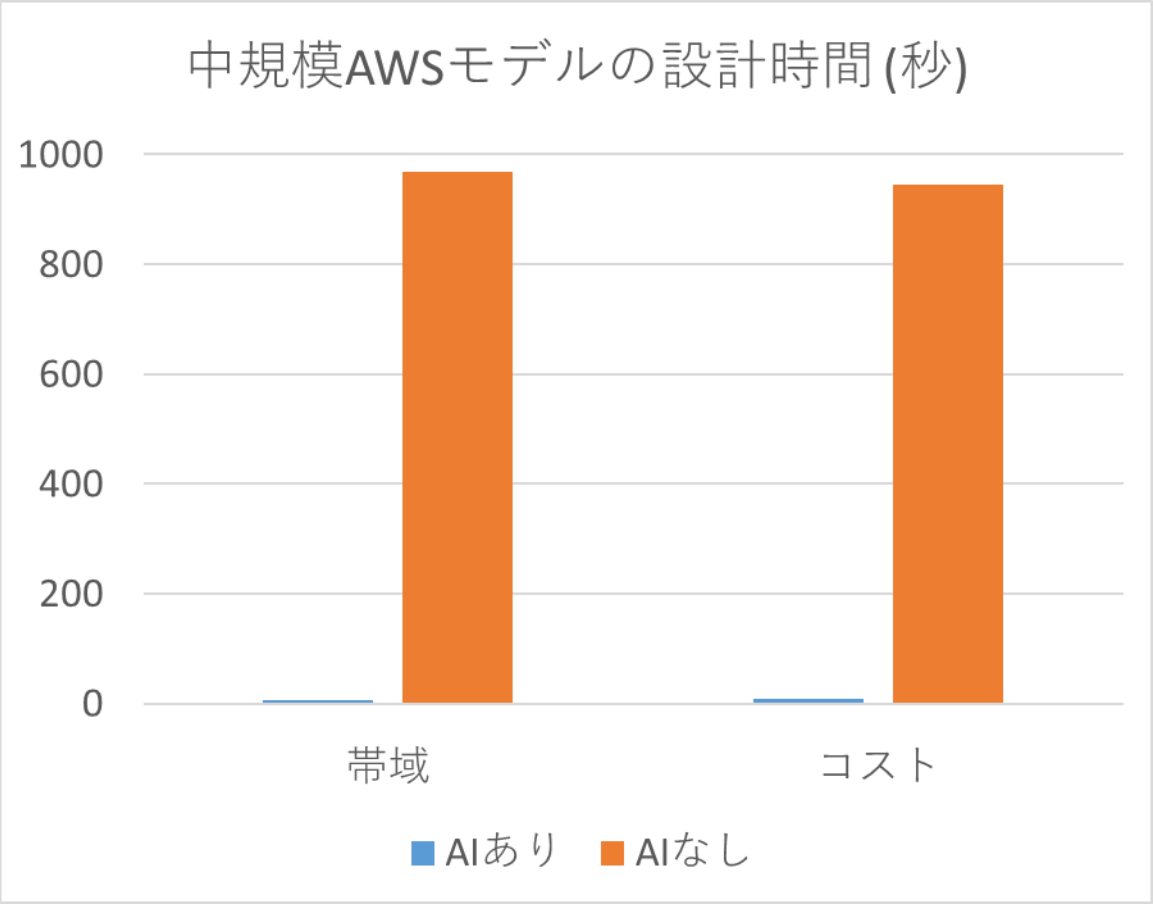


© NEC Corporation 2023
\Orchestrating a brighter world NEC

実験結果: 設計時間

小規模AWSモデルで10倍、中規模AWSモデルで100倍の設計高速化

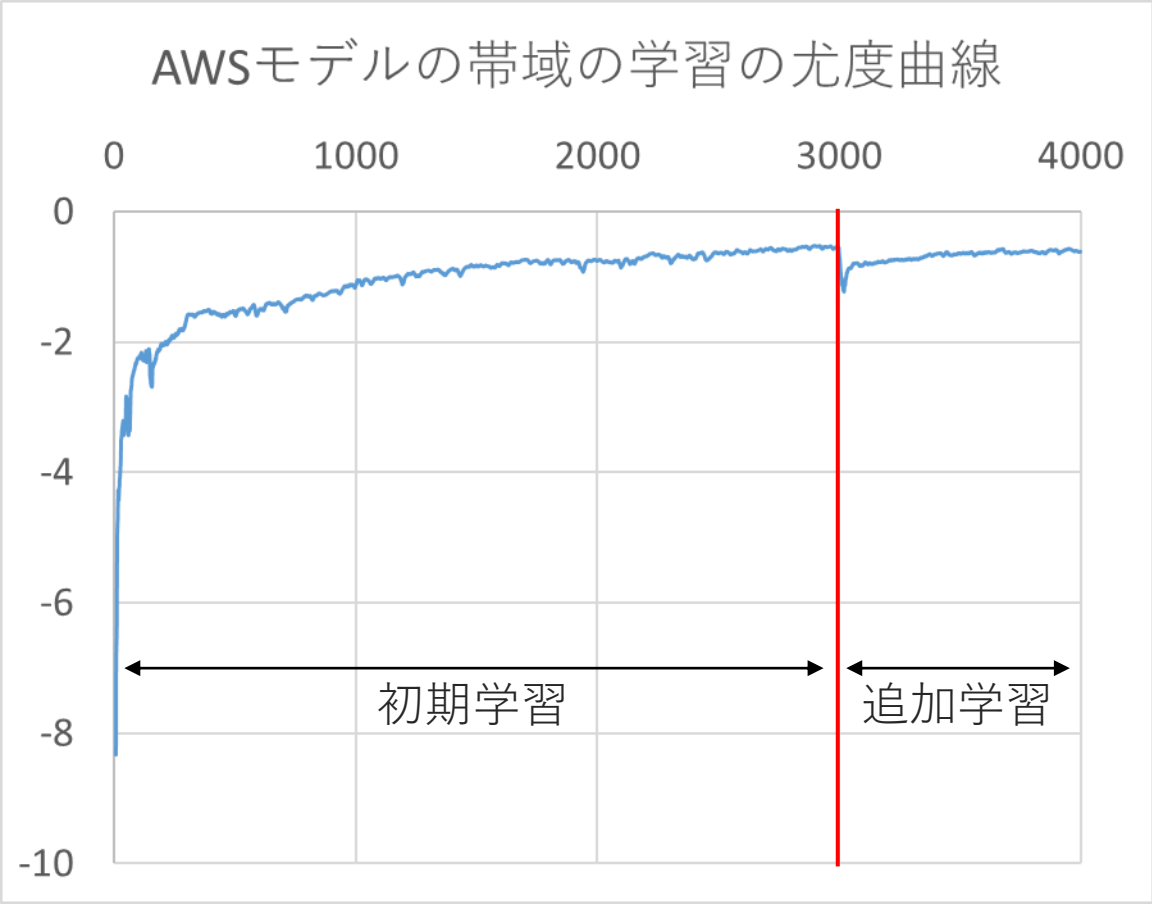


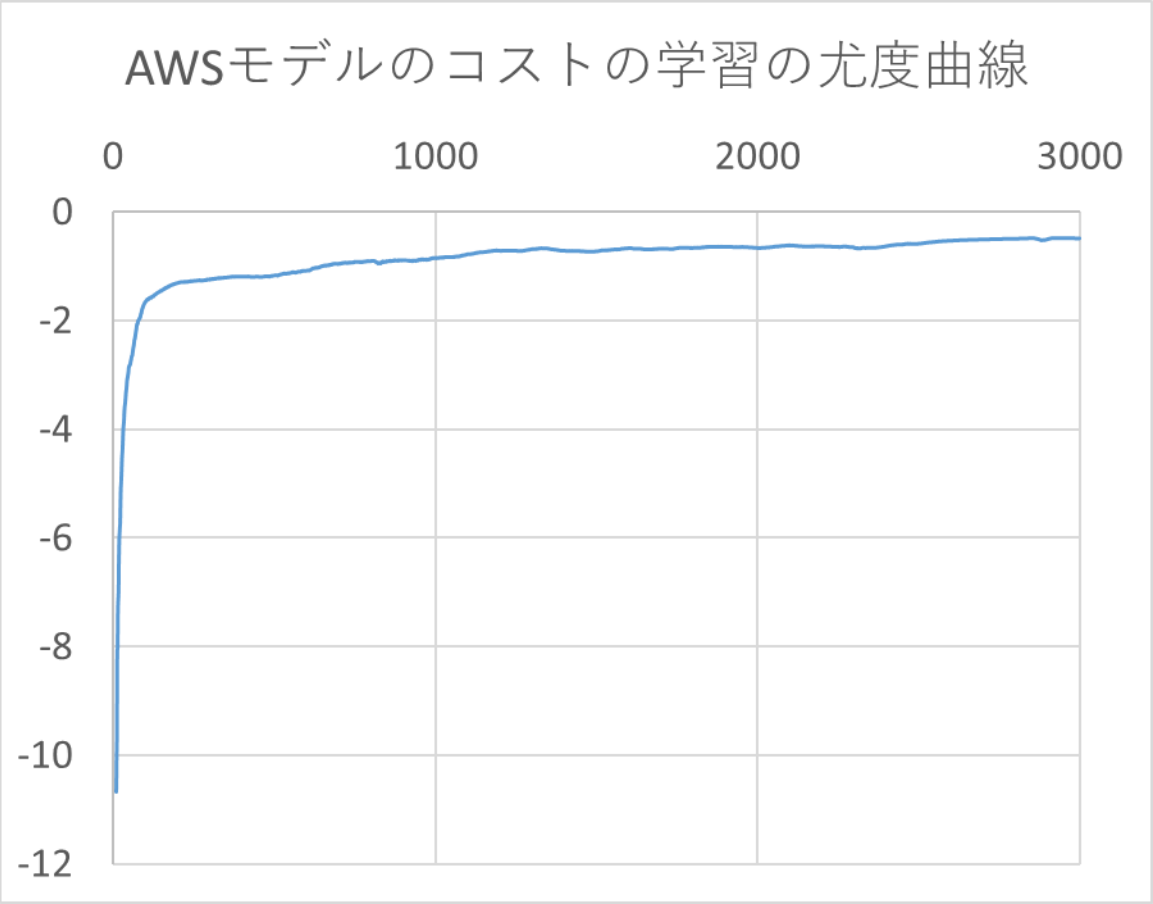


© NEC Corporation 2023

実験結果: 学習中の尤度曲線

学習時間に対し総じて尤度が右肩上がりの学習ができている





© NEC Corporation 2023

まとめと今後の課題

- まとめ
  - 自動設計において多様な非機能要件を評価するAIを導入
  - 実験により最大で100倍の設計高速化を確認
- 今後の課題
  - 推定の精度の向上
  - 複数の要件に対する総合的な判断の実現性を実証
  - より大規模で多種類の要件を含んだサンプルケースによる実証

© NEC Corporation 2023

References

[1] 経産省, “IT人材白書”, https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/houkokusyo.pdf

[2] IDC Japan, “国内法人向け5G関連IT市場予測”, https://www.idc.com/jp/research/report-list?document=JPJ47864422

[3] TMForum, “Autonomous Networks Project”, https://www.tmforum.org/collaboration/autonomous-networks-project/

© NEC Corporation 2023

\Orchestrating a brighter world

NECは、安全・安心・公平・効率という社会価値を創造し、
誰もが人間性を十分に発揮できる持続可能な社会の実現を目指します。

\Orchestrating a brighter world

NEC