

CEATEC 2021 ONLINE
(2021年10月開催)



SCAアルゴリズムとその応用展開 ー配送計画最適化デモー

東京工業大学 AIコンピューティング研究ユニット

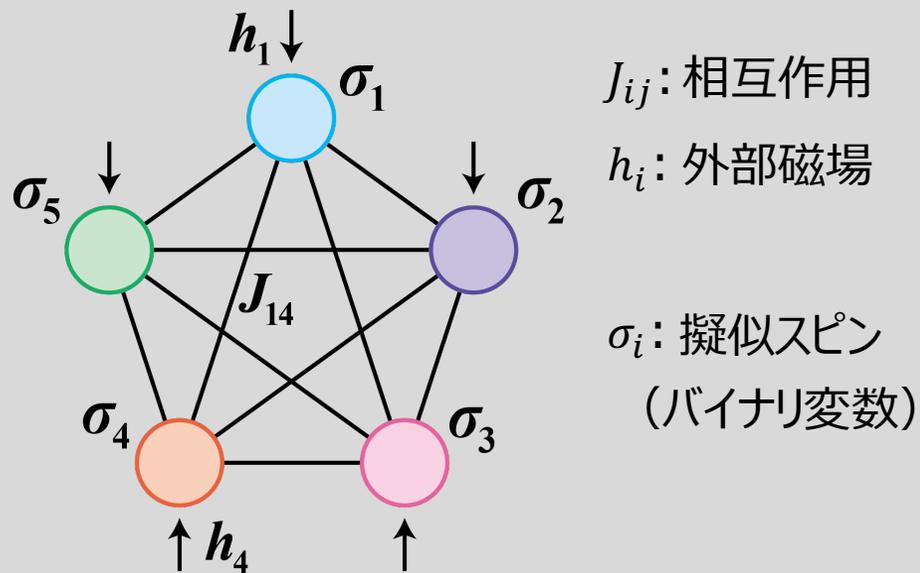
背景：アニーリング計算を活用した組合せ最適化

- 組合せ最適化問題の**良質な解を高速に得る**ことを目指す

組合せ最適化問題

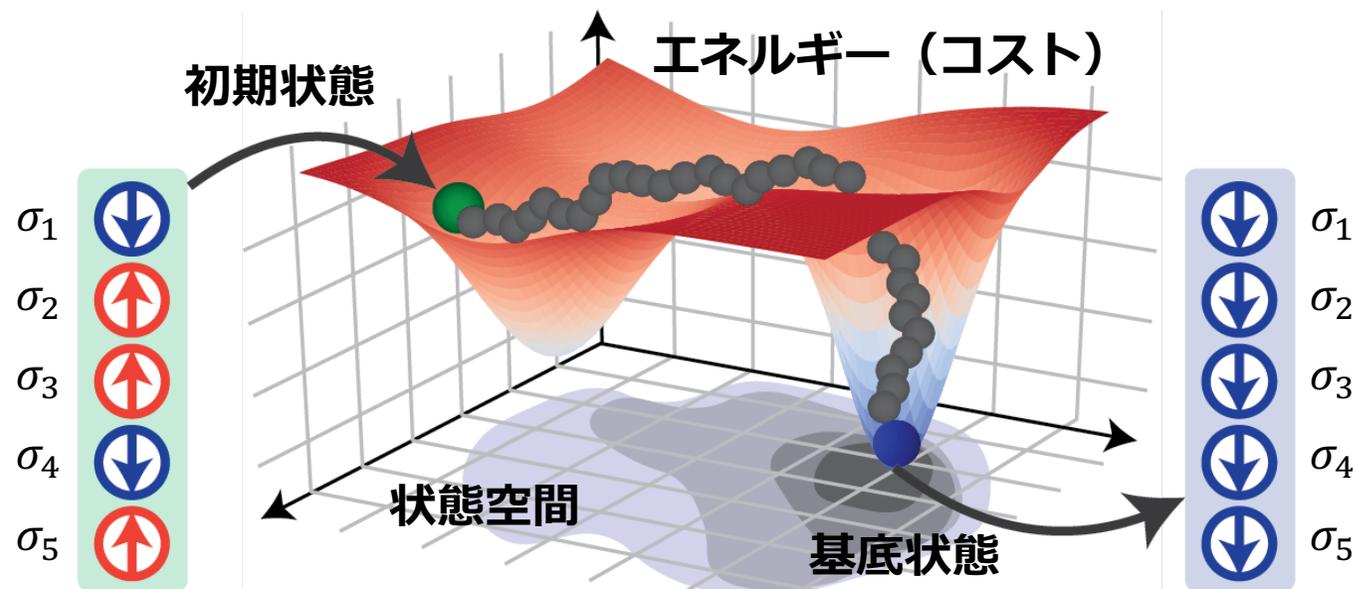
(準)最適解

イジングモデル



アニーリング計算機

イジングモデルの基底状態 (最小エネルギー状態) 探索

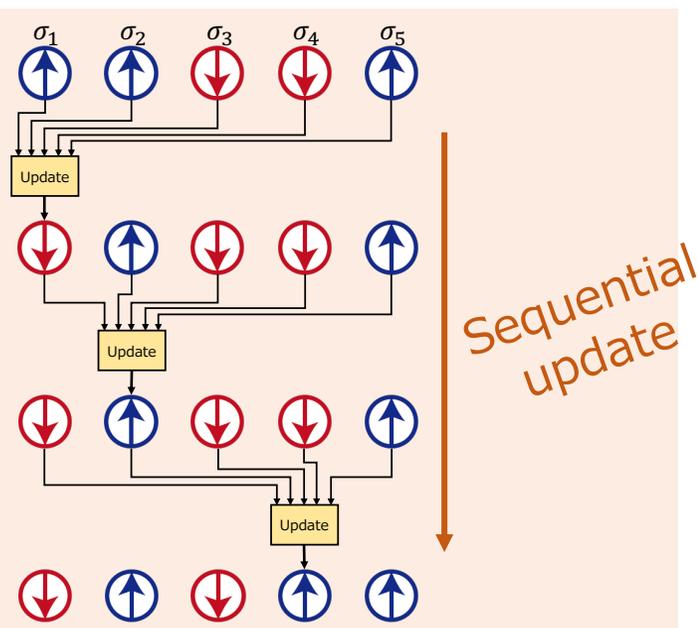


アルゴリズム : SCA (Stochastic Cellular Automata Annealing)

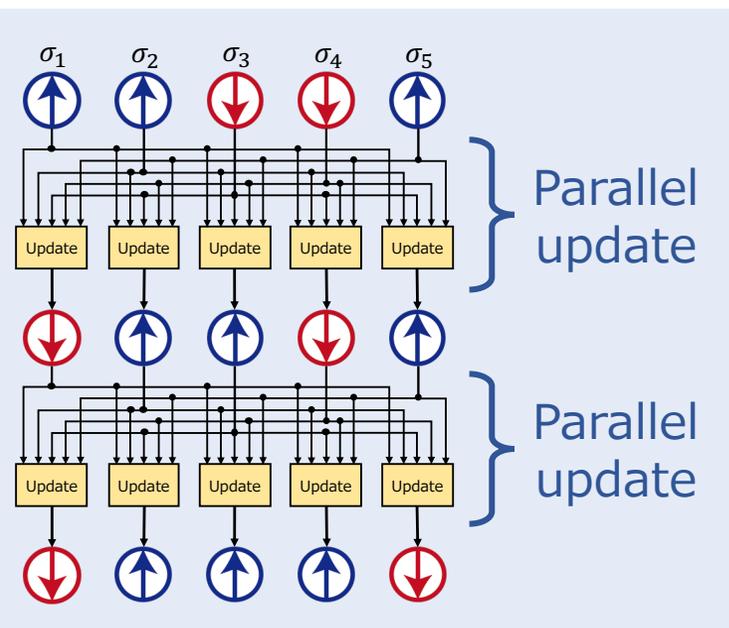
- SCAとは、従来SA (Simulated Annealing) の拡張により、全結合イジングモデルに対してスピンの全並列更新を実現するアニーリング手法

Spin-update process

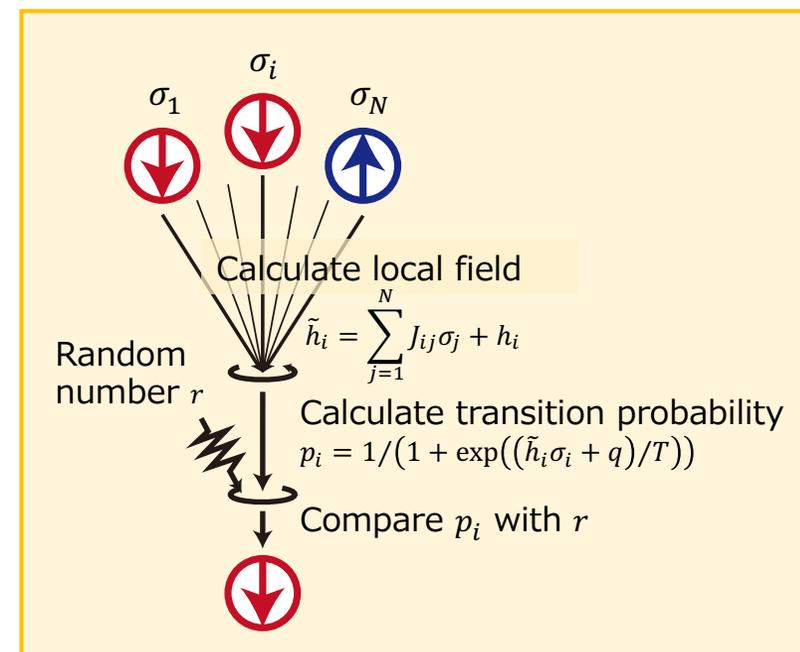
SA : Conventional algorithm



SCA : Our algorithm



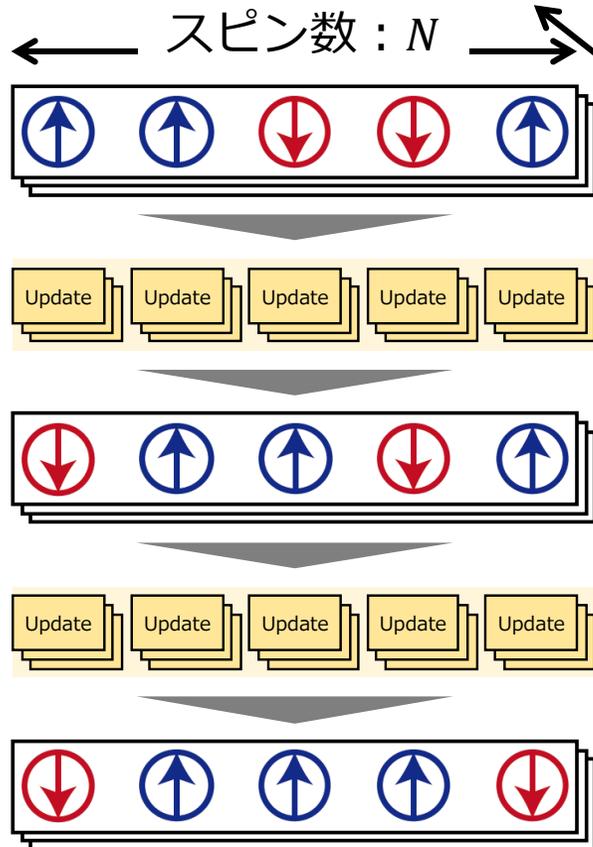
Update for each spin in SCA



実行環境：GPUアクセラレータ

- スピンを全並列で更新するSCAはGPUとの相性が良く、GPU上の並列演算・行列演算ユニットを活用したアクセラレーションが可能

実行回数： M （複数回のアニーリングを並列実行）



【Two-step processing】

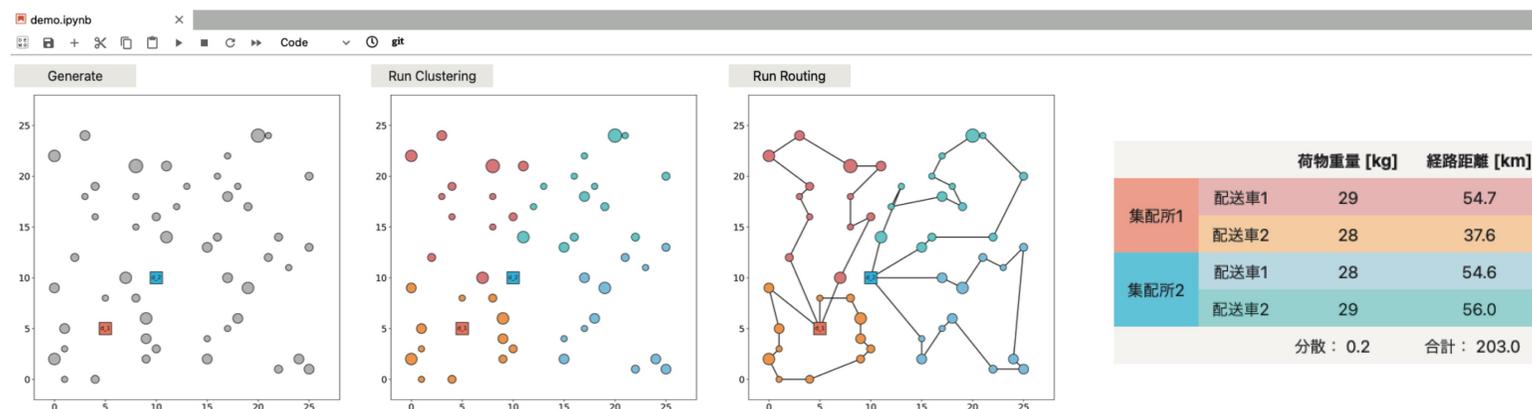
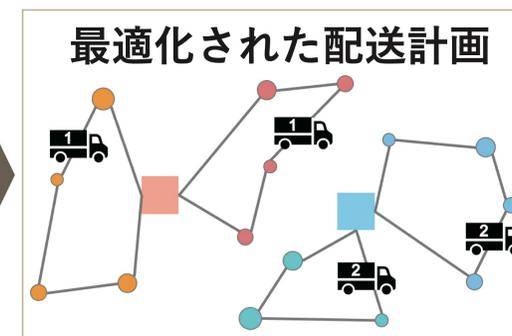
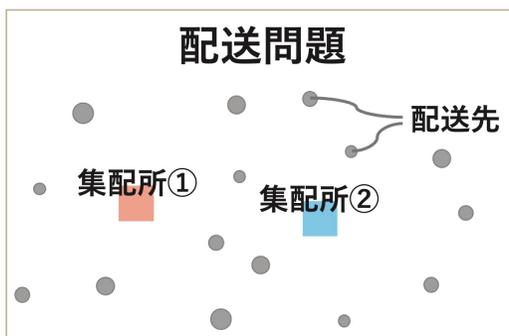
1. Calculate local fields ($\tilde{h}_i^{(m)}$) using Tensor core

$$\begin{bmatrix} \tilde{h}_1^{(1)} & \dots & \tilde{h}_1^{(M)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{h}_N^{(1)} & \dots & \tilde{h}_N^{(M)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{11} & \dots & J_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ J_{N1} & \dots & J_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1^{(1)} & \dots & \sigma_1^{(M)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_N^{(1)} & \dots & \sigma_N^{(M)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} h_1 \\ \vdots \\ h_N \end{bmatrix}$$

2. Invoke a kernel with $N \times M$ threads to update $\sigma_i^{(m)}$ in the k -th thread where $k = m \times N + i$

$$\sigma_i^{(m)} \leftarrow f\left(\tilde{h}_i^{(m)}, \sigma_i^{(m)}, T, q, \varepsilon, r\right) \quad (0 \leq r < 1 : \text{random number})$$

アニーリングアルゴリズム **SCA** を用いた 配送計画最適化

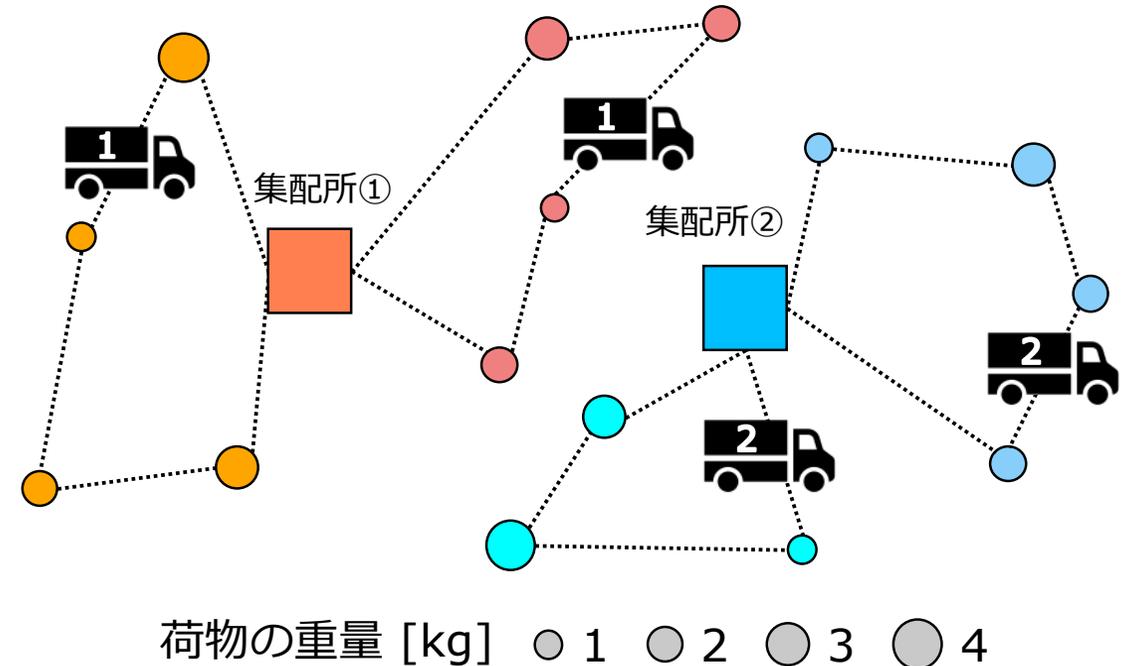


内容

- 複数の配送車が複数の集配所から出発
- 荷物を途中で積み替えることなく配送
- 最後に集配所へ戻る

目的

- 配送距離を最小化
- 積載される荷物の重量をバランス



アニーリング計算機を用いた解法手順

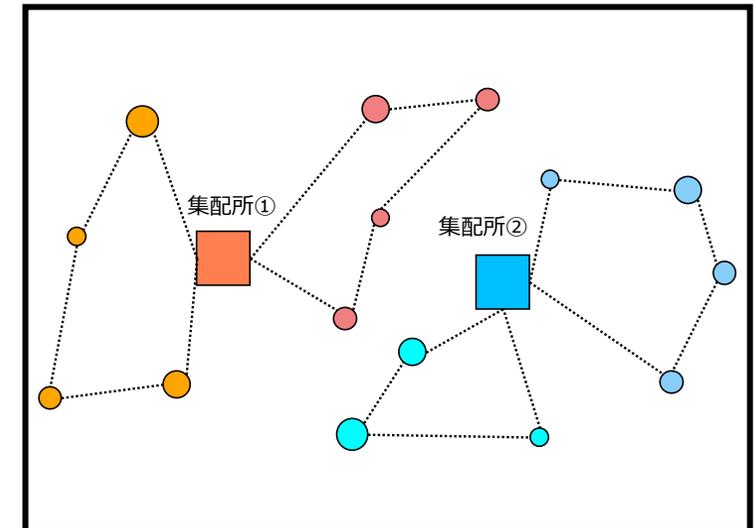
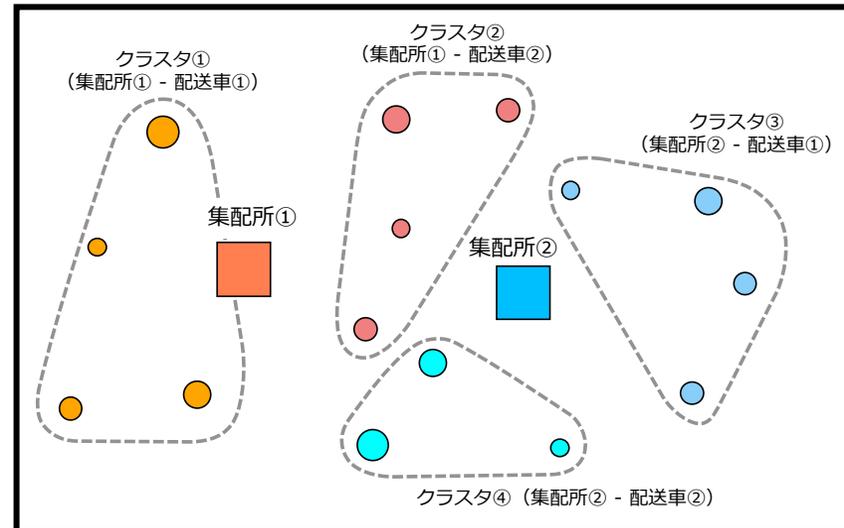
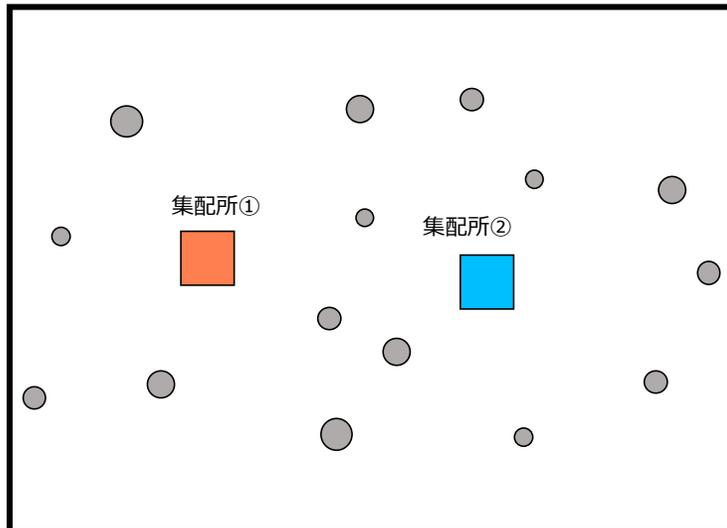
■ 2段階に分けて解を求める

Phase1 : クラスタリング

- 荷物をどのように配送車へ振り分けるか

Phase2 : 配送経路決定

- 最短経路で配送先を訪問し、荷物を配送
- 集配所に戻る

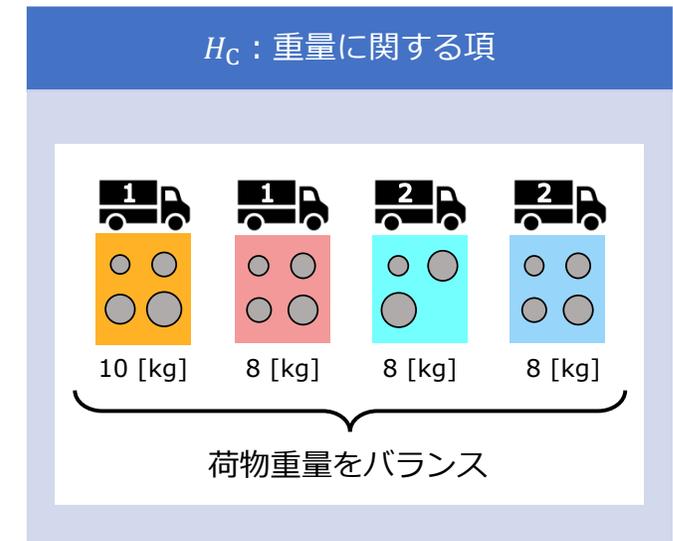
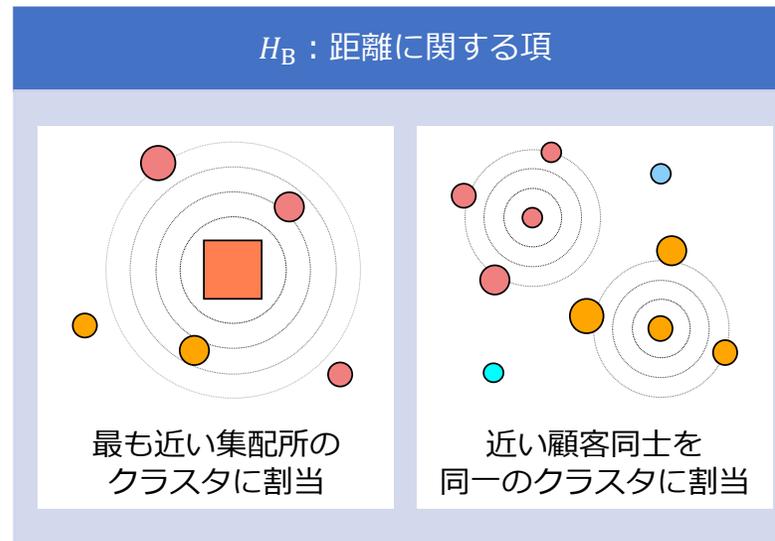
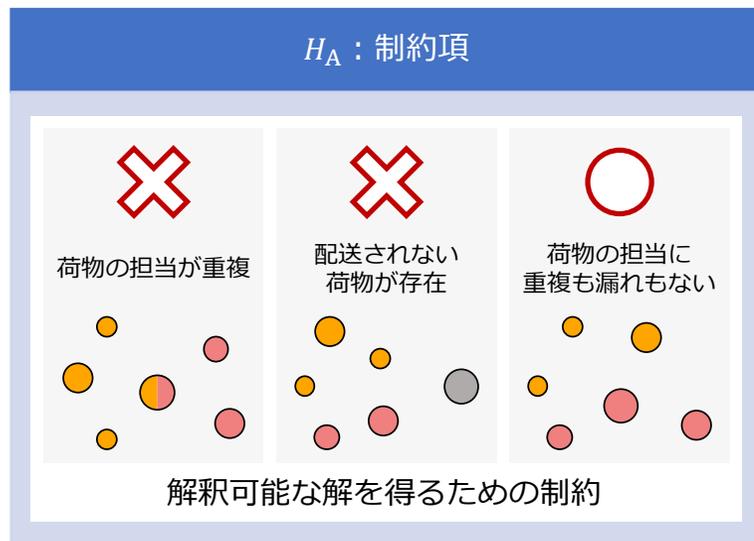


荷物の重量 [kg] ○ 1 ○ 2 ○ 3 ○ 4

Phase1 : クラスタリング

■ 荷物をどのように配送車へ振り分けるか

$$H_1 = \alpha H_A + \beta H_B + \theta H_C$$

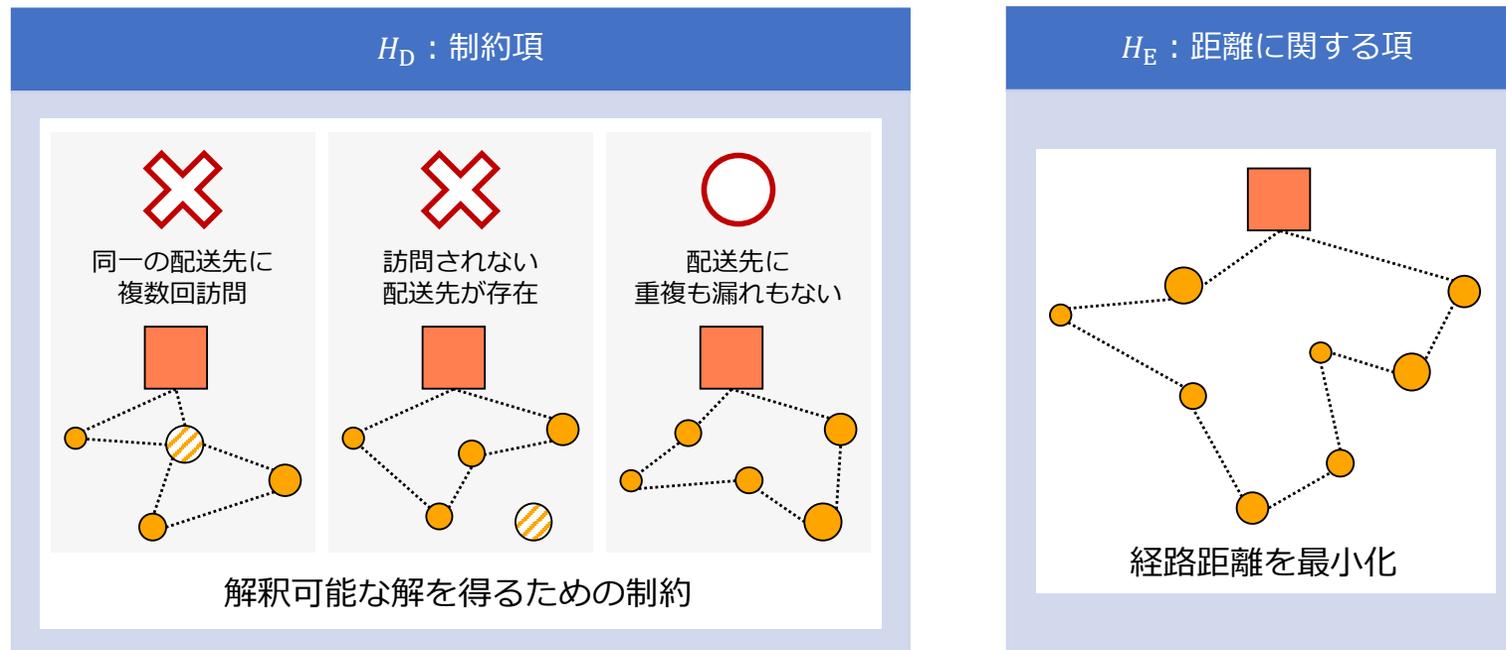


パラメタ α, β, θ を調整することで、 H_A, H_B, H_C の最適化の優先度を定める

Phase2 : 配送経路決定

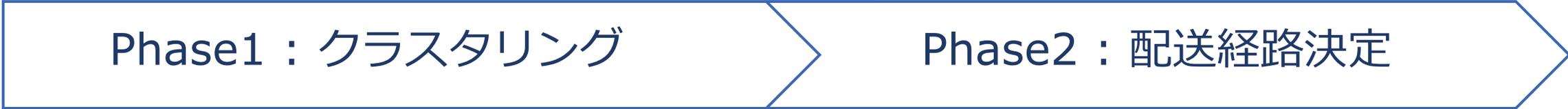
- 最短の配送経路で荷物を配送し、集配所に戻る

$$H_2 = \gamma H_D + \delta H_E$$

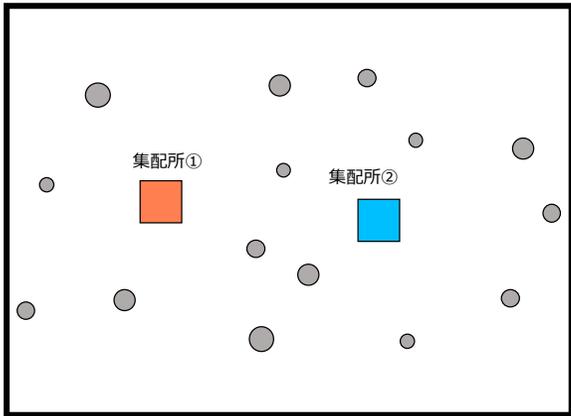


パラメタ γ, δ を調整することで、 H_D, H_E の最適化の優先度を定める

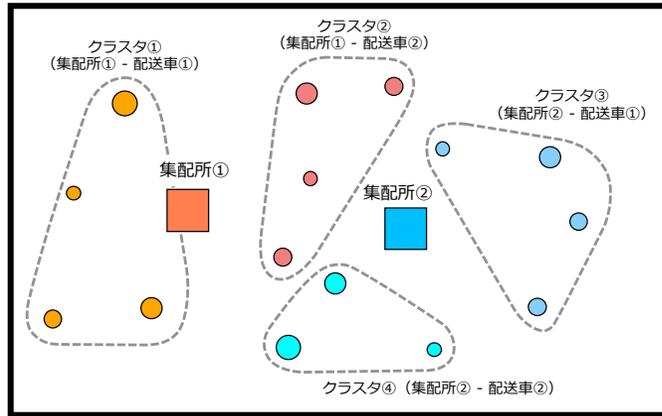
配送計画最適化の処理手順



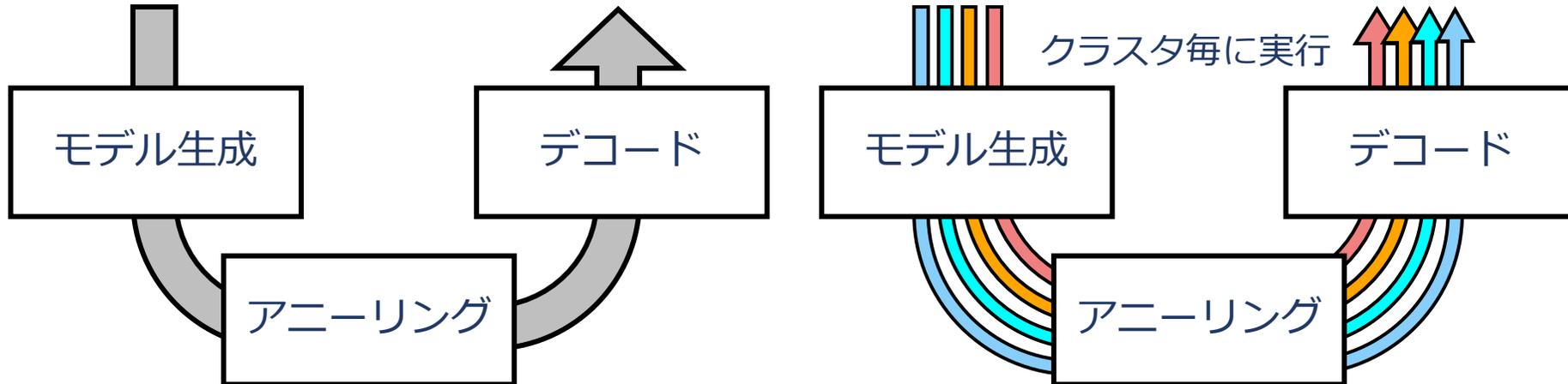
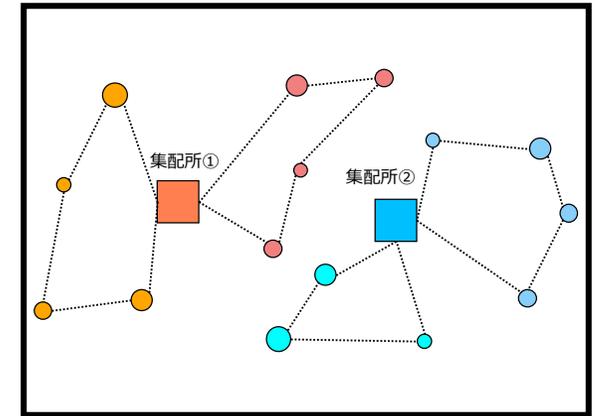
対象の配送問題



クラスタリング結果



最適化された配送計画



- 本資料の内容はJST CREST「Society5.0を支える革新的コンピューティング技術」プログラムの支援を受けて実施したもので、複数の研究グループの協業成果である

JST CREST

学習/数理モデルに基づく時空間展開型アーキテクチャの創出と応用
(研究代表者：東京工業大学・本村真人)

➤ **SCAアルゴリズムの確立とそのGPU実行/デモ環境の構築**

地理空間情報を自在に操るイジング計算機の新展開
(研究代表者：早稲田大学・戸川望)

➤ **イジングモデルを利用した配送計画最適化手法の確立**