

【課題名】 AI・IoTを活用した収集運搬車の自動配車システムに関する技術開発と実証事業（委託）

【代表者】 大栄環境株式会社 山田 眞

【実施年度】平成31～令和3年度

(1) 技術開発・実証の概要

①【課題の概要・目的】

一般的に産業廃棄物の収集運搬車の配車は、受注情報をもとに人が経験則に基づき配車ルートを作成している。既存の配車システムでは、顧客の回収時間指定などの多くの業界特有の制約条件に対応したルート算出ができない、ルート算出までの計算時間が長くリアルタイムの状況把握・処理ができない、といった課題がある。

そこで本事業では、実証フィールドで使用している車両を対象に、様々な制約条件を加味しつつ高速で最適な配車ルートの算出が可能な配車アルゴリズムを開発し、これを搭載した廃棄物処理事業に適用した自動配車システムを開発することで、収集運搬車の燃料由来のCO2排出量の削減を目的とする。

②【技術開発・実証の内容と成果】

○重要な開発要素

A1.【配車アルゴリズムの開発】

- 配車アルゴリズムの開発では、「すべての廃棄物を回収して戻る」、「回収指定時刻や乗務員の拘束時間制約を守る」といった制約条件を満たした最適ルートを自動的に算出する配車アルゴリズムを開発した。配車ルート算出までの計算時間は目標1時間に対して5分程度と大幅に目標達成した。
- 配車ルートの走行時間のシミュレーション値と実績の誤差が-0.6%となり、シミュレーションと実績が近いことが確認できた。

B. 開発要素のシステム統合と、C. その実証

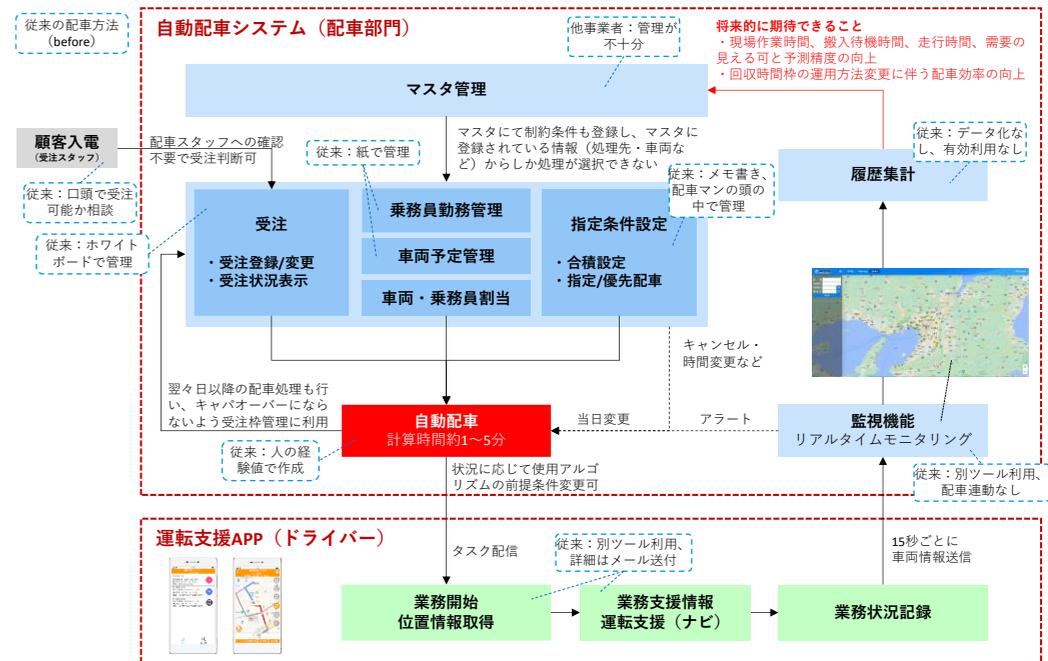
- 検討した配車アルゴリズムを搭載した実証用の自動配車システムを構築し、車両の位置情報、作業ステータス情報（遅延含む）が取得できていることを確認できた。
- 遅延した車両を対象に再配車計算を行った結果、遅延時間を加味し実走可能な配車結果が算出されたことで当日のリアルタイム変更に対応できることを確認した。
- 本アルゴリズムにより算出された配車ルートを実走した実証結果により、人による手動配車結果よりも走行時間（=CO2削減効果）が約2.5～6.6%削減※（目標：5%削減）となった。

※会社ごとの異なる制約条件により削減効果が異なる。一般的な制約条件下で6.6%達成見込み。

※走行データの分析結果より走行時間削減率=CO2削減率として算定

③【システム構成】

- 様々な制約条件を加味しつつ、高速で最適な配車ルートの算出が可能で、手動配車を上回る実用的な配車アルゴリズム
- 当該アルゴリズムを搭載し、様々なツールとの連携や紙やエクセルで管理しているアナログ情報の自動化により業務改善にもつながる自動配車システム



④【開発・実証成果のまとめ】

○開発・実証の目標及び達成状況:

- 配車アルゴリズム: 計算時間5分程度(目標1時間)、人による手動配車結果と比較して走行時間約2.5～6.6%削減(目標5%以上の削減)を達成

○想定ユーザ・利用価値: 産業廃棄物処理事業者、物流事業者

(2) 技術開発・実証の実施内容

①【実施体制】

- ・大栄環境(株): 仕様検討、データ分析、全体取りまとめ
- ・(株)イーアイアイ: 共同実施者として配車アルゴリズム開発とシステム構築
- ・フロントサービスセンター(当社配車部門): 配車業務に関する情報提供、実証フィールドの提供

代表事業者

大栄環境(株)

- ・仕様検討/データ分析
- ・全体取りまとめ

共同実施者

(株)イーアイアイ

- ・配車アルゴリズムの検討
- ・自動配車システムの構築

協力者

フロントサービスセンター

- ・配車業務に関する情報提供
- ・実証フィールドの提供

②【実施スケジュール】

	2019年度	2020年度	2021年度
要素技術A1の開発			→
配車アルゴリズムの開発	36,216千円	12,528千円	3,047千円
B,C統合システムの最適化、実証			→
自動配車システムの構築		13,801千円	11,269千円
電力調達システム・DCMS	42,375千円	—	—
その他経費(間接費含む)	12,808千円	14,708千円	7,284千円
合計	91,398千円	41,037千円	21,600千円

※電力調達システムとDCMSは初年度のみ実施

③【成果発表状況】

- ・雑誌「環境技術会誌」(2021年7月号)、「廃棄物収集運搬におけるAI自動配車システムの開発と実証」
- ・雑誌「環境管理」(2021年9月号)、執筆原稿の一部にて自動配車システムの開発を紹介
- ・雑誌「都市清掃」(2021年10月号)、執筆原稿の一部にて自動配車システムの開発を紹介

(3) CO2削減効果の評価

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	523			
開発品(装置/システム)の耐用年数	5年			
年度	2020	2022	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	-	-	0.16	0.52
累積CO2削減量(万t-CO2)	-	-	0.84	8.7
CO2削減コスト(円/t-CO2)	-	-	1,530	1,530

【本資料作成時点見込み】

本表の年次は固定

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	523			
開発品(装置/システム)の耐用年数	5年			
年度	2024	2023	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	0.052	-	0.16	0.52
累積CO2削減量(万t-CO2)	0.052	-	0.84	8.7
CO2削減コスト(円/t-CO2)	2,868	-	1,530	1,530

(4)事業化について

【事業化計画】

- 2023年度末までにプロトタイプベースでの市場サウンディング、およびサウンディング結果を踏まえたSaaSによるサービス提供に向けたシステム構築
- 2024年度から、グループ企業のネットワークを活用した外販開始

○事業化の体制

- 成果の実用化、製品化：(株)イーアイアイ、(株)大栄環境グループ
- 販売：(株)イーアイアイ、および大栄環境グループの廃棄物処理事業者向け基幹システムの開発・販売をしている子会社

○事業展開における普及の見込み

- 市場規模：アクティブな収集運搬事業者約6.4万社、うち重点ターゲット：一定規模以上事業者1.5万社
- 導入コスト目標：80万円/年額 ※当社規模想定(費用は、導入規模による)
- 投資効果：配車スタッフ2名程度削減(月額40万円×2名)を想定

○年度別販売見込み

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

年度	2020	2022	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	-	-	3	10
目標累積販売台数(台)	-	-	16	166
目標販売価格(円/台)	-	-	システム年額:80万円	システム年額:80万円

【本資料作成時点見込み】

本表の年次は固定

年度	2024	2023	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	1	-	3	10
目標累積販売台数(台)	1	-	16	166
目標販売価格(円/台)	システム年額:150万円	-	システム年額:80万円	システム年額:80万円

○量産化・販売計画

- 2023年度末までに、システムUIの改良や規模展開に耐えうるシステム構築、および必要に応じてアルゴリズムの高度化、基幹システムとのデータ連携方法の検討、サブシステムの構築を行う
- 2024年度以降から、グループ企業などのネットワークを活用した外販開始

○事業拡大シナリオ

年度	2022	2023	2024	2025 (最終目標)
システム構築	外販用システム構築(UI改良など)	同左	状況に合わせて見直し	同左
販売網による販売拡大	市場調査	プロトタイプによる市場調査	SaaSによる市場投入	グループ企業やグループネットワーク活用による販路拡大

○事業化におけるリスク(課題・障害)とその対策

- 各社ごとに異なる基幹システムとのデータ連携仕様の構築
- 各社ごとに異なる配車文化を踏まえたシステム構成の構築

1.配車アルゴリズムについて

1.1.加味できる配車の制約条件について

静脈物流の配車における特徴の一つに考慮すべき「制約条件」が非常に多いことが挙げられる。動脈物流と共通の制約条件として、顧客への訪問時間指定やドライバーの労働時間制約などが挙げられるが、静脈物流特有の制約条件としてコンテナやドライバーの指定、積載容積上限を加味したルート、現場作業時間、ドライバーの運行エリア設定などきめ細かい部分まで加味した配車が必要で、かつ様々な種類の車種が存在し車種ごとに制約条件が異なることが挙げられる。本事業では、様々な制約条件を加味でき、かつ制約条件の変更が容易なアルゴリズムを開発したことで、様々な制約条件を満たし従来の人による手動配車を上回る配車ルートの算出が可能となった。

1.2.計算時間について

1日のタスクを処理する配車ルートは、最も多い組み合わせで250階乗もの膨大な組合せ数になり、その中から最適解を算出する必要がある。現在、人による配車ではベテランの配車スタッフでさえ過去の経験に基づき1車種について数時間以上かけて上記の組合せの配車計画を作成している。本事業で開発したアルゴリズムでは、もっとも組合せ数が増える車種においても5分以内の計算にて人の配車時間を上回る配車ルートが算出可能であることから、当初は配車処理を定刻に1時間以内程度で行う運用を想定していたが、前日配車だけでなく当日の状況に応じて都度配車処理を行う運用が可能となり、ユーザーの利便性が大幅に向上する。

リサイクル拠点※1

📍：大栄環境㈱

配車拠点

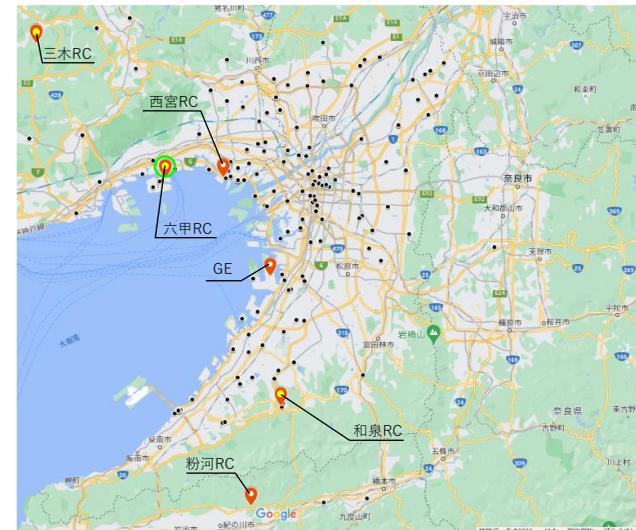
●：車両基地※2

○：フロントサービスセンター※3

回収拠点 (例)

●：回収現場

※1：当社の廃棄物を処理するリサイクル拠点の一部
※2：各車両は、当日車両基地から出発し、業務終了後車両基地に帰還する。
※3：各フロントサービスセンターでは、複数カ所のリサイクル拠点に範疇される廃棄物を管理している。(契約法人・回収場所で棲み分け)

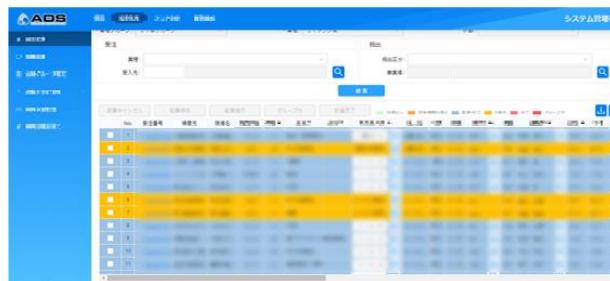


当社における1日の配車先と拠点概要

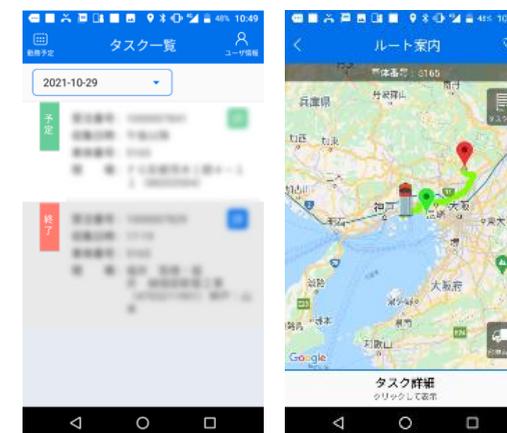
2.実証の様子



配車部門での自動配車システムの利用の様子



自動配車システムの画面例(配車画面)
※基幹システムとの連携



ドライバー向け携帯アプリ

事後評価結果

評価点 5.9 点(10点満点中。(10点:特に優れている、8点:優れている、6点:問題ない、4点:多少問題がある、2点:大きな問題がある))

評価コメント

[評価される点]

- ・ 多様な制約が存在する産業廃棄物の収集運搬車の配車に対して、AI を活用した配車ルートを最適化する自動配車システムを開発し、当初の目標性能である計算時間1 時間以内を5分で実現し、収集運搬車の走行時間の5%短縮を達成して、CO2 排出削減効果を実走行データで検証した点は評価できる。

[今後の課題]

- ・ 開発した自動配車システムを産業廃棄物処理業者に限定すると適用範囲が狭くCO2 排出削減効果は限られる。より大きな効果を得るためには動脈企業への展開も含めた市場規模の拡大を図る必要がある。このために必要な市場調査や前提となる基幹システムと開発した自動配車システムとの関係を検討する必要がある。

[その他特記事項]

- ・ 自動配車システムのユーザニーズ調査を行うことにより、これを普及させるための妥当な価格設定を行うこと。
- ・ 自社子会社の基幹システムを前提とすると、基幹システム自体の導入件数が本システムの導入件数を規定してしまうため、他社の基幹システム導入先に開発した自動配車システムを入れていく方法や、場合によっては他の基幹システム提供事業者向けに開発した機能を提供する等の検討をすべきである。

【事業化に向けたコメント】

- ・ 自動配車システムの普及のためには、同業他社、他業界への展開に向けて、他システムと連携しやすい仕様が求められる。このために、ユーザに依存する様々な制約条件の与え方とそのためユーザーインターフェース、データインポート・エクスポート、既存基幹システムとの連携方法など、さらなる検討が必要である。また、配車アルゴリズムそのものの水平展開も検討するとよい。
- ・ 本事業終了後、自社開発期間をさらに3 年程度見込んでいるが、ビジネスチャンスを失わないためにも1 年後の販売開始を目標に開発をスピードアップする必要がある。また、販売計画を具体化する必要がある。