

社内便の配送計画立案支援システムの作成と導入

M2012MM036 櫻井 裕
指導教員 : 三浦 英俊

1 はじめに

本研究では銀行で扱われる社内便の配送計画の問題について考える。銀行業務を進めるうえで重要な社内便であるが、その配送計画の作成は熟練者の勘に頼っているところも多い。本研究ではこの配送計画の作成を自動化するシステムの作成と導入を試みる。

2 社内便の現状と問題点

一般的に、複数の支店を持つ銀行は、本支店間を結ぶ社内便を有している。情報技術の発達により、一般的な企業においては拠点間の書類のやり取りにイントラネットやファックス等の通信回線を用いるケースが増えているが、法令により紙ベースでの書類の作成および保管が厳格に定められている金融機関においては未だに多くの書類のやり取りを紙に頼っている。また業務の特性上現金を扱うことも多く、このことから銀行では本支店間を結ぶ多くの社内便路線を有している。

このように銀行において重要な社内便であるが、その配送計画の作成には熟練者の勘に頼っているところも多い。また、回らなければならない本支店の数が数十から数百と多く、便によって回らなければならない本支店がその日によって異なるのが現状である。毎日必ず全支店を訪れる定期便に対し、必要に応じて派遣する運搬車(ここでは臨時便と称する。)は派遣する支店がその日ごとに異なり、その都度配送計画を作成しなければならない。この配送計画の作成には3つの問題がある。ひとつは熟練した経験者でなければ作成が困難なこと、その配送計画がコストなどの面から最適なものかどうか不確かなこと、そしてこの配送計画の作成のために担当者が多くの時間を割いていることである。熟練した経験者でなければ作成が困難ということは、その者が欠勤もしくは退職した際の対応が困難であり、不確かな計画に基づいた運搬車の運用や、その計画の作成に多くの時間を割いていることは経費増加の一因となる。

研究対象とした銀行でも同様に、配送計画の作成においては経験者の勘に頼って手作業で行われている。そこ

で、本研究では効率的な配送計画の作成を自動で行うためのシステムを短時間かつ低コストで作成し、実際の業務に反映させることを目的とする。

3 関連研究

この種の問題は配送計画問題として、既にいくつかの研究がなされている[1]。配送計画問題とは、デポ(depot)と呼ばれる特定の施設に待機する運搬車によって、顧客の需要を運搬(または収集)し、再びデポに戻る。このとき顧客の位置・需要量・作業時間、利用可能な運搬車台数ならびに運搬車の最大積載量・最大稼働時間、地点間の移動時間・移動距離・移動費用などが与えられたとき、総移動時間・総移動距離・総移動費用・必要な運搬車台数などを最小化する顧客訪問順(ルート)を求める問題を指す。

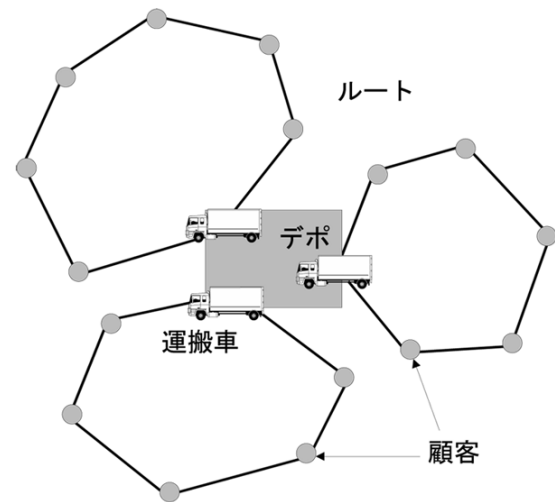


図1: 配送計画問題の概念図

配送経路問題のバリエーションのほとんどは NP 困難 (NP-hard) であり、厳密解法による本問題の解決は現実的ではない。近似解法としては、セービング法 (saving method) 等が挙げられる。多くの近似解法は、顧客をグループ(クラスター)に分割した後に、個々のクラスターに対してルートを設定する解法、クラスター先・ルート後法(cluster-first/route-second method)に基づいている[2]。

4 問題解決の手順

配送計画問題解決のための近似解法にはいくつかの種類があるが、実際の業務時間内で実用可能な精度を得られる近似解法を実装するためには多大な開発コストと時間を要する。そこで、本研究では既にプログラムベースに落とし込まれたオープンソースの巡回セールスマン問題の近似解法を用いてこの配送計画問題の解決を図る。

巡回セールスマン問題は、都市の集合と各2都市間の移動コスト（距離など）が与えられたとき、全ての都市をちょうど一度ずつ巡り出発地に戻る巡回路のうち、総移動コストが最小のものを求める問題である。巡回セールスマン問題もまたNP困難であるが、その解決のための近似解法は数多く存在する[3]。また、それらの近似解法を実装したプログラムのソースコードが、オープンソースとして数多く公開されている。そのためこのソースコードを使用すれば、短時間かつ低コストでこの問題を解決するシステムの作成が可能となると考えた。

本研究において、配送計画問題を解決する方法を次に示す。

まず、配送の拠点（発着点）および目的地を設定する。この各点に対し、巡回セールスマン問題として近似解法を用いて一つの巡回経路を作成する。（図2）

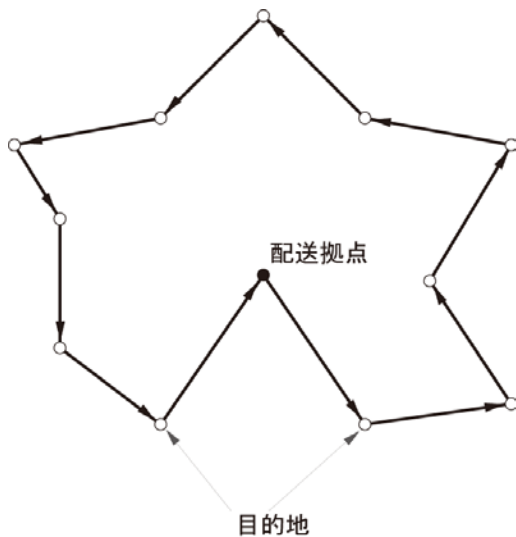


図2：作成された巡回路

次に、この経路の最初の目的地から最後の目的地の間（図3で示す区間）の移動時間を求める。

得られた移動時間に対し、それぞれの時間が均等になるように目的地を運搬車の台数で分割する。ここで分割したエリアが、それぞれの運搬車に割り当てる目的地となる。

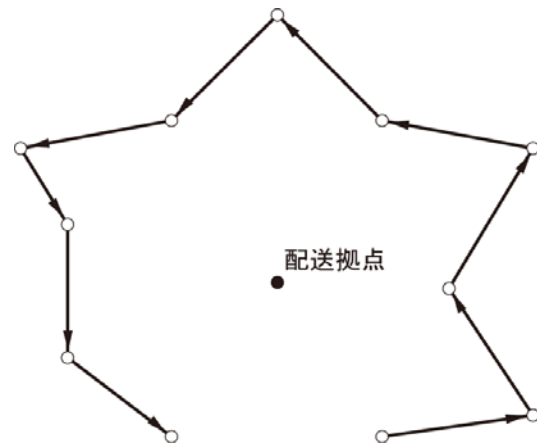


図3：移動時間を求める区間

最後に、分割したそれぞれのエリアごとに発着点と目的地の入力を行い、これを巡回セールスマン問題として再度計算を行う。以上により、それぞれの運搬車が担当するエリアと巡回経路が確定する。（図4）

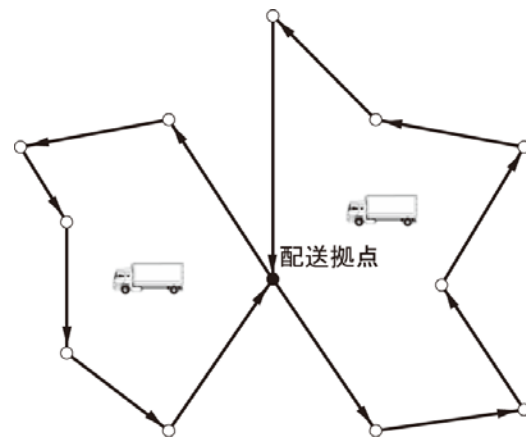


図4：確定した配送経路

このように巡回セールスマン問題として解決を図ることにより、短時間かつ低コストでの実装が可能となる。

また、本研究においては出発地から目的地までの2点間のルーティングおよび移動時間と距離の算出にGoogle Maps™を使用する。Google Maps™はGoogle Inc.が提供するオンラインの地図情報サービスで、利用者は原則無料で使用することが出来る。また、Google Maps™には利用者が独自に作成したソフトウェアとの連携が可能なMaps APIと呼ばれるインターフェースが備えられている。このインターフェースは、二点の住所の入力に対して最新の道路地図に基づく二点間のルーティングと、移動時間および移動距離の応答を行う機能を備えている。本研究で

は二点間のルーティングに Maps API を用いることにより、コストの削減と一定期間ごとに行わなければならない地図更新の煩雑さを低減している。

以上が本研究における配送計画問題の解法である。この方法での解決に際し、次の 2 点の選定および評価を行う。

- ・巡回セールスマン問題に対する近似解法の選定
- ・本方法により導出された解の評価

巡回セールスマン問題に対する近似解法の選定は、本研究で対象としている銀行の実際の店舗配置に基づき、特定の地域の 8 店舗を抽出してノードとし、実行時間と解の精度に着目して選定を行った。選定の対象とした近似解法は、先行研究[4]を参考に貪欲法、最近傍法・2-opt 法、蟻コロニー最適化 (Ant Colony Optimization, ACO) の 4 つとし、プログラムのソースコードは Google code project において公開されているものを用いることによって実装期間の短縮を図った。

選定の結果、本研究で用いる近似解法を貪欲法と蟻コロニー最適化の 2 つに絞り、評価に用いるノード数を変化させて更に詳細な実験を行った。実験の結果を次に示す。

表 1：近似解法の試験結果

ノード数	最適解	貪欲法	ACO
9 個	26739m	30263m	26937m
10 個	28167m	34011m	28563m
11 個	28294m	29758m	29542m
12 個	36204m	41211m	39404m
実行時間	412.56 sec.	0.0052 sec.	1.16 sec.

表 1 は 2 列目の最適解の値に対し、3 列目および 4 列目は近似解法によって求められた値が記載されている。結果が最適解に近いものほど精度が高い。実験の結果、精度と実行時間のバランスから蟻コロニー最適化を本研究における近似解法として用いることとした。

5 解の評価

次に、比較的小規模な問題を用いて、先述の手法で導出した解に対する評価を行った。評価方法は研究対象とした銀行の実際の配送拠点 1 ヶ所に対し、目的地である支店をランダムに 6 店舗選び出し、これらを 2 台の運搬車で担当するケースについて厳密解との比較を行うことで評価を行う。

表 2 は 2 列目の厳密解の値に対し、3 列目は近似解法によって求められた値が記載されている。

表 2：実際の店舗配置に基づく試験結果

試験番号	厳密解	近似解
1	34.1km	34.1km
2	67.0km	67.0km
3	12.8km	13.3km
4	87.4km	87.4km
5	12.1km	12.1km

実験の結果、6 店舗では厳密解との差はほぼ見受けられない。ただし、試験番号 3 については厳密解に対し、得られた近似解は約 4% 総走行距離が増加している。これは配送拠点に対して店舗が極端に偏って配置されているケースで生じており、配送拠点から店舗への行き帰りの距離を考慮できない本解法の欠点により生じていると考えられる。集配送拠点の配置によっては精度が低下するが、得られた結果は概ね良好なものであったため、本システムではこの解法を用いることとした。

6 予想される導入効果

本システムを導入することにより、次のような効果が予想される。

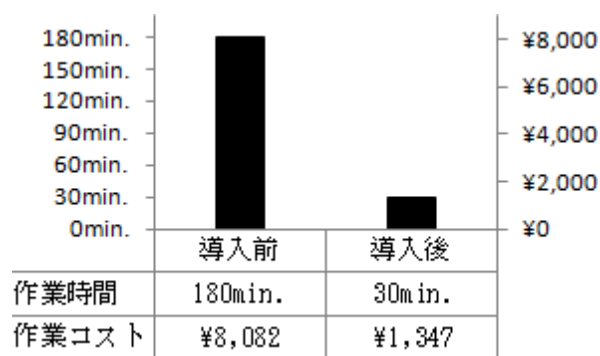
- ・管理職 (計画立案者) への負荷、人件費の軽減
- ・合理的な配送計画による運搬車コストの削減

試作中の本システムが導き出した解については現在評価中であるが、仮にこの解を用いるとすると、研究の対象とした銀行においてはそれぞれ次のような導入効果が見込まれる。

6.1 管理職 (計画立案者) に関するもの

本システムの利用による計画立案 1 回分の管理職の負担削減と人件費の削減効果を次に示す。

表 3：導入により管理職に与える効果



導入前の作業時間は計画立案者及び同室スタッフへのヒ

アリングから試算した。作業コストについては計画立案者の年収と勤務時間から、1分あたりの作業コストを導出した。その結果、現状において計画立案者は臨時便の計画立案に前日の午後と当日の午前計3時間程度を費やしている。

仮に本システムを導入したとすると、計画の立案に要する時間およびその人件費を導入前の16.6%程度まで削減することが可能と考えられ、計画立案担当者に対する一極集中型の負担の削減と、立案に要するコストの削減が期待出来るものと考えられる。

6.2 現場（運搬車運用等）に関するもの

次に、本システムの利用による現場（運搬車運用等）に与える効果の試算を行った。この試算は、実際に計画立案者が作成した過去5日分の担当エリアの配送計画書を提供して頂き、担当者が作成した配送計画と、本システムが出力した配送計画とを比較して行った。

表4：手動で作成された配送計画に基づく運用結果

日付	導入前		
	台数	総距離	コスト
1	6	288.2km	27.2 千円
2	6	231.4km	27.2 千円
3	5	231.6km	22.7 千円
4	6	276.4km	27.2 千円
5	6	298.2km	27.2 千円

導入前の各数値は、計画立案担当者によって手作業で作成された配送計画にもとづいて運用された運搬車台数と、それらの運搬車の総移動距離、および運搬車の運用コストを表している。これらの各日付の出発地と目的地のデータを本システムに入力し、得られた結果を次に示す。

表5：自動作成された配送計画での試算結果

日付	導入後		
	台数	総距離	コスト
1	5	229.5km	22.7 千円
2	4	184.2km	18.1 千円
3	4	189.9km	18.1 千円
4	5	225.8km	22.7 千円
5	5	239.1km	22.7 千円

このように、本システムによる立案では手動で立案されたものよりも少ない運搬車台数での配送が可能であると

の結果が得られた。

なお、研究対象とした銀行では、配送に使用する運搬車およびドライバーは外部の警備会社へ委託運用する形を採っており、コストは単純に使用する運搬車の台数に応じて決定する。そのため全運搬車の総走行距離の削減は、運搬車の使用台数を通じてメリットとなる。

7 今後の課題

現状では発着点や目的地の入力に際しテキストエディタを用いなければならないなど入出力の作業が煩雑であり、現場での使用に際してはユーザーインターフェースの改善が必要である。

また、本研究における解法は、研究の対象とした銀行の集配拠点に基づき、得られた解の評価を行っている。集配拠点の地理的特性が異なるその他の銀行等では得られる解の精度が大きく変化する恐れがあるため、その他の地域や用途での使用に際しては再度解の評価が必要と考えられる。

8 おわりに

本研究では、Google MapsTMと巡回セールスマン問題の近似解法を応用することにより、短時間かつ低コストで研究の対象とした銀行での実用に耐えうる配送計画作成システムの作成と導入に取り組んでいる。結果、ユーザーインターフェースの問題を除いて概ね実用に耐えうると思われるシステムを作成することができ、研究の対象とした銀行で運用した場合には、概算で年間1,400万円程度のコスト削減効果が得られる見込みである。

現在はユーザーインターフェースについて、外部の事業者と協力して開発を行っている最中である。引き続き利用現場と外部の事業者との調整を行い、最終的な目標である実際のシステム運用を目指したい。

参考文献

- [1] 中原郷史, 小澤朋美, 武田好史, 「瀬戸市における資源ごみ回収ルート最適化」, 卒業論文, 南山大学数理情報学部数理科学科, 2007.
- [2] 「配送計画問題」, <http://goo.gl/zKDq1f>, 平成25年9月.
- [3] 山本芳嗣, 久保幹雄, 「巡回セールスマン問題への招待」, 朝倉書店, 1997.
- [4] 関原啓太, 伊藤祐基, 和久田崇, 「蟻コロニー最適化を用いた渋滞時の巡回経路探索」, 卒業論文, 南山大学数理情報学部情報通信学科, 2008.