

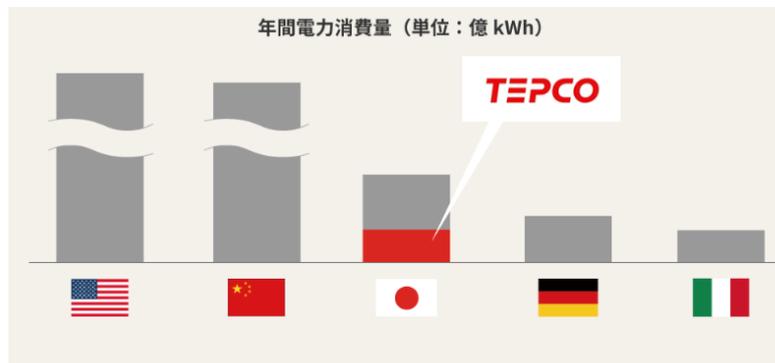
# Numerical Optimizerを用いた業務拠点合理化の実践

東京電力ホールディングス（株）  
経営技術戦略研究所 技術開発部  
需要家エリア 増村 均

**TEPCO**

---

# 東京電力ホールディングスと経営技術戦略研究所について



販売電力量は日本全体の約3分の1 (2,890億 kWh : 2008年度)

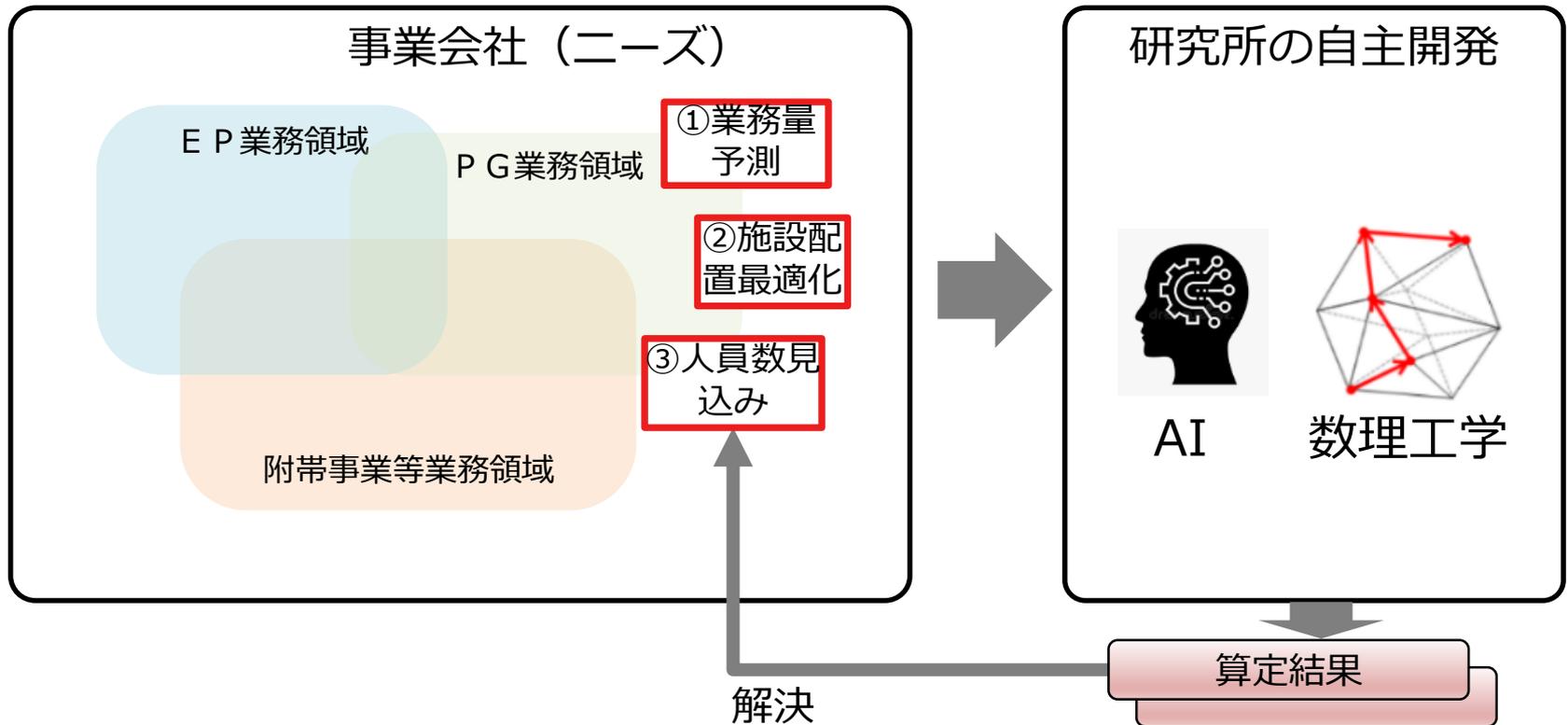
## 経営技術戦略研究所

経営技術戦略研究所は、東京電力ホールディングスの社内カンパニーとして、経営戦略や各事業会社の事業戦略と技術戦略、知財戦略を連動させ、グループ全体の調査研究、技術開発を担っています。

現場の抱える課題から中長期の経営課題まで、経営と技術を融合して解決し、企業価値の最大化やリスク管理の最適化を図ることで、電気をお使いのお客さまへのエネルギーサービスの高度化・品質向上を実現します。



## 事業会社の課題（ニーズ）を研究所技術にて解決

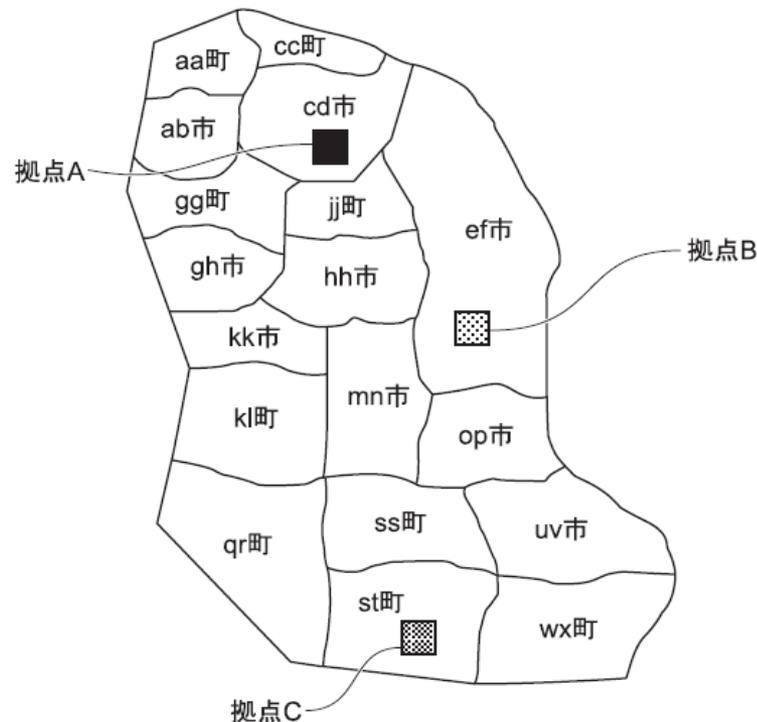


- 1. 背景
- 2. 開発した技術
  - 2. 1 業務量 A I 予測技術
  - 2. 2 拠点最適位置決定技術
  - 2. 3 推奨人員数算定技術
- 3. まとめ

## 【技術サービス業務内容】

地域に配置されている拠点事業所から出向し、引越時等の供給開始対応や不具合対応を実施している

→スマートメーターの設置に従い該当業務は減少の方向にあるが依然、現地確認が必要な業務は残る



拠点とサービス地域

## ●課題

## ①地域ごとの業務量把握

課題：季節要因、台風等突発要因

## ②拠点数

課題：過不足ないバランス最適位置算定

## ③人員数

課題：過不足ない合理的な人員配置算定

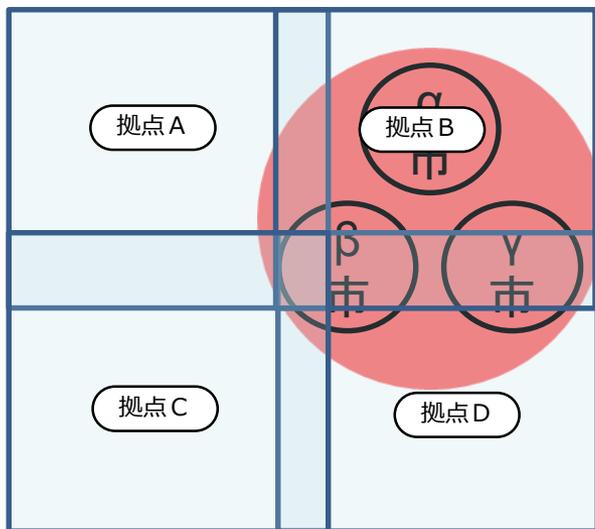


## ●研究所の自主開発による解決

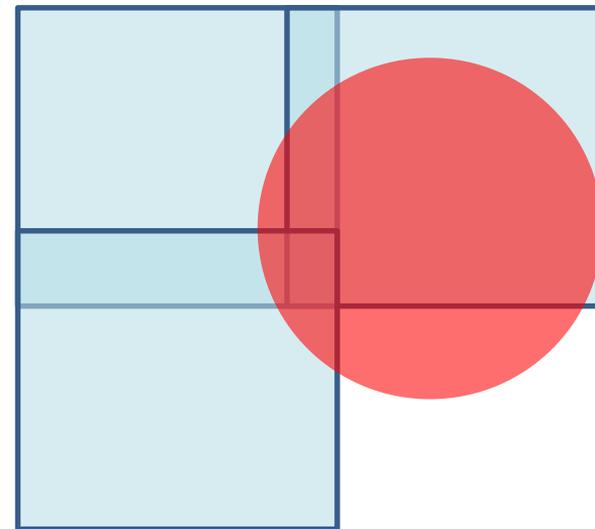
## ①市町村別の業務量をAIにて予測するソフトウェア開発

②業務量をカバーする宿直拠点の最適位置を算定する、数理最適化ソフトウェア開発

## ③過不足ない夜間人員数を算定する、ツール開発



過大な施設数

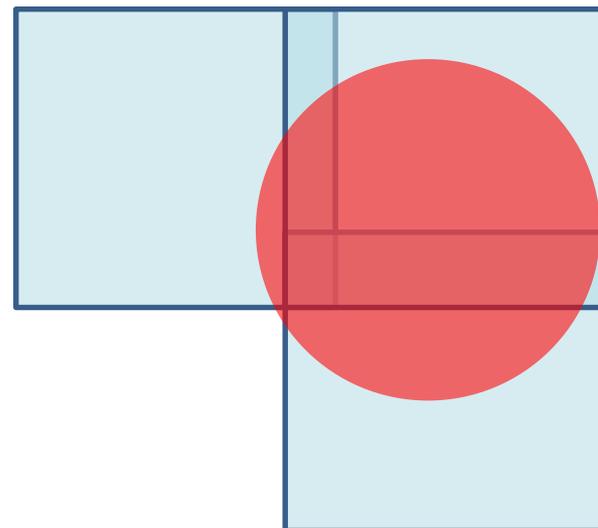


合理化案 1 (サービスレベル低下)

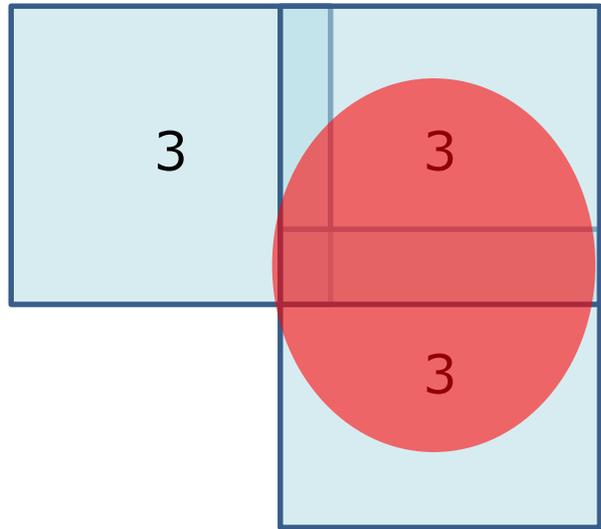
施設数 3 を条件  
とした場合

赤：市町村別業務量

青：施設からの到達時間範囲



合理化案 2 (サービスレベル同)

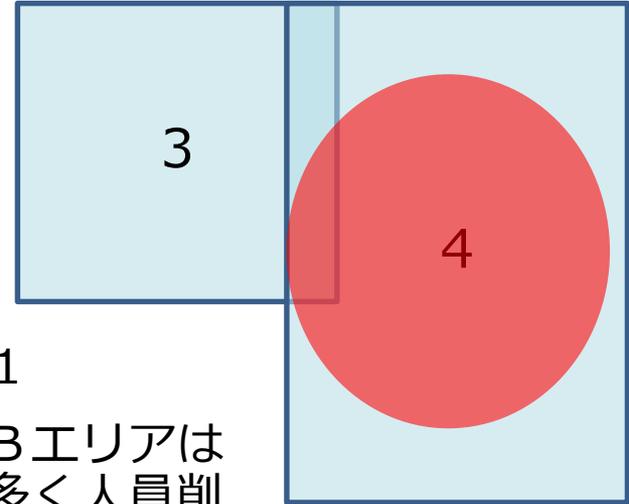


削減案 2



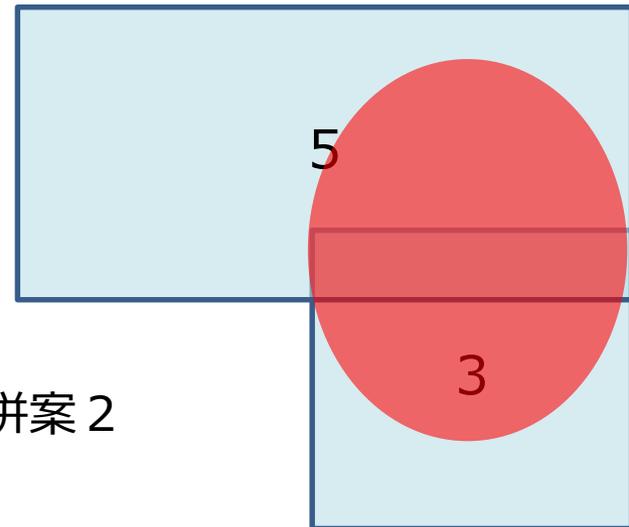
施設 A エリア

施設 B エリア



合併案 1

(施設 B エリアは  
客数が多く人員削減  
効果が高い)



合併案 2

### 【比較した技術】

- ・重回帰予測
- ・A I 予測

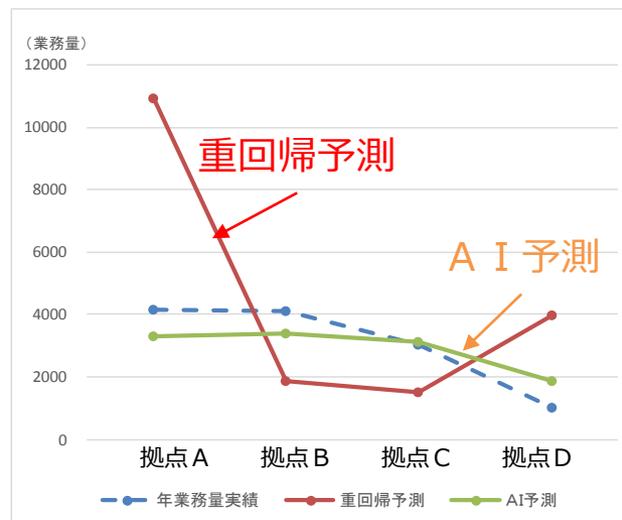
### 【学習データ】

- ・市町村面積、電力契約口数等

### 【予測内容】

- ・各拠点別業務量を予測しクロス評価した

→業務量予測への適用試験を行い、A I 予測技術を選定した



業務量予測試算（クロス評価）

## 【問題領域】

- ・ 施設配置問題  
営業拠点・店舗統合時の施設削減、学校・消防署等の公共施設の位置決めといった数理工学問題



## 【比較した数理工学技術】

- ・ p-メディアン法、p-センター法、集合カバー法等を比較
- ・ 拠点からの業務カバー最大（サービスレベル最良）をルールとする最大カバー法を採用



## 【採用した数理工学技術】

- ・ 求解技術として、数理計画法パッケージ「Numerical Optimizer」を採用

## Pメディアン法・Pセンター法について

## 【重み付き距離について】

- ・ 重み付き距離 = (各拠点候補から需要場所までの距離) × (需要場所人口)
- ・ 重み付き距離総和 =  $\Sigma$  (重み付き距離) s.t. 拠点を n 箇所選定

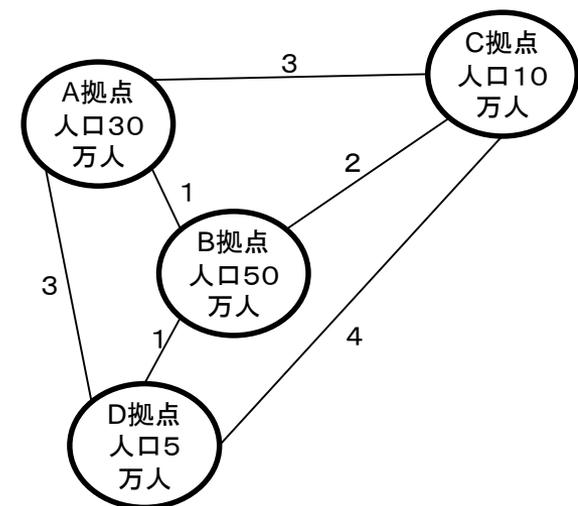
(小計例) [拠点A-B間距離] × Bウェイト +  
 [拠点A-C間距離] × Cウェイト +  
 [拠点A-D間距離] × Dウェイト

## 【Pメディアン法】

目的関数：重み付き距離の**総和**を最小とする  
 制約条件：拠点を n 箇所選定

## 【Pセンター法】

目的関数：重み付き距離の**総和**を最小とする  
 制約条件 1：拠点を n 箇所選定  
 制約条件 2：重み付き距離**小計** < 小計最大制限値



## 【最大カバー問題】

- ・ 需要箇所  $i$ 、拠点  $j$ 、重み  $w$  における維持拠点  $x(j)$  を求める

$$\begin{aligned} \max. \quad & \sum_{i \in I} w_i z_i \\ \text{s. t.} \quad & \sum_{j \in J} x_j = p, \\ & z_i \leq \sum_{j \in J} a_{ij} x_j \quad \forall i \in I, \\ & x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J, \\ & z_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I. \end{aligned}$$

$$z_i = \begin{cases} 1 & \text{需要点 } i \in I \text{ がカバーされる場合} \\ 0 & \text{そうでない場合} \end{cases}$$

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & i-j \text{ 間の距離がカバー半径以内の場合} \\ 0 & \text{そうでない場合} \end{cases}$$

## 参考文献

田中 健一, 数理最適化入門(4): 施設配置の数理モデル, 応用数理23巻4号, P178-183(2013)



## 【事前モデリング】

- ・ 市町村業務量から事前モデリングを実施

【用いた技術】

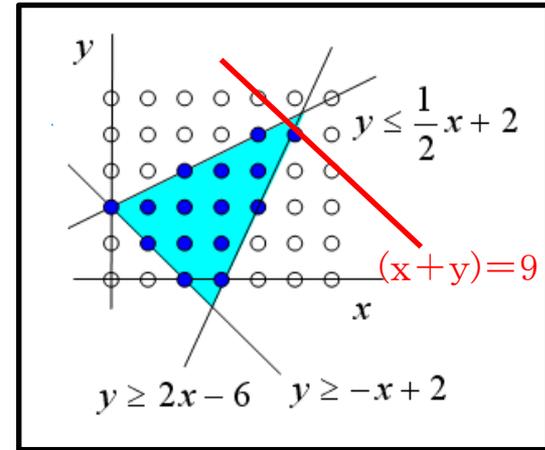
- NumericalOptimizer

【用いた算法】

- ヒューリスティックな手法である  
タブーサーチ法を用いた混合整数線  
形計画解法

【製作ソフトウェア】

- 最適拠点位置算定 数理最適化  
SIMPLEプログラム



整数計画の例  
制約下でMax(x + y) = 9

```

5 [1] 4261
6 [2] 2119
7 [3] 1962
8 [4] 2809
9 [5] 2788
10 [6] 3811
11 [7] 3029
12 [8] 3458
13 [9] 1377
14 [10] 1481
15 [11] 1367
16 [12] 1427
17 [13] 1323
18 [14] 2216
19 [15] 1677
20 [16] 3417
21 [17] 3176
22 [18] 2174
23 [19] 2451
24 [20] 4786
25 [21] 3149
26 [22] 2485

7 model.smp:28:info: 展開中 制約式 (2/3) name=""
8 model.smp:29:info: 展開中 制約式 (3/3) name=""
9
10 [About Numerical Optimizer]
11 MSI Numerical Optimizer 20.1.0 (LP/IP module)
12 <with META-HEURISTICS engine "wmsp"/"rcpsp">
13 <with NetLib BLAS>
14 , Copyright (C) 1991 NTT DATA Mathematical Systems Inc.
15
16 [Problem and Algorithm]
17 PROBLEM_NAME ..... model
18 NUMBER_OF_VARIABLES ..... 33
19 (#INTEGER/DISCRETE) ..... 33
20 NUMBER_OF_FUNCTIONS ..... 25
21 PROBLEM_TYPE ..... MAXIMIZATION
22 METHOD ..... SIMPLEX
23
24 [Progress]
25 <preprocess begin>.....<preprocess end>
26 <iteration begin>
27
    
```

NumericalOptimizer I D E

【課題】

- ・投入人員数と業務成果の合理的な関係性が不明である

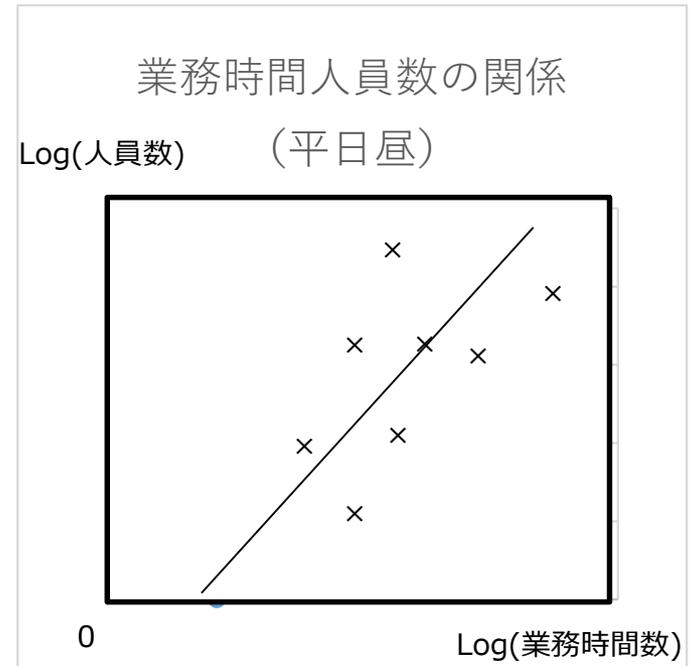
【技術検討】

- ・課題における弾力性を考慮し、線形回帰モデルを採用

投入人員  $L$ 、業務成果  $Y$  との関係を

$$\text{Log}(Y) = \text{Const} + \beta \text{Log}(L)$$

とする線形回帰モデルを想定



製作した推奨人員数算定ソフトウェアツールは、線形回帰モデルにより新拠点の過不足ない人員数を算定

【入力】

- ・ 拠点別の業務量
- ・ 拠点合併の組合せ

【出力】

- ・ 合理的人員数

拠点	現状人員	最適人員	減少数	減少率
A+B	10	6.4	-3.6	-36%
C	2	1.9	-0.1	-5%

算定イメージ

### 【製作ソフトウェア】

- ・ 地域別業務量 A I 予測プログラム (人工知能)
- ・ 最適拠点位置算定 数理最適化プログラム (数理工学)
- ・ 推奨人員数算定ツール (計量経済学)

### 【知的財産】

知的財産対応実施済

### 【展開想定】

現在、オンプレミスによる個別対応である、  
ニーズに応じたソフトウェア拡充と適用先拡大が課題

ご清聴ありがとうございました