

LP ガス容器の効果的な配送方法とその効果について

	東京ガス株式会社	*土岐 爽真	TOKI Soma
	株式会社ライナロジクス	朴 成浩	PARK Narihiro
	株式会社ライナロジクス	渡邊 惇	WATANABE Atsushi
01207300	東京ガスリキッドホールディングス株式会社	塩野 直志	SHIONO Naoshi

1. はじめに

近年、物流業全般において、人手不足や長時間残業が深刻な問題となっており、経験やノウハウの少ない配送員が働きやすい環境を整備し労働時間を削減するなどの労働環境改善が求められている。かつて、東京ガスにおいて笹山ら[1]はLP ガス容器の配送に関して、①多期間配送計画問題(Periodic Vehicle Routing Problem :PVRP)と定式化して解を得ること、②通信を活用した多頻度遠隔検針の導入が効果的と提言していた。[1]から30年経過し、労働環境改善の観点から①を含めた配送計画システム開発が望まれ、かつ②低消費電力、長距離データ通信を特徴としたLPWA (Low Power Wide Area) を用いた多頻度遠隔検針に目途が立ちつつある。そこで、当社グループ他でLP ガス容器を配送するシステム開発を行った。

本論文では、LP ガス容器配送の特徴、LP ガス容器配送計画問題の解法と結果を報告するとともに、今後の課題について述べる。

2. LP ガス容器配送の基本情報

(1) 配送先の設置容器

所有機器、設置スペースに応じ、容器のサイズ(10、・・・、50kg)及び本数が決定される。関東地方の戸建は50kg 容器2本設置が多い。

(2) 需要想定

配送先別に、月一回の人手による検針で得られた値を基に需要想定が行われる。

(3) 容器交換基準

複数本置いた容器のLP ガスは図1のとおり、供給系、予備系と分かれ消費されていく。安全面から、その半分(供給系)が消費されたと想定された時点で容器の半分を交換する事業者が多い。容器交換時に予備系と供給系が入れ替わる。

(4) 容器交換ルール

LP ガス容器の配送は一般的にVMI (Vendor Managed Inventory) 方式、即ち容器交換時におけるお客さまの立会は不要な方式であるため、いつでも交換できる。ただし、時間帯指定や曜日指定の配送先が全体の1~2%存在する。

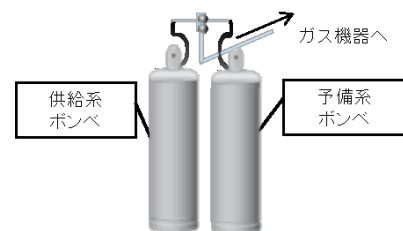


図1: LP ガス容器の設置と消費(供給系ボンベが無くなると想定されるタイミングで交換を実施)。

3. LP ガス容器配送の特徴

配送計画問題としてLP ガス容器配送の特徴を捉えると、I~VIの点が挙げられる。

I. 組合せ自由度の高さ。

LP ガス容器配送はVMI方式であり、日時の指定がない場合がほとんどであるため、配送日時を選べるという点で、他の宅配業界などよりも配送日時の組合せ自由度が高い。

II. 配送先在庫量の考慮。

早いタイミングで交換を行うとLP ガスが多く入った容器を持ち帰ることになるため、その分配送頻度が増える。よって、配送先の在庫を考慮した配送計画を作成する必要がある。

III. 複数回転。

冬期は給湯用途でガスの消費が多いため、一日の配送で二回転、状況によっては三回転する。

IV. 中継基地の存在。

事業者によっては中継基地を所有し、拠点→配送→中継基地で容器の積下ろし/積み込み→配送→拠点という配送順路を辿ることがある。

V. 計算対象期間。

最適な配送日を選択するために、複数日に及ぶ配送計画を計算する。その際の期間は長いほど好ましいが、配送先のガス消費の変化などの不確定要素及び計算負荷が増えるため、計算対象とする日数（計算対象期間）を限定する必要がある。それに付随して、対象とする期間が区切られた前後では、お互いの配送が考慮されない形で計算されることになる。

VI. 交換方式の多様化。

IoT 技術の発展に伴い、遠隔検針が普及する可能性が高い。[1]の時点では通信コストが高かったため実現しなかったが、LPWA の発展により、30 年ぶりに進展している。遠隔検針により図 1 の予備系を含めた全本交換が可能となる一方、既存の方式による半数交換も残ると考えられ、二つの方式による LP ガスの配送・交換が発生する。

4. LP ガス容器の配送計画問題の解法

3 章では、LP ガス容器の配送計画問題の特徴について述べた。この章では、それぞれの特徴を考慮した上で LP ガス容器の配送計画問題を解くための手法について述べる。図 2 に一例として翌日の配送計画を作成するフローを示す。

STEP1. 計算対象期間を入力する。

STEP2. 該当する配送先情報（住所・交換本数・配送可能期間等）を抽出する。

STEP3. 配送期限が短い配送先により高い重要度を付与するとともに、計画に組み込まれなかった場合のペナルティを高く設定する。

STEP4. 配送車別に計算対象期間及び勤務形態に応じたタイムウィンドウを設定する。（図 3）

STEP5. 重要度の高い配送先だけを抽出して計画を作成する。期間内に必ず配送するものを先に組むことで、配送漏れを防止する。具体的にはここでは、移動距離、移動時間およびペナルティを目的関数としたタイムウィンドウ付き積載量・積載本数制限付きの PVRP を解く。

STEP6. STEP5 の結果を初期値として、重要度の低い配送先を追加して PVRP を解く。その際に、重要度の低い配送先は計算対象期間内にすべて配送しなくてもよい仮定を置く。その際、配送する場合の配送コスト、配送しない場合のペナルティを比較し、追加するかを判断する。

STEP7. STEP6 終了後、翌日の計画のみを採用する。

翌々日の計画を作成したい場合には、翌日の配送先を外したうえで STEP1-7 を行うことで求め、3

日後以降の計画も同様に作成できる。この方式は一般に「ローリングホライズン方式」と呼ばれ、この方式を採用することで、計算対象期間を長くとりながらもその期間が区切られた前後でお互いの配送が考慮されないことによる影響が軽減される。

この解法を株式会社ライナロジクスのライナクラウドに組み込むことで配送計画システムの開発を行った。

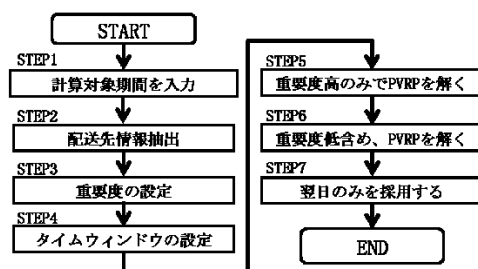


図 2 翌日の計画作成フロー

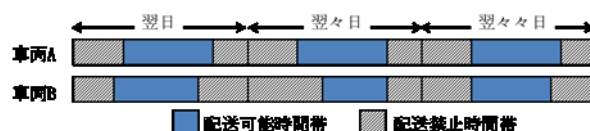


図 3 タイムウィンドウの設定例（計算対象期間＝3 日）

5. 配送計画システムによる導入効果

表 1 に配送計画システムを用いた実績との比較を示す。詳細については、当日報告する。

表 1 配送計画システムによる結果

	距離（実績比）	時間（実績比）
実績	4,047 km	392.6 h
解法適用 遠隔検針なし	2,846 km (▲29.7%)	319.8 h (▲18.5%)
解法適用 遠隔検針あり	2,257 km (▲44.2%)	227.0 h (▲42.2%)

6. おわりに

実問題である LP ガス容器の配送計画問題の特徴について整理し、その解法について述べた。これにより、LP ガス容器の配送業務をより効率化することが可能となる。当日は実務上の課題についても報告する。本配送計画問題に関して数理計画研究者が積極的に携わって頂くことを期待する。

参考文献

[1] 笹山晋一、山上伸、片瀬成識、“LPG ボンベの効率的な配送方法について、” オペレーションズ・リサーチ, 43(11), pp.614-617, 1998.