数理最適化をビジネスに活かす
業務自動分担システムの導入から定着への実践

東京ガス株式会社　　飯野　佑樹

自己紹介

飯野　佑樹　（いいの　ゆうき）

東京ガス株式会社
DX推進部　データ活用統括グループ



- 大学院時代に数理最適化を専攻
- 大学院修了後、2022年東京ガスに入社

- 現在はデータサイエンティストとして、現場業務・企画・人事など社内の多様なドメインにおけるビジネス課題解決に従事。数理最適化のシステム実装や、機械学習を用いたデータ分析、生成AI活用などの多彩なプロジェクトを実現・推進。

目次

本日は、フィールド業務における最適化システムの構築・導入から、現場での利用定着までの取り組みをご紹介します。

01 はじめに

02 巡回業務自動分担システムの導入事例

03 システム導入までの進め方

04 リリース後の現場定着

05 まとめ

01

はじめに

当社における数理最適化の活用

会社概要

創立	明治18（1885）年10月1日	供給区	関東１都６県　各都県の主要都市
従業員数	［単体］3,190名　［連結］15,504名　’24.03末時点	海外拠点	10か国（米・英・豪・仏・東南アジア6か国）
売上高	［連結］26,368億円（2024年度）		



LNGバリューチェーン

調達 → 輸送 → 都市ガスの製造 天然ガス火力発電 → 都市ガス供給 → 販売

LNG調達量

約**1,100** 万トン

自社保有・管理船

10隻



天然ガス火力発電所

自社約**210**万kW(国内外)



LNG基地・導管ネットワーク

4基地、**6.6**万km超のネットワーク

デジタル技術の活用

再エネ電源

国内外　約**130**万kW



都市ガス

約**882**万件への販売

取付メーター数 約**1,256**万件

電気

小売電力契約件数

約**415**万件

さすてな電気

octopus energy

CO_2削減貢献

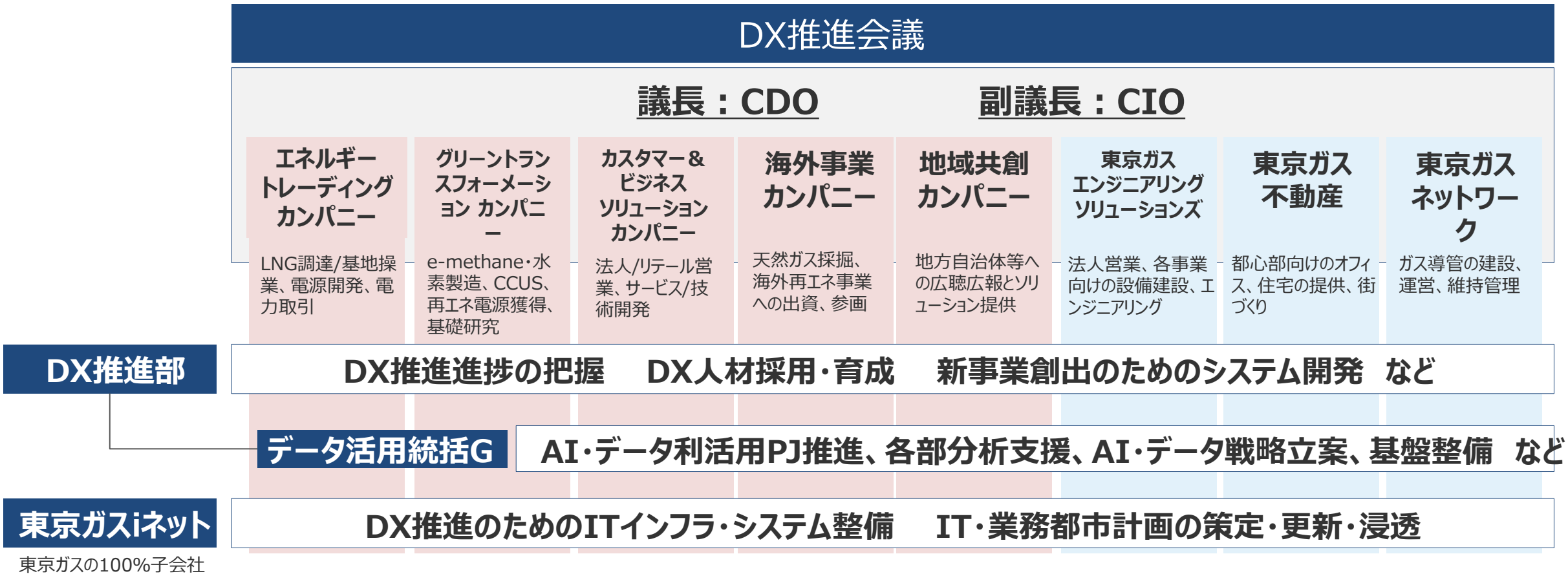
▲**952**万t

（基準年：2013年度）

各実績：2025年3月時点（導管ネットワーク総延長と取付メーター数は連結）

東京ガスグループの主な組織とDX推進体制

- 5つのカンパニー、3つの基幹事業会社を中心とした組織体制
- 各カンパニー・基幹事業会社が自らの変革を進める取組みを計画し、DX推進部・東京ガスiネットがデータ・ITシステムを含めたデジタル・テクノロジーの側面からサポート



“データ分析”から“DX”へ：東京ガスにおける分析組織の歴史

- 環境に応じて扱う分析テーマが変遷し、各時代のイシューに合わせて所属部門も変化しながらも、**1980年代以前から一貫してデータ分析の専門組織を設けて事業に深く活用**

	LNG基地建設	導管網拡大	リスクマネジメント	オール電化対抗	エネルギー自由化	「第三の創業」
1980年代以前	**1990年代**	**2000年代**	**2010年代**	**現在**		
• 生産計画最適化 • 熱量変更最適化	• 需給分析 • 投資採算評価	• 市場リスク評価 • エネルギーシステム分析 • 業務効率化	• マーケティング支援（顧客・競合分析） • バリューチェーン最適化	• デジタル・AI活用による新たな価値創造、ビジネスモデル変革		

バリューチェーン全体でのアナリティクス活用と数理最適化

- 原料調達から営業・マーケティング・カスタマーサービスに至るバリューチェーン全体で様々なAI活用を実施
- 大量の設備や人が動く当社のビジネスモデルでは数理最適化は重要な役割を果たしてきた。



原料調達・トレーディング	製造・発電	供給・ロジスティックス	営業・マーケティング	カスタマーサービス・フィールドオペレーション
価格予測	設備異常検知・故障予知	設備劣化予測・保守高度化	引越し予兆検知	コールセンター件数予測・最適人員配置
需要予測	稼働停止計画最適化	長期需要予測・最適設備形成	顧客脱落・LTV予測	機器修理予測・在庫管理
配船最適化	運転効率向上支援	緊急出動件数予測・最適人員配置	顧客スコアリング	業務量予測・自動分担
市場リスク管理	顧客のエネルギー利用パターン予測	巡回検査リスク評価・効率化	マーケティング施策最適化	レコメンデーション

R&D		コーポレート	
材料開発	実験デザイン最適化	社員の最適異動配置	社内問合せ対応支援

02

巡回業務自動分担システムの導入事例

課題整理～モデル開発～システム導入まで

フィールド業務（開栓・閉栓業務）について

- 年間約190万件の開栓・閉栓業務を、**首都圏約70拠点**で分担して実施。
- 各作業拠点の管理者は、訪問約束時間、作業員の資格・勤務状況、訪問先間の移動時間等を考慮し、案件ごとの担当作業員と訪問順序を決定する。

【開栓業務】

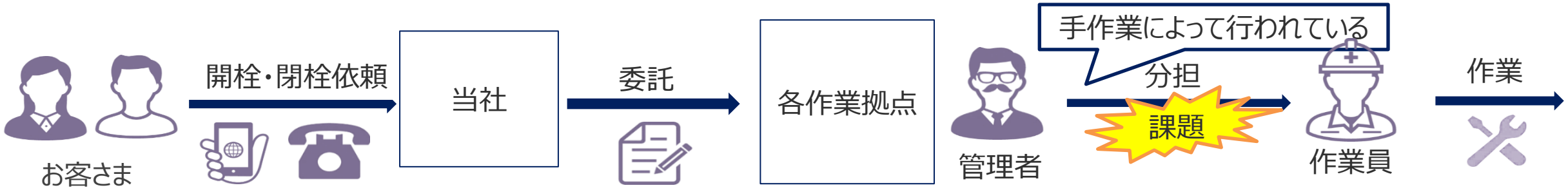
- 引っ越しなどに伴い、お客さまが新たにガスをお使いできるようにするガスの開通作業
  - ガス機器の調査（給排気設備調査・ガス種確認等）やガス漏れの確認を実施
  - また重要事項（ガス料金等）の説明やガス使用に伴う安全周知なども同時に実施
  - 開栓1件あたりの作業時間：約30分（移動時間含む）
  - 全社件数年間：約１１０万件

【閉栓業務】

- 引っ越しなどに伴い、ガスの利用を停止するガスの停止作業
  - 閉栓1件あたりの作業時間：約20分（移動時間含む）
  - 全社件数年間：約８０万件

取り組みの背景・目的

分担にかかる労力、非効率な巡回、サービスレベルの限界等、実務上の課題が顕在化しており、開栓・閉栓業務の分担案を自動的に作成する機能（数理最適化）をシステム導入することで、**分担の効率化・高度化を実現する。**



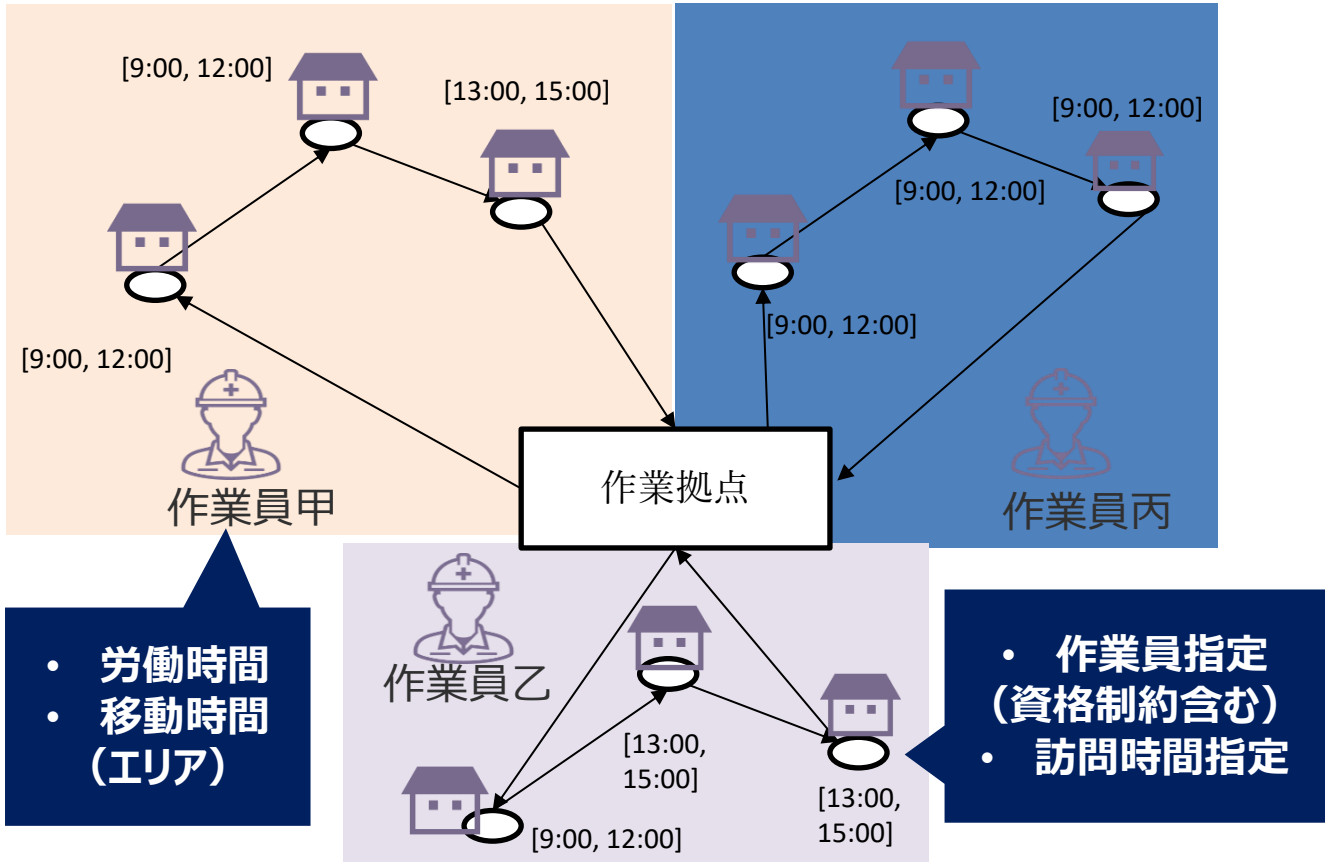
課題	**分担にかかる労力** • 経験のある管理者が毎日分担業務に時間を取られる	**非効率な巡回** • 非効率な移動や無駄な待ち時間が発生している可能性がある • 繁忙期には特に件数が多く、人手では効率な分担がしきれない。	**サービスレベルの限界** • スケジュール管理によってはお客さまとの約束時間に遅れる可能性がある • 精緻なスケジューリングができないため細かな約束が難しい

分担機能（数理最適化）を導入

目指す姿	**管理者の労力を軽減**	**最適なルートでの巡回**	**約束時間を遵守するスケジュール管理** **⇒よりきめ細やかなスケジューリングへ**

課題解決イメージ

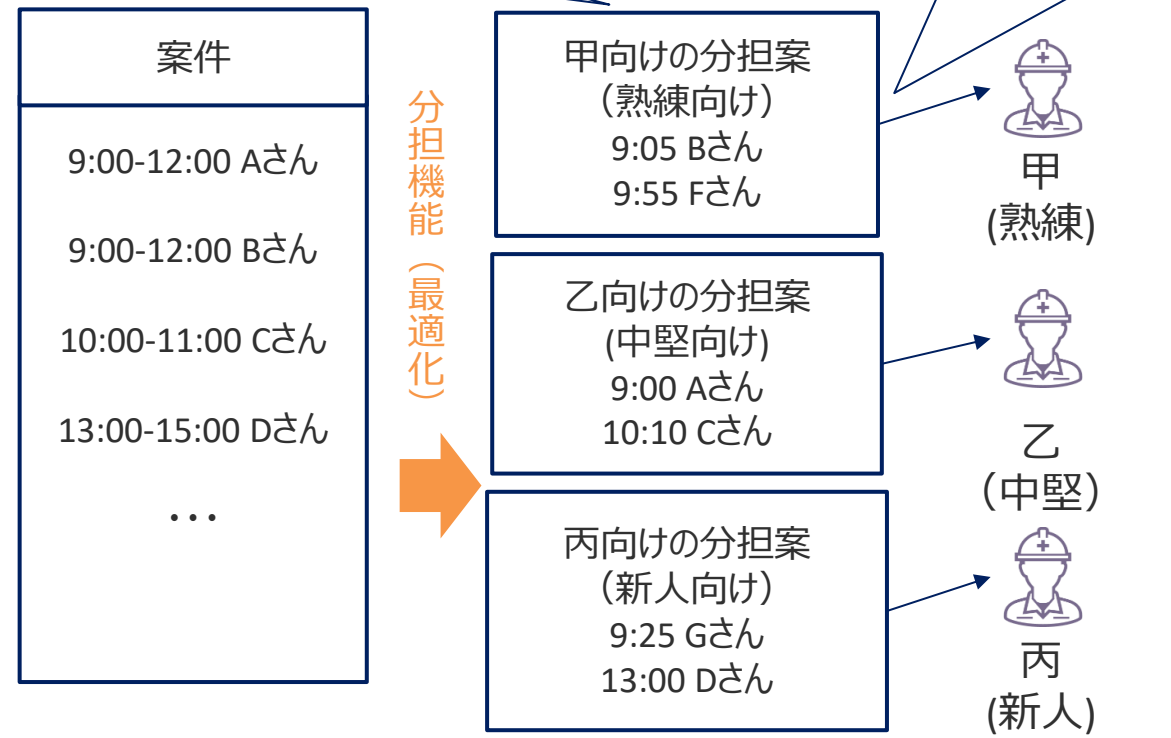
約束時間などの制約を考慮し、効率的な巡回を可能とする分担案（案件のまとまり）を作成することで、分担業務は分担案を確認し修正するという形で簡略化できる



巡回計画イメージ

個人の資格を考慮し遅延がない、かつ効率的なルートを算出

差配担当者は分担を確認し、必要であれば分担を修正し、確定する



分担イメージ

業務システム化に向けた課題

首都圏に点在する約70作業拠点で活用する共通の業務システムにモデルを組み込むにあたって、以下の3つの条件を満たす必要があった。

満たすべき条件

1. **作業拠点毎の分担の考え方を反映する**
   - 作業拠点によってなるべく効率的な巡回となるような分担をしたい・作業員の作業量が同じになるように分担したい等、作業拠点毎に分担方針が異なっている。
2. **状況によらず分担案を導出する**
   - 当日の拠点の状況からすべての制約条件を満たすことが難しい場合も想定されるが、その中でも分担案を作成する必要がある。
3. **迅速に計算する**
   - 業務利用のためオンライン処理で数分程度の計算時間で結果を返す必要がある

モデル・解法と選定理由

3つの課題に対応できるモデル・解法を採用

【モデル】 移動時間・拘束時間と制約違反に応じたペナルティの合計を最小化

制約例：必要資格がある/訪問時間帯が決まっている/担当エリアを地理的にまとめたい

【解法】 ALNSと呼ばれる、destroy 操作によって現在の解を壊し、repair 操作によって解を修復し、別の解を得る探索手法を選択

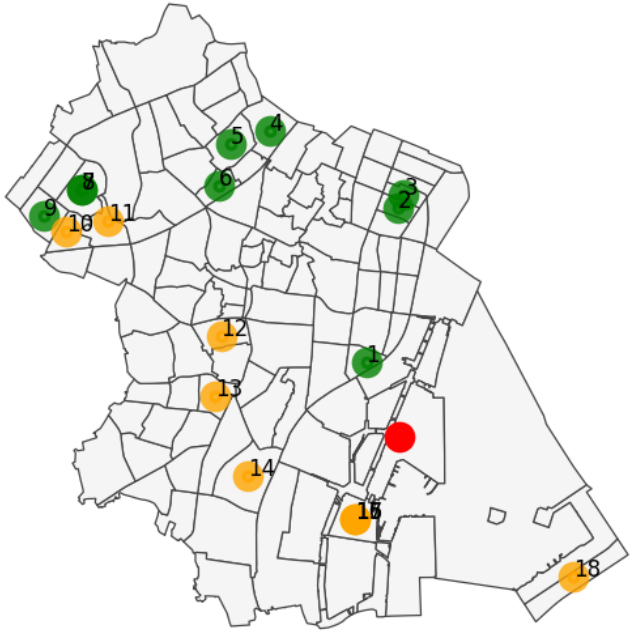


3つの課題への対応

システム化に向けた課題	採用したモデル・解法の工夫	得られた結果
作業拠点毎の分担の考え方を反映する	制約違反に対するペナルティの大きさを作業拠点毎に変更	拠点の方針に沿った分担案を生成 →次頁に結果表示
状況によらず分担案を導出する	重要度の高い制約ほどペナルティを大きくし遵守度合いを調整	制約条件毎の重要度に応じた分担を生成
迅速に計算する	高速に良質な解を探索できるALNSを採用	100案件：約30秒 1,000案件：数分

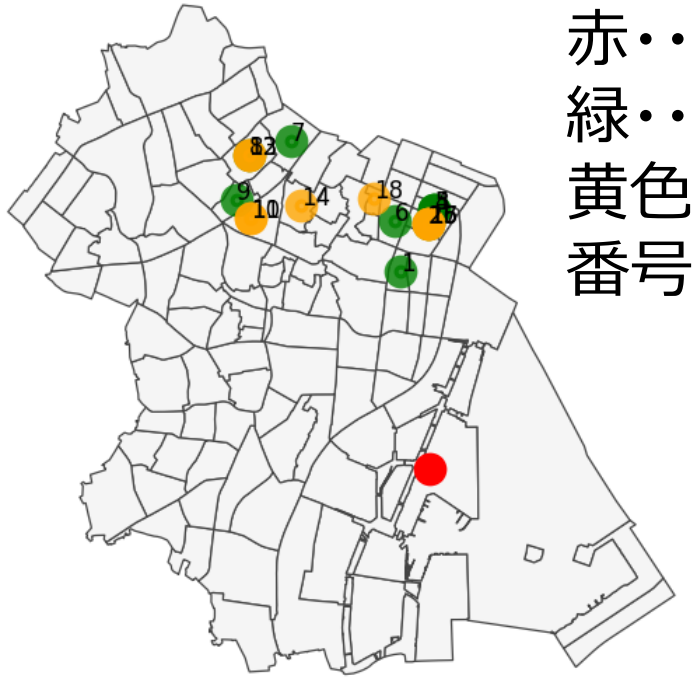
作業拠点毎の共通化の課題に対する結果

ペナルティの大きさを調整することで作業拠点毎の異なる分担方針に沿った分担案が得られた。



移動時間と拘束時間を考慮した場合の分担例

→作業拠点からの移動時間も考慮しているため、周遊するような分担となる



赤・・・作業拠点
緑・・・午前中の案件
黄色・・・午後の案件
番号・・・訪問の順番

同エリアの案件をなるべく同じ作業員に分担させることを考慮した場合の分担例

→一地域に集まるような分担となる

机上検証・トライアル結果

- 机上検証では妥当性・効率性共に改善した分担案を最適化で得られた。
- 複数拠点にてトライアル実施した結果、分担業務の効率化に寄与する見込みと、ユーザーである各拠点管理者から高い期待感を得た。

→ **2025年1月 業務システムに導入**

机上検証結果

妥当性	効率性	計算・分担業務
約束時間を遵守	**移動時間 平均9%削減**	**約30秒で分担案を作成**

トライアル結果

作業拠点	機能導入後の一日の想定分担時間	
	通常期	繁忙期
拠点A	約50%減	約30%減
拠点B	約50%減	約60%減
拠点C	約50%減	約80%減
拠点D	約30%減	約80%減
拠点E	約90%減	約40%減

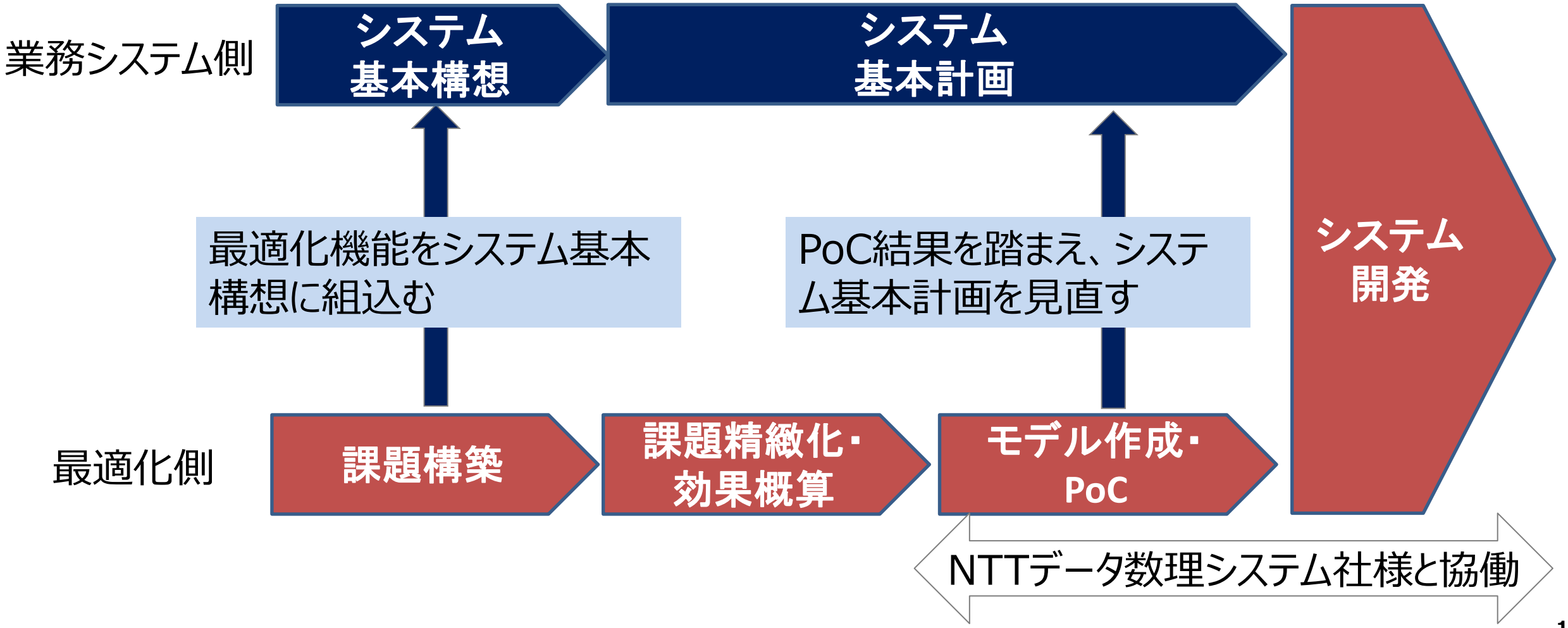
各拠点管理者のご意見
• **業務効率化に繋がるので、非常に期待している。**
• 分担業務は大変なストレスがかかる。分担者の精神的負荷軽減につながる。

03

システム導入までの進め方

最適化システム導入までの進め方

既存システムの刷新を機に、業務システム側と最適化側の検討を並行して進め、最適化側の計画・検証結果を業務システム側に反映しながらシステム導入を推進



課題構築フェーズ

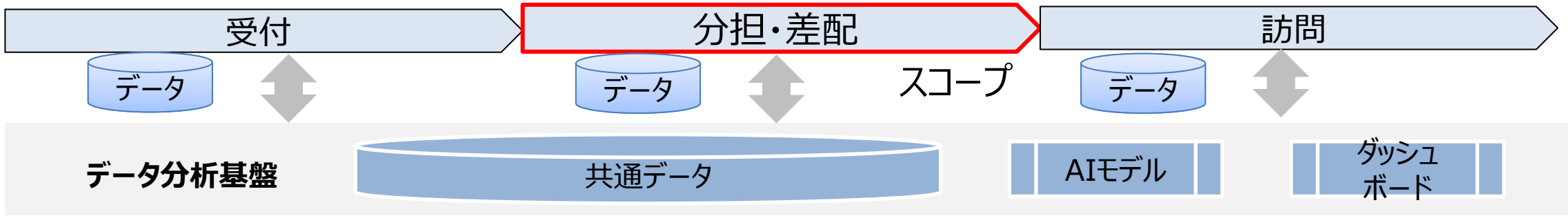
【実施内容】

- フィールド業務システムの刷新と業務フローの見直しを契機に、業務部門と連携し、取り組みスコープ・ 変革の方向性を検討。「受付からフィールド業務まで一気通貫でデータドリブンなオペレーション」という**目指す姿を設定し、分担の最適化機能を業務システム刷新の基本構想に組込み**

【導入に向けた工夫】

- **業務側との共同検討による合意形成：** 業務部門とともに目指す姿・取り組みスコープを具体化し、理解・納得を得ながら検討を推進。
- **業務変革・システム刷新計画との連動：**最適化機能を単独導入ではなく、既存の業務改革・システム刷新の計画の一つとして位置づけた。

一気通貫でデータドリブンなオペレーション（イメージ）



課題精緻化・効果概算フェーズ

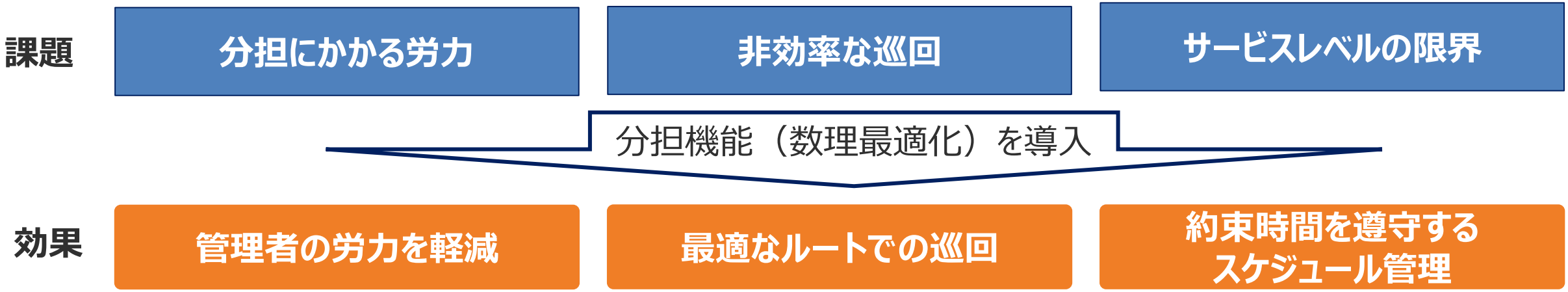
【実施内容】

- 分担業務における課題を整理し、それぞれの課題が解決した場合の期待効果を試算

【導入に向けた工夫】

- **最適化による期待効果を分類し評価**：最適化システムの導入効果は、大きく3つに分類
  - **①作業自動化による作業時間削減の定量効果：**管理者の労力を軽減
  - **②最適化されることによる定量効果：**最適なルートでの巡回（移動時間削減）
  - **③その他定性的な効果：**約束時間を遵守するスケジュール管理

本取り組みでの課題・効果



モデル作成フェーズ

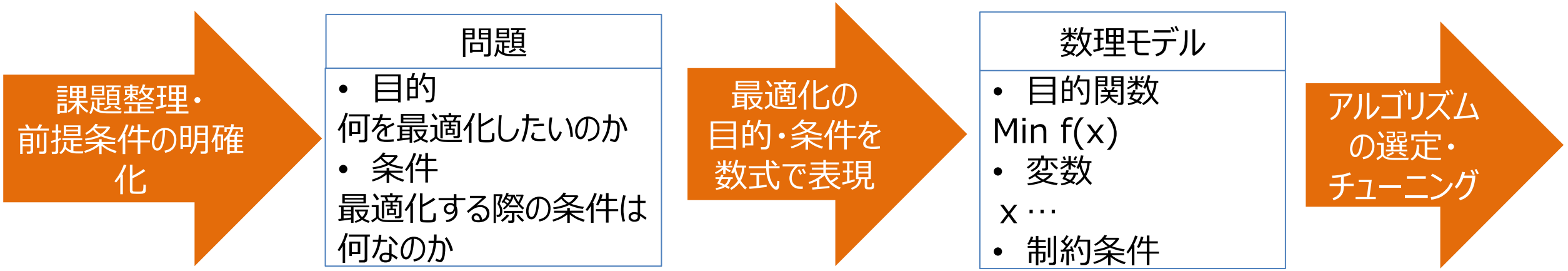
【実施内容】

- 業務課題をもとに、最適化の目的・制約条件を整理し、数理モデルとアルゴリズムを検討

【導入に向けた工夫】

- **業務上の要件の明確化・言語化**：業務で重視する条件とその優先順位を明確にし、目的関数・制約条件として表現した
- **実務に適用できるモデル・解法の選定：**業務要件を踏まえたモデル設計に加え、計算速度や解の品質を考慮したアルゴリズムを選定した

最適化モデル作成フロー



PoCフェーズ

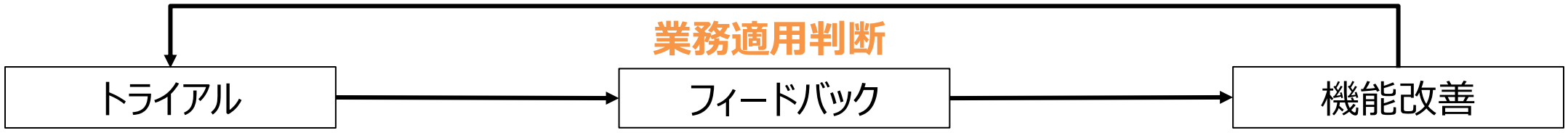
【実施内容】

- 机上検証に加え、実際の利用者によるトライアルを実施。利用者からのフィードバックをもとにモデルを改善し、業務適用可能性を検証・判断

【導入に向けた工夫】

- **現場でのトライアル実施：** 現場トライアルを通じて利用者の意見を取り込み、現場の実際の利用者の理解・納得を得つつ、改修を行った
- **改善要望の優先順位と業務適用の判断基準を明確化：**最適化では「完璧な答え」は見つからないため、改良には終わりがないことがほとんど。改善要望をMUST・WANTに分け、必要な水準を満たした段階で次のフェーズへ進んだ
- **最適化の不確実性を踏まえた柔軟なプロジェクト推進**：システム計画とPoCを並行して進め、PoCの結果に応じてシステム計画を見直せるようにした。

PoC改善フロー



システム開発フェーズ

【実施内容】

- システムの仕様を検討し、仕様元に設計・開発・テストを実施
- システムの維持管理体制の決定

【導入に向けた工夫】

- **最適化だけに依存しない業務設計：**最適化機能が停止した場合でも業務を継続できるよう、手動での分担という代替手段を確保した
- **既存システムとの一体となった維持管理体制の構築：** 最適化システム単独での維持管理はコスト面で難しいため、**システム開発を通してシステム部門の理解・納得を得ながら、既存システムの維持管理体制との連携**を実現した。

リリース後に見えた課題

2025年1月、フィールド業務を担当する約70作業拠点に対してシステムをリリース。

PoCでは高い効果が見込まれ、現場からも期待が寄せられた一方、リリース後の利用は数拠点にとどまった。

→現場への定着という新たな課題が顕在化

PoC

高い評価と期待

- 分担時間の削減
- 移動時間の削減可能性
- 現場からの高い期待感

期待に反して

本番運用

利用拠点は数か所

多くの拠点では、従来の手作業での分担が継続していた。

04

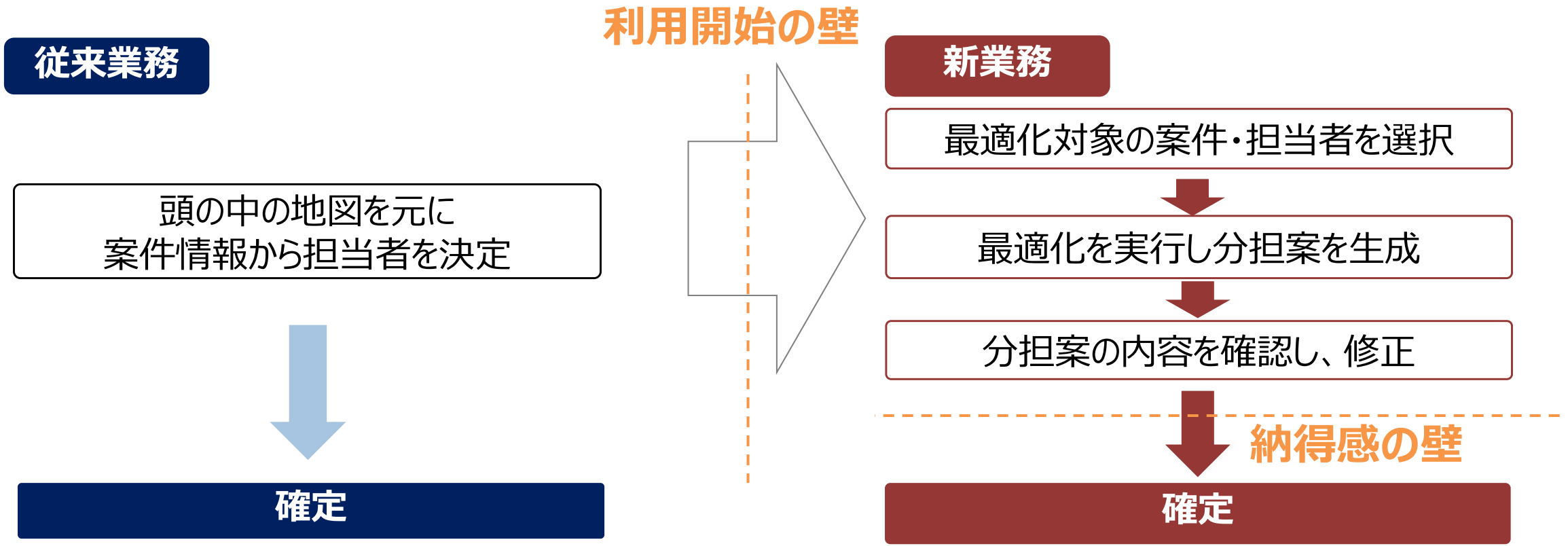
リリース後の現場定着

利用定着を阻んだ2つの壁

利用開始の壁：新たな操作や設定が必要となり、利用方法を十分に理解できない拠点では利用開始に至らなかった。

納得感の壁：最適化結果が利用者の想定する結果と異なり、結果の確認・修正に手間がかかることから、継続利用につながらなかった。

→数拠点でのトライアルだけでは本番運用での利用者の納得感を得るのは不十分だった。



利用開始の壁と乗り越えるための対応

集合教育やマニュアルを提供したものの、利用者が自ら操作・設定できる状態には至らなかった
→拠点ごとの課題に応じた伴走型支援を実施

利用開始に際して起こったこと

1 **機能理解の不足**

人による分担結果の確認・修正が必要であることが理解されていなかった。

2 **操作理解の不足**

操作方法が分からないことや、操作に対する心理的・実務的な負担から、機能を一度も利用していない拠点が多く存在した。

3 **設定の不備**

エリアをまとめるための設定が行われておらず、地理的にまとまりのある分担案を生成できていなかった。

乗り越えるための対応

実践型の訪問支援

- 全約70拠点を訪問して操作方法を説明
- 利用者自身がその場で操作

データに基づく個別支援

- 利用履歴から設定不備を把握
- 対象拠点へ個別にフィードバック

継続的な学習支援

- 操作動画を作成・配布
- 各種問い合わせ対応

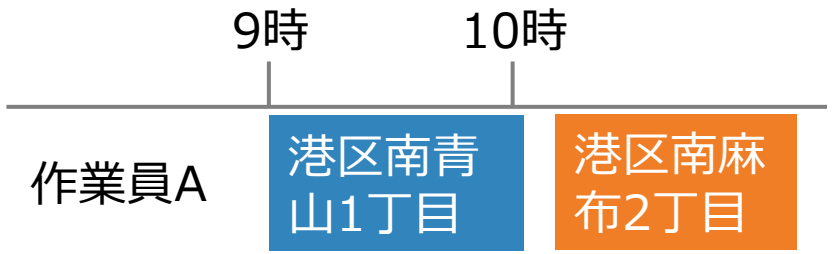
納得感の壁

最適化結果が思った分担結果と異なると感じるケースは大きく２つ存在

①人が最適化結果の妥当性を判断しにくいケース

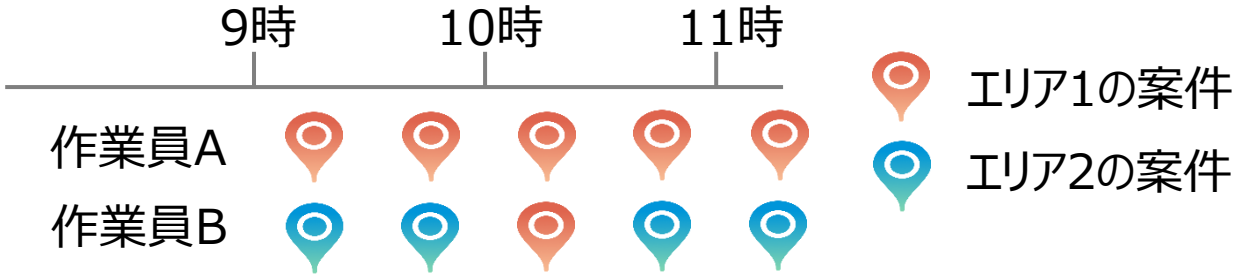
■住所のみでは移動の妥当性を判断しにくい

現行は住所のみの表示のため、実際の距離は近いが、町名が異なると距離が遠い案件と誤認



■作業員全体での妥当性を判断しにくい

作業員全体の効率を考慮しているが、作業員Bの分担だけを確認するとエリアを跨いでいて非効率に見える



②最適化の前提と現場の考え方にずれがあるケース

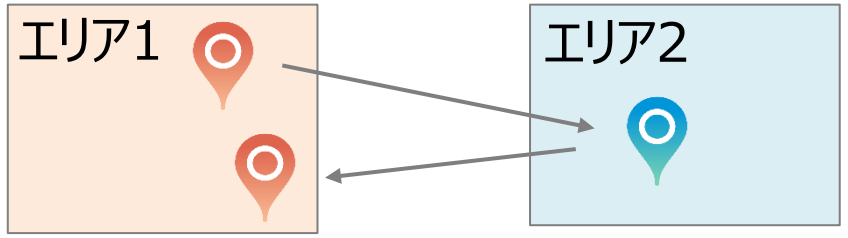
■設定値と人の感覚との差

業務に応じた時間を一律で設定しているものの、人の感覚では案件を詰めて分担できると感じるケースがある



■巡回効率とは別に重視する運用方針がある

エリアを跨ぐ方が効率的でも、管理上の理由からエリア内での巡回を優先したい拠点がある



納得感の壁を越えるためのポイント

①人が最適化結果の妥当性を判断しにくいケース→結果を正しく認識できるようUI設計

②最適化の前提と現場の考え方にずれがあるケース→最適化ロジックを理解したうえで、最適化方針と考え方が違う・違和感が残る場合は簡易に修正できるようにする

「理解できる」「確認できる」「修正できる」ことが、最適化結果への納得感につながる

ロジックの理解：②

最適化の目的・制約・評価軸から、分担の考え方を理解できるようにする

結果の確認　：①・②

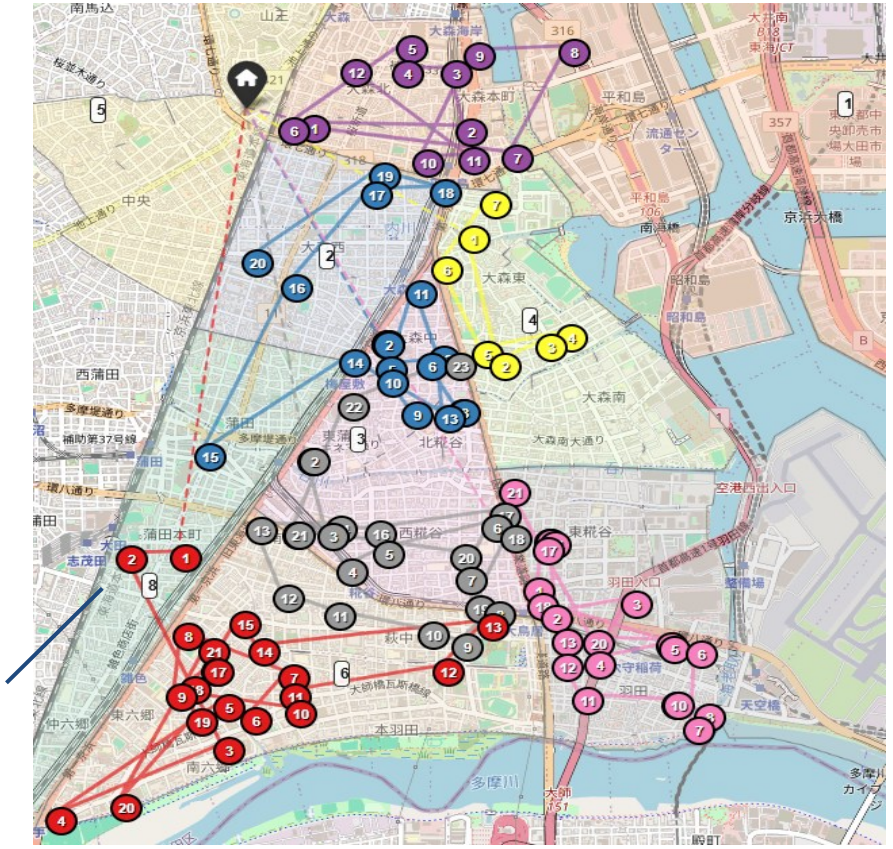
地図上で分担結果を可視化し、妥当性を直感的に確認できるようにする

結果の修正：②

最適化結果をベースに、必要な箇所のみ調整できるようにする

案件毎に
担当者変更

担当者
甲▲
乙
丙



地図でのUIイメージ　※トライアル中

利用から事業価値までを可視化するKPI設計

一方で、壁を越えて利用定着することがゴールではなく、実際には利用されることでどのような価値が出ているのかを確認することが求められる。**KPIを通じて利用状況と事業価値をつなげて管理**し、各KPIについて改善サイクルを回していく必要がある。

3種のKPI：利用から事業価値への繋がり



05

まとめ

最適化のビジネス活用に向けて

01｜よい解を出すだけでは、導入できない

業務変革のタイミングを捉え、関係者の納得を得ながら、実務で求める水準を明確にすることが重要。

02｜導入するだけでは、現場で使われない

地道な利用支援に加え、最適化結果を「理解・確認・修正」できる仕組みが必要。

03｜使われるだけでは、事業価値にならない

利用状況から業務成果、事業価値までを継続的に評価し、改善につなげることが重要。

最適化の価値は、よい解が現場で使われ、業務成果・事業価値につながることで生まれる。

参考文献

[1] David, P. and Stefan R. (2007), “A general heuristic for vehicle routing problems”, Computers & Operations Research, Volume 34, Issue 8, Pages 2403-2435.

[2] Niels, W. (2022), ALNS, https://github.com/N-Wouda/ALNS.

[3] Ropke, S. and Pisinger, D. (2006). An adaptive large neighborhood search heuristic for the pickup and delivery problem with time windows. Transportation science, 40(4):455-472