

高齢者介護における各種条件を考慮した

配車計画の自動作成システムの開発

妹尾 高光, 上田 哲郎, 濱口 弘介

日産自動車(株) 総合研究所 第四技術研究所

デイケア・デイサービスと呼ばれる高齢者向け介護サービスは、介護施設が顧客の巡回送迎を行う日帰りの通所介護サービスである。この巡回送迎では、送迎を行う顧客の身体状態や自宅位置等の様々な条件に対応した車両を効率的に配車する必要がある。本稿では、これら介護特有の条件を考慮した効率的で矛盾のない配車計画を自動作成するための手法と、それを実現するシステムである「日産 e-care」の実装について述べる。

Development of dispatching cars automatic making system to consider various conditions for old people's welfare

Takamitsu SENOO, Tetsuro UEDA, Kousuke HAMAGUCHI

Technology Research Laboratory No.4, Nissan Research Center , NISSAN MOTOR CO., LTD.

"Day-care / Day-service" is nursing for the senior citizen service. It is expert place nursing of day trip service. The nursing facilities meet and send off the customer. Meeting and sending off should be efficient. However, because it is necessary to consider various conditions at a state of customer's body and home position etc., it is difficult. In this report, "NISSAN e-care" that it is a method of making the plan of dispatching cars by consider a peculiar condition to nursing, and is the application that achieves it is described.

1. はじめに

近年、高齢者人口の増加に伴って介護関連サービスの需要が急速に高まっている。そのうち、介護施設が被介護者の巡回送迎を行う日帰りの通所介護サービスの需要も増加している。現在、そういったサービスを行う介護施設の多くは被介護者の送迎を行うための配車計画を手作業で作成している。しかし介護の配車には介護特有の様々な条件があるため、これらを考慮した上で矛盾のない効率的な配車計画を作成するのは困難な作業となっている。

本稿では、これら介護特有の条件を考慮した上で、効率的で矛盾のない配車計画を自動作成するための手法と、それを実現するシステムである「日産 e-care」の実装について述べる。

2. 通所介護とその送迎業務の現状

通所介護サービスとは、ショートステイサービスや入所型介護施設と異なり宿泊を行わず、所定の開始時間から終了時間までを、介護施設にてリハビリや入浴等をして過ごす介護サービスの一種である。そのため、デイサービスを受ける被介護者は朝夕の施設への移動手段が必要になるが、ほとんどの被介護者は、介護施設の提供する送迎サービスを利用している。

この送迎サービスを行う際、円滑且つ効率的な配車計画を日々作成する必要があるが、以下のような介護特有の事情のため、複雑な作業となっている。

- ・ 出席被介護者が日々異なる
- ・ 被介護者の身体状態による乗車属性(車椅子で乗車等)の違い

- ・ 道幅による車両の制限
- ・ 被介護者の希望による送迎時間制約
- ・ 様々な車種・定員・装備の車両
- ・ 迎え時の施設への帰着時間厳守
- ・ その他、被介護者特有の条件(職員の好み等)

現在、ほとんどの介護施設ではこういった配車計画を手作業で行っているが、これを作成するためには、以下のような問題がある。

- ・ 全被介護者の身体状態や自宅位置などを熟知する必要がある
- ・ 配車計画を作成できるスタッフが限られる
- ・ 新規顧客の追加が困難
- ・ 突発的な出席者の変更への対応が困難
- ・ 作成した配車計画が妥当かどうかの判断が困難

以上のような理由から、配車計画作成業務は介護事業者の大きな負担となっている。

3. 配車計画作成システム

筆者らは、計算機を用いて介護送迎のための最適な配車計画を作成するためのシステムである「日産 e-care」を開発した。日産 e-care は、介護事業における送迎時の様々な条件に対応した効率的な配車計画を自動的に作成することができる。以下にその配車計画作成機能の概要を示す。

3.1. 配車計画の基本

日産 e-care では、配車計画のベースとなる経路探索法にセービング法を採用した。

介護施設を $node_0$ 、送迎ポイント(被介護者の自宅など)を $node_i$ 、 $node_j$ とし、 $node_i$ から $node_j$ へ移動するためのコスト(距離など)を C_{ij} とした場合、 $node_i$ と $node_j$ のセービング値を

$$S_{ij} = C_{0i} + C_{0j} - C_{ij}$$

と定義する。これは、図 1(a)に示すように介護施設から $node_i$ と $node_j$ をそれぞれ往復した場合と、図 1(b)に示すように介護施設→ $node_i$ → $node_j$ →介護施設の順に巡回した場合のコストの短縮幅を表している。

セービング法では、全てのノードの組み合わせに対してセービング値を計算し、セービング値の大きい順にノードをグループ化していく。その処理の流れを図 2 に示す。

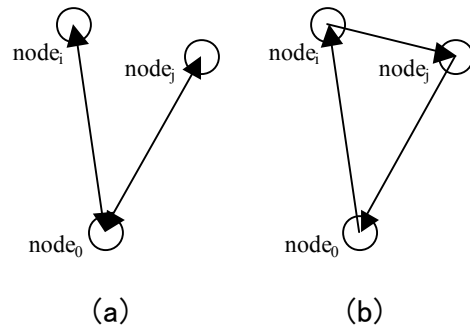


図 1 セービング値の概念

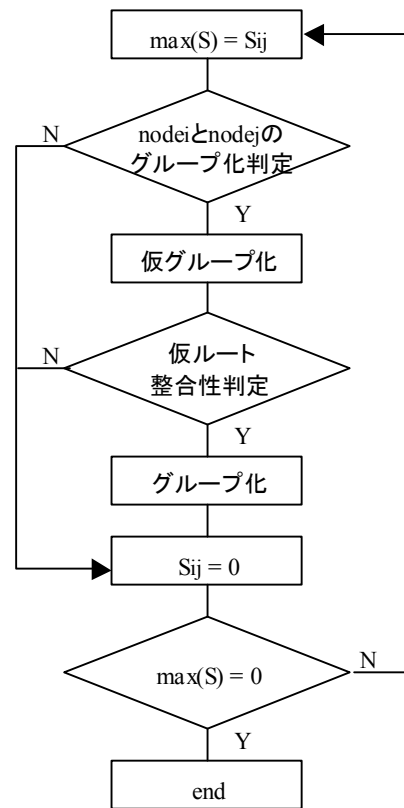


図 2 セービング法によるグループ化

ノード同士をグループ化するには、車両の定員などに関するグループ化判定と、仮ルート作成による到着時間等の整合性チェックによるグループ化判定を行い、これを通過したものがグループ化される。これを各ノードに対して繰り返すことによって、各種条件を満たした最も効率

的な配車計画が作成する。

なお、介護送迎特有の条件によるグループ化判定の詳細については次項以降で述べる。

3.2. グループ化と車両への割り当て

図 2に示したセービング法によるノードのグループ化の際には、以下の条件からグループ化が可能かどうかの判定を行う。

$node_i$ と $node_j$ が現在属しているグループをそれぞれ $group_i$ と $group_j$ とし、このグループが割り当てられている車両をそれぞれ car_i と car_j とする。 $node_i$ と $node_j$ のグループ化判定では、まず $group_i$ と $group_j$ を合併した $group_{ij}$ を仮に作成する。各ノードはそれぞれ以下のような属性情報を持っている。

- ・ 乗車属性
 - 車椅子乗車(顧客の所有する車椅子に乗ったまま乗車)
 - 車椅子持参(顧客の所有する車椅子を畳んで積載し、顧客自身は普通座席に乗車)
 - 車椅子貸出(施設所有の車椅子を畳んで積載し、顧客が乗車する際にはその車椅子に乗せて乗車)
 - ストレッチャー(顧客をストレッチャーに乗せて乗車)
- ・ 車幅(送迎地点へ乗り入れ可能な車種)
 - バス
 - 普通車(大)
 - 普通車(小)
 - 軽自動車

これらの各ノードに設定された情報から、表 1 に示すような $group_{ij}$ に割り当て可能な車両の必要条件を算出する。

表 1 $group_{ij}$ を割り当てる車両の必要条件例

乗車定員	普通座席	3
	車椅子乗車	1
	車椅子持参	1
	車椅子貸出	0
	ストレッチャー	0
車幅	普通車(大)以下	

car_i または car_j がある場合、これらが表 1 の条件を満たすかどうかのチェックを行い、満たさない場合はその時点で顧客が割り当てられていな

い空の車両を検索しチェックを行う。表 1 の条件を満たす車両 car_x があった場合、 $group_{ij}$ を正式にグループ化してその車両に割り当てる。このとき、 car_x と異なる car_i または car_j があった場合には、これを解放し、顧客未割り当ての車両とする。表 1 の条件を満たす車両がない場合、 $group_i$ と $group_j$ の併合は行わない。

以上により、各被介護者を最適なグループにし、それに対応した最適な車両の割り当てができる。

3.3. 巡回ルートの設定

前項で各顧客を送迎車両に割り当てたが、これは仮のものであり、これらについて最適な巡回ルートを算出する必要がある。

e-care ではこの最適な巡回ルートの算出に、探索的解法を用いている。これは図 3 のように 2 つのリンク i, j を交換した場合の目的関数の変化量 D_{ij} を計算し、もっとも変化量の大きいリンクを交換するという手法である。このリンクの交換を、目的関数の変化量 D_{ij} が 0 になるか決められた反復回数に到達するまで実行する。

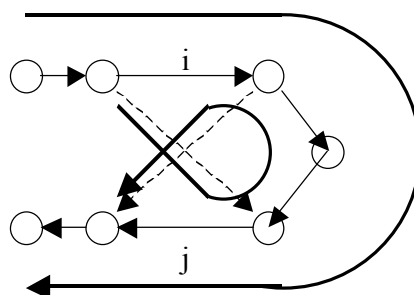


図 3 探索的解法

次に、作成された最適な巡回ルートと、設定された平均時速から、各ノードの到着時間及び施設への帰着時間を算出し、これらの値と以下の項目についての整合性判定を行う。

- ・ 施設帰着時間(朝の迎え時)
- ・ 顧客毎に設定された送迎時間指定(任意設定)
- ・ 一巡回あたりの走行時間
- ・ 車椅子貸出を行う顧客の送迎順序に伴う車椅子乗車スペース/積み込みスペースの空きエリア数

以上の判定を満たしたグループは正式に併合され、満たさなかったグループは併合されない。

これによって、各種条件を満たしつつ効率的な配車計画を作成できる。

3.4. 日産 e-care の実装

日産 e-care は、介護施設への導入のし易さを考慮して、サーバ上で動作する Web アプリケーションとして開発した。図 4に日産 e-care のシステム全体構成を示す。

日産 e-care の中心となる配車計画作成エンジンは、JavaSDK によって開発した。また、HTML の生成を行う表示部と DB のアクセス等を行う処理部を perl で構築した。データベースには MySQL を用いた。

基本的には Linux サーバ上での動作を前提としているが、一部定義ファイルの修正によって Windows 等の OS 上でも動作する、可搬性の高いシステムとなっている。また、今回は作成した配車計画を確認するために、地図データをインターネット上の地図サーバから取得し、ルートをマッピングするなどの加工を行って表示している。

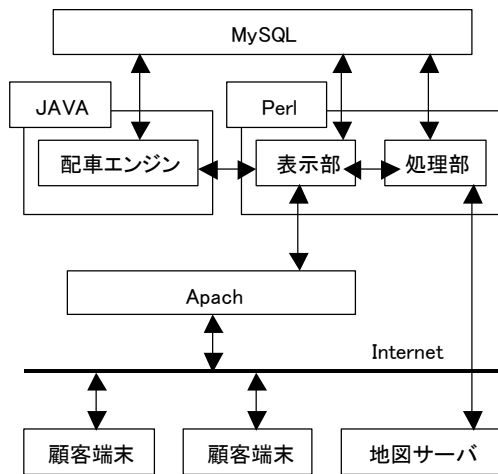


図 4 システム全体構成

4. インタフェース

4.1. ブラウザ上での操作

日産 e-care はASPによるサービスを前提としている。日産 e-care はサーバ上で動作し、ユーザはインターネットを介してサーバにアクセスすることで、表 2に示す日産 e-care の全ての機能を、ソフトウェアをインストールすることなくブラウザのみで利用できる。この画面イメージを図 5に

示す。

表 2 日産 e-care の主な機能

基本情報管理	顧客	顧客情報管理 顧客出席予定管理
	従業員	従業員情報管理 従業員勤務管理
	送迎	車両情報管理 配車計画作成
	施設	施設情報管理
実績管理	サービス実績管理	
	顧客出席実績管理	
	送迎実績管理	
	連絡票作成	

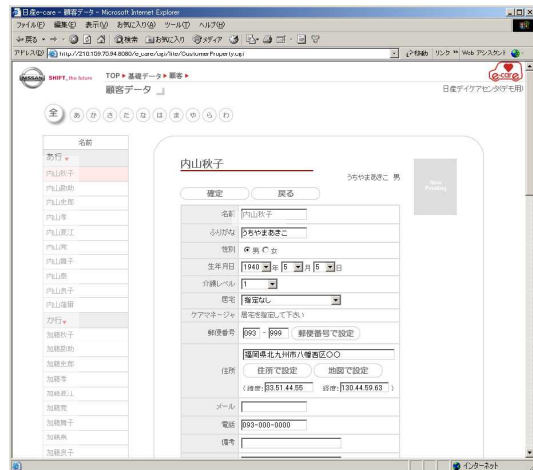


図 5 日産 e-care 画面イメージ

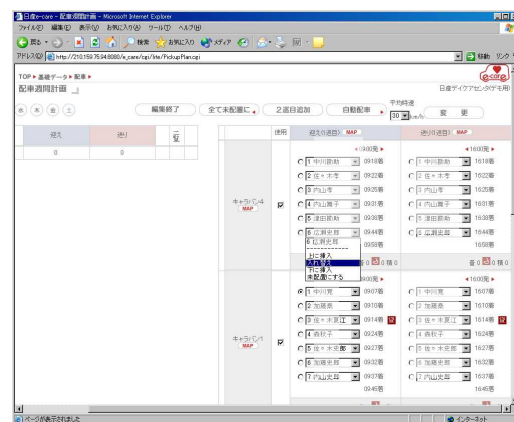


図 6 配車計画作成

4.2. 配車計画の作成

図 6に示す日産 e-care の配車計画作成ページでは、自動配車機能によって作成した配車計画を、職員が手動で簡単に微調整できるなど、運用上の柔軟性を実現している。これによって、自動配車の結果に配車担当者が持つ送迎ノウハウを簡単に反映させることができる。

また、図 7に示すように、作成した配車計画のルートを図上で確認しながら修正作業を行うことができる。

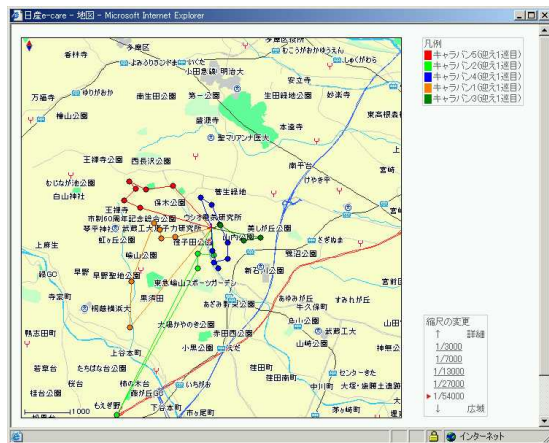


図 7 配車計画表示

4.3. 帳票出力

日産 e-care では、印刷物を中心として運営されている介護業務の実態を考慮し、様々な帳票類を印刷する機能を実装した。現在、日産 e-care から出力可能な帳票は以下の通りである。

- ・ 顧客情報一覧(PDF, CSV)
- ・ 顧客月間出席計画一覧(PDF)
- ・ スタッフ月間シフト(PDF)
- ・ 送迎指示書(PDF×3種)
- ・ 顧客配布用週間配車計画表(PDF)
- ・ ドライバー用週間配車計画表(PDF)
- ・ サービス実績管理(PDF, CSV)
- ・ 連絡票(PDF×二種)

これらの帳票は、日産 e-care によるデータ入力を基に自動生成される。現在、多くの介護施設では、送迎指示書などの介護保険の請求業務に直接関係のない帳票に関してのフォーマットが無く、各施設が独自の観点から作成した帳票を使用しているため、標準化が困難である。そのため日産 e-care では、作成した配車計画を、観点の異なる 3 種類のフォーマットから選択して出

力できるようにしている。この送迎指示書の出力例を図 8に示す。

キャラバン4		キャラバン2		キャラバン5-2		家族送り	
中川園地	09:06	加藤寛江	09:05	加藤寛	08:46		
松々木亭	09:12	内山舞子	09:17	加藤勲助	08:56		
内山亭	09:16	中山舞子	09:20	加藤勲助	08:56		
内山園地	09:22	内山秋子	09:41	加藤勲助	09:23		
津田園地	09:31			松々木舞子	09:32		
中川史郎	09:46			松々木舞	09:36		

キャラバン1		キャラバン3	
津田園地	08:50	広瀬貞子	08:39
松々木史郎	08:59	加藤勲助	08:45
内山園地	09:06	加藤寛江	08:54
加藤善	09:26	加藤寛	08:59
内山園地	09:44	加藤舞子	09:06
津田園地	09:51	津田舞子	09:13

図 8 送迎指示書の出力例

5. トライアルの実施

2004年9月～2005年3月の期間、北九州及び横浜の介護施設にて本システムのトライアルを行った。各介護施設の概要を表 3に示す。

表 3日産 e-care トライアル施設概要

施設	A	B	C	D	E	F
所在	北九州市				横浜市	
顧客総数	450	130	80	110	120	100
来所者数	70 ~ 130	40	20 ~ 30	30	30 ~ 40	30
バス	3	0	2	1	0	0
ワゴン	2	2	3	4	5	5
普通車	0	1	0	1	0	0
軽自動車	7	2	2	3	0	2
送迎回数	2~5	2~3	2~3	2~3	1~2	1~2

各施設の特色としては、施設 A が複合型施設で最も大規模な施設である。また、北九州市の 4

施設はいずれも郊外であるが、施設 D が最も過疎地域に位置し、一人あたりの送迎距離が最も長い。これに対し横浜市の2施設はいずれも市街地であり、顧客も密集している箇所が多い。

このトライアル終了時に、各施設に日産 e-care についてのアンケート調査を行った。その結果を以下に示す。

5.1. 全体の印象

- 全ての施設で配車計画作成機能に高いニーズ
- 主に、新規配車計画作成と現行配車計画の確認に使用
- 実績記録、帳票作成機能などのニーズはまちまち
 - 一部施設では、請求処理機能の実装を要望
- トライアル期間中の機能別アクセス状況は図 9 の通り

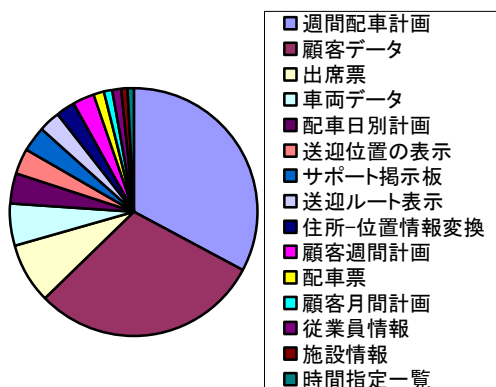


図 9 機能別アクセス状況

5.2. 配車機能

- 毎日使用することを考えた場合、配車計画作成機能の施設側満足度は 70%程度
 - 時間指定や座席変更車両、車幅などへの対応で、トライアル開始当初からの満足度は大幅に向上
 - 週間の配車パターンをなるべく崩さず突発利用者を自動的に配車する「差分配車機能」の実装を強く要望
- 現在は、新規配車計画の作成や現行配車計画の見直しに使用
 - 施設の立ち上げ時や車両の購入時など、配車計画をゼロから作成する

場合には現在のシステムが非常に有効であるとの意見多数

5.3. 顧客管理機能

- 出席状況の確認と、配車計画作成時の基本情報管理に使用されている
- 顧客情報一覧や顧客別送迎予定表の出力などに高い評価

5.4. 実績管理・帳票作成機能

- 一部施設では興味を持って試用されたが、常用には至っていない
- 健康管理など請求以外の業務は各施設で独自の帳票を使用しており、標準化が困難

6. まとめと今後

本稿で紹介した日産 e-care は、通所介護サービスの主要業務の一つである送迎業務の品質向上及び効率化に一定の有効性を示すことができた。しかしながら、自動配車機能により配車計画の妥当性は実現したものの、以下のような課題が残っている。

- 差分配車(基本の配車計画を極力変更せず、突発利用者のみ自動配車を行う)機能が未実装
- 実績管理機能の満足度が低い
- 実際の利用シーンにあわせたインタフェースの改良

現在、ほとんどの介護施設では介護請求業務以外の業務は標準化がなされておらず、手作業による非効率的な業務となっている。特に配車計画作成のような業務は、そのノウハウが人に依存しているため、標準化が難しい部分である。そのため将来的には、本稿で紹介した日産 e-care のような、人のノウハウを自動化することによってサービスの品質を一定に保つシステムが普及していくと思われる。

また、こういった介護周辺業務の効率化を図ることによって、本来業務である介護の品質を高められるというメリットがある。

参考文献

- [1] 上田哲郎, 佐藤康治, 岡田和義. 巡回配送のための配送計画支援システムの試み. 情報処理学会, 高度道路交通システム研究グループ研究報告, Vol.99, pp39-44, Jun 1999.

- [2] 上田哲郎, 佐藤康治, 岡田和義.
-Navimos-巡回配送のための配送計画支援システム. 日産技報 No.43, pp21-24.
1998
- [3] 国民健康保険連合会. 統計資料. 件数等の推移(平成 16 年 3 月分)
<http://www.kokuho.or.jp/shiryou/#kaigo>