

# バス乗務員勤務スケジュール作成の モデル化とシステム化

中村 嘉明<sup>1</sup>・溝上 章志<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 株式会社 構造計画研究所 (〒164-0012 東京都中野区本町 4-38-13)

E-mail: 162d9404@st.kumamoto-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 熊本大学教授 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1)

E-mail: smizo@gpo.kumamotou.ac.jp

我が国における乗合バスの乗務員は、その労働条件の厳しさ、収入のレベルなどの問題もあり、若い人の就業人口は少ない。また、高速バス等で発生した過重労働による交通事故などを受け厚生労働大臣告示「自動車運転者の労働時間等の改善のための基準」<sup>1)</sup>などにに基づき、厳格な運行管理が徹底されされている。そのため、バス乗務員の勤務スケジュール作成においては、限られた乗務員のなか、様々な条件をクリアできる勤務スケジュールの作成が必要となり、勤務スケジュール作成者の大きな負荷となっている。本研究では、パイロット勤務スケジュールリング問題をバス乗務員の勤務スケジュール作成に適用し、その有用性を示すとともに、システム化と課題の検討を行う。

**Key Words :** bus crew scheduling, operations research, system development

## 1.はじめに

図-1に示すように1980年頃年間100億人を超えていたバスの輸送人員数も、その後の自家用車の普及などにより減少し、現在では40%程度までに落ち込んでいる。

また、バス乗務員の総就業者数は大きく変わらないものの図-2に示すようにバス事業にかかわる労働者の平均年齢については年々上昇しており、今後発生する定年による乗務員不足が大きな課題となっている。

一方で、バス乗務員の労働環境を見てみると本研究では、オペレーションズ・リサーチ (以下、OR) の手法を用いて、バス乗務員の勤務スケジュールリング問題に対し汎用的なモデルを与える。そして、このモデルを基に、

バス乗務員の勤務スケジュールを自動的に且つ短時間で作成することができるシステムを構築する。また、日本に実在する路線バス事業者を対象にパイロット勤務スケジュールリング問題を適用し、対象路線バス事業者の実データを用いることで、本研究におけるモデルとシステムの有用性を示す。

一般に、航空機、鉄道、路線バスのバス乗務員や医療機関従事者、商業店舗従業員等の勤務スケジュール作成作業は担当者の手作業で行われることが多く、考慮すべきあらゆる制約を充足するようなスケジュールを作成することは、非常に長い時間と多大な手間の掛かる困難な作業となっている。そのため、バス事業者でもその作業を少しでも軽減すべく、Excel等のマクロを使用し、勤務時間のチェックなどを容易にできるような仕組みがと

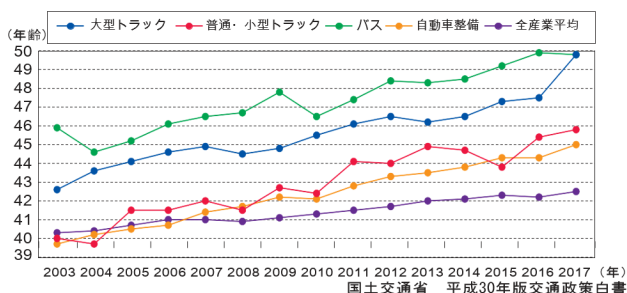
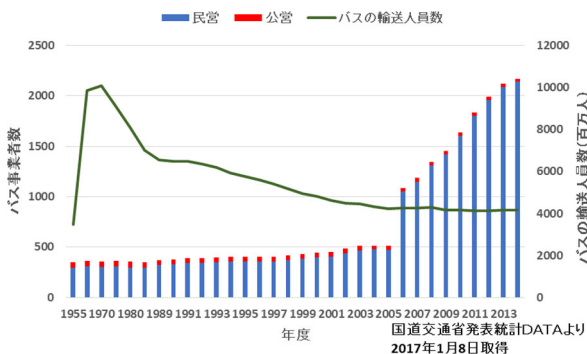


図-2 自動車運送事業における労働者の平均年齢の推移

入れられている。しかし、スケジュールの作成にあたっては、スケジュール作成担当者の勤や経験などを元にして手作業で勤務の割付作業が行われており、多くの時間を要する原因となっている。

そこで、本研究では、勤や経験で行われている勤務スケジュール作成作業についてのモデルの構築を行い、システム化と課題の検討を行う。

## 2. バス乗務員勤務スケジュール作成問題

### (1) 問題の定義

バス乗務員勤務スケジュール作成問題とは、スケジュールを作成する対象となるバス乗務員のスキルや、規定の休暇数の確保、スケジュールの公平性等の様々な制約を考慮し、作成されている各勤務ダイヤに対し必要なバス乗務員を過不足なく割り当て、バス乗務員全体のスケジュールを作成する問題である。

### (2) 問題に対するアプローチ

#### a) 勤務スケジュールのモデル

バス乗務員勤務スケジュール作成に関する研究事例は多くは存在しないが、航空機のパイロット勤務スケジュールリング問題という形で多くの研究が行われている。パイロット勤務スケジュールリング問題に対しては、0-1整数計画問題である集合分割問題としてのモデル化が一般的である<sup>2)</sup>。これは、まず、スケジュールの構成要素となる運航ダイヤや休暇等の勤務を複数組み合わせで構成された実現可能なヶ月間等の長期間分の勤務パターンを列挙する。そして、この中から全ての運航ダイヤが過不足なく被覆される最適な勤務パターンを各パイロットに対し割り当てるモデルである。このモデルでは、組み合わせる勤務の発着空港の一致性による接続等の“横の制約”を充足した勤務パターンをあらかじめ列挙しておくことで、最適化計算処理において、勤務パターンを割り当てるパイロットの組み合わせ等の“縦の制約”のみを考慮した割り当てを行えばよい。そのため、モデルの実行が容易になる利点がある。一方、あらかじめ列挙した勤務パターンを割り当てるため、各パイロットが希望する勤務の実現や、スケジュールの急な変更等に対する脆弱性を排除できない欠点がある。

よって、本研究では、先述のモデルの欠点を考慮した菱田らの研究<sup>3)</sup>で作成されたモデルを元に、路線バス事業者の乗務員勤務スケジュール作成時に発生する条件を組み込んだ以下のモデルを提案する。

本研究では、スケジュールの構成要素として運行ダイヤを複数組み合わせた一日分の仕業ダイヤ（運行パターン）を列挙し、それらを休暇などと共に一日分の勤務と

して設定し、これらを各バス乗務員に対し一日毎に逐次個別に割り当てる。

パイロット勤務スケジュールリング用に作成されたこのモデルでは、最適化計算処理において、各パイロットに対し連日で割り当てる勤務同士の発着空港の一致性による接続等の“横の制約”，及び勤務を割り当てるパイロットの組み合わせ等の“縦の制約”を同時に考慮しなければならない。そのため、モデルの実行が困難になる欠点がある。しかし、バス乗務員の勤務スケジュールでは、おおよその場合、各仕業ダイヤは同一の営業所を発着とする上、乗務も一人で行うためパイロットの勤務スケジュールリングでは欠点となった“横の制約”，“縦の制約”を考慮しなくて済む。一方、勤務の割り当てを細分化することで、各バス乗務員が希望する勤務の実現や、スケジュールの急な変更等に対する高い柔軟性を保持できる利点があるため現場の運用にあったモデルとして適したものであると言える。

#### b) モデルの解法について

一般に、パイロット勤務スケジュールリング問題は大規模且つ複雑な問題となるため、厳密解法を用いて与えられた制約を充足する最適解を多項式時間内に得ることが困難な場合は、Ralf Bomd'orfer<sup>4)</sup>らの研究<sup>1)</sup>のような近似解法が用いられる。

しかし、本研究では、近似解法により作成されたスケジュールの妥協点の発生を考慮し、厳密解法により各制約を厳密に充足する最適解を得る解法を提案する。これにより、勤務スケジュール作成担当者にとって好ましいスケジュールの作成を行なう。

## 3. 対象路線バス事業者でのバス乗務員勤務スケジュール作成問題

### (1) 対象路線バス事業者への問題の適用

#### a) スケジュール作成対象となるバス乗務員

本研究にあたり、路線バス事業者の協力により実データの提供を受けた。対象路線バス事業者の対象営業所では、2019年1月現在、計125名のバス乗務員が在籍しており、営業所を拠点に日々の勤務を行なっている。

#### b) 勤務の種類

バス乗務員に割り当てる勤務には、主に、乗務、待機、非乗務、休暇の4種類が存在する。

乗務：運行ダイヤを複数組み合わせで作成された一日分の仕業ダイヤに従い、実際にバスに乗務して乗客を輸送する業務。

待機：各仕業ダイヤに対し乗務予定であった乗務員が体調不良等で万が一乗務不可能となった場合や車両の故障等で続行便を運行する必要がでなかった場合に、乗務を

行なうことができるよう営業所で待機しておく業務。

非乗務：講習や検査等各バス乗務員が必ず消化しなければならないあらかじめ決められた日に実施される業務。

休暇：法律や社内規定に従い各バス乗務員に対し一律に付与される休日。

c) スケジュール作成上の制約

各勤務に対し、1名のバス乗務員を割り当てる。ただし、スキルが不足している乗務への割り当てを禁止する。各バス乗務員に対し、休暇は一ヶ月間における規定数を割り当て、連続する7日間のうち2日の連続した休暇の割り当てを守る。各日にちの待機勤務に対し、午前と午後それぞれ1名のバス乗務員を割り当てる。各バス乗務員に対し、所属する営業所の運行する唯一の勤務を割り当てる。連続する24時間のうち、勤務は13時間以内に収める。連続する28日間の総拘束時間は260時間以内とする。期間内の総拘束時間や業務上発生する総宿泊数等を考慮し、スケジュールの公平性を保つ。勤務間にデッドヘッド等の許容し難い業務が発生することや、休息時間の制約（継続8時間以上）を満たさない勤務同士の連日の割り当てを避ける。各バス乗務員に対し、あらかじめ希望する勤務や、必ず割り当てなければならない必要業務を反映する。

d) スケジュール作成の期間

バス乗務員の勤務スケジュールを作成する期間（単位）は各バス事業者で異なる。各勤務の勤務数合計を基準とし勤務を作成する会社、1か月、2か月など決められた期間分の勤務を作成する会社、一定日後の勤務を毎日作成する会社など様々である。今回は2019年2月1日からの28日間の勤務スケジュールを検討する。ただし、期間中にダイヤ改正や臨時便の発生は無いものとする。

(2)対象バス事業者に対するモデルの適用

a)モデル

記号の定義

添字

$I$  : バス乗務員の集合 ( $I = I^o \cup I^d$ )

$I^o$  : 対象バス乗務員の集合 ( $I^o \subset I$ )

$I^d$  : ダミーバス乗務員の集合 ( $I^d \subset I$ )

ダミー乗務員とは計算の結果対象乗務員を割り当てることができなかった勤務に対して、仮に割り当てる仮の乗務員のこと

$C$  : バス乗務員のスキルの集合

$C = \{1,2\}$ , 1 : ベテラン, 2 : 初心者

$L$  : 対象前期間の集合

$M$  : 対象期間の集合

$N$  : 対象翌期間の集合

$D$  : 対象日の集合 ( $D = D_l \cup D_m \cup D_n$ )

$D_l$  : 対象前期間最終27日間の対象日の集合 ( $D_l \subset D$ )

$D_l = \{1,2, \dots, d_l\}$

$d_l = 27, l \subset L$

$D_m$  : 対象期間の対象日の集合 ( $D_m \subset D$ )

$D_m = \{1,2, \dots, d_m\}$

$d_m = 28, m \subset M$

$D_n$  : 対象翌期間最初27日間の対象日の集合 ( $D_n \subset D$ )

$D_n = \{1,2, \dots, d_n\}$

$d_n = 27 \subset N$

$W$  : 勤務の集合 ( $W = W^b \cup W^s \cup W^{off} \cup W^{sb} \cup W^g$ )

$W^b$  : 宿泊を伴わない乗務の集合 ( $W^b \subset W$ )

$W^s$  : 宿泊を伴う乗務の集合 ( $W^s \subset W$ )

$W^{off}$  : 休暇の集合 ( $W^{off} \subset W$ )

$W^{sb}$  : 待機勤務の集合 ( $W^{sb} \subset W$ )

$W^g$  : 非乗務勤務の集合 ( $W^g \subset W$ )

定数

$$p_{ic} = \begin{cases} 1 : \text{バス乗務員 } i \in I \text{ のスキルが } c \in C \text{ である時} \\ 0 : \text{上記以外} \end{cases}$$

$$\alpha_{dw} = \begin{cases} 1 : \text{対象日 } d \in D_n \text{ に} \\ \quad \text{勤務 } w \in W \text{ が割り当て可能である時} \\ 0 : \text{上記以外} \end{cases}$$

$$\beta_{iw} = \begin{cases} 1 : \text{バス乗務員 } i \in I \text{ に} \\ \quad \text{勤務 } w \in W \text{ が割り当て可能である時} \\ 0 : \text{上記以外} \end{cases}$$

$$\gamma_{ww'} = \begin{cases} 1 : \text{勤務 } w \in W \text{ と勤務 } w' \in W \text{ の} \\ \quad \text{連日の割り当てを許容しない時} \\ 0 : \text{上記以外} \end{cases}$$

$$F_{idw} = \begin{cases} 1 : \text{バス乗務員 } i \in I^o \text{ の対象日 } d \in D \text{ に} \\ \quad \text{勤務 } \omega \in W \text{ が確定している時} \\ 0 : \text{上記以外} \end{cases}$$

$t_w$  : 勤務  $w \in W^b \cup W^s$  の拘束時間

$O_{mi}$  : 対象期間  $m \in M$  における、  
バス乗務員  $i \in I^o$  に割り当てる規定休暇数

$T_{m}^{\pm}$  : 対象期間  $m \in M$  における、対象バス乗務員全体に  
対する総拘束時間の最大値と最小値の差上下限值

$J_{m}^{\pm}$  : 対象期間  $m \in M$  における、各対象バス乗務員に  
対するバス乗務員総乗務数上下限值

$B_{m}^{\pm}$  : 対象期間  $m \in M$  における、  
各対象バス乗務員に対する総待機勤務数上下限值

$G_{m}^{\pm}$  : 対象期間  $m \in M$  における、  
各対象バス乗務員に対する総非乗務勤務数上下限值

$S_{m}^{\pm}$  : 対象期間  $m \in M$  における、

各対象バス乗務員に対する総宿泊数上下限值

**決定変数**

$$x_{idw} = \begin{cases} 1 : \text{バス乗務員 } i \in I \text{ の対象日 } d \in D \text{ に} \\ \quad \text{勤務 } w \in W \text{ を割り当てる時} \\ 0 : \text{上記以外} \end{cases}$$

$y_m^{T\pm}$  : 対象期間  $m \in M$  における,  
対象バス乗務員全体に対する  
総拘束時間の最大値と最小値の差上下限值超過値

$y_{mi}^{J\pm}$  : 対象期間  $m \in M$  における,  
バス乗務員  $i \in I^o$  に対する総乗務数上下限值超過値

$y_{mi}^{B\pm}$  : 対象期間  $m \in M$  における,  
バス乗務員  $i \in I^o$  に対する  
総待機勤務数上下限值超過値

$y_{mi}^{G\pm}$  : 対象期間  $m \in M$  における,  
バス乗務員  $i \in I^o$  に対する  
総非乗務勤務数上下限值超過値

$y_{mi}^{S\pm}$  : 対象期間  $m \in M$  における,  
バス乗務員  $i \in I^o$  に対する  
総宿泊数上下限值超過値

**定式化**

**目的関数**

$$\sum_{i \in I^d} \sum_{d \in D_m} \sum_{w \in W} x_{idw} + y_m^{T\pm} + \sum_{i \in I^o} (y_{mi}^{J\pm} + y_{mi}^{B\pm} + y_{mi}^{G\pm} + y_{mi}^{S\pm}) \rightarrow \text{minimize} \quad (1)$$

**制約式**

$$x_{idw} = F_{idw} \quad (i \in I^o, d \in D_l, w \in W) \quad (2)$$

$$x_{idw} = F_{idw} \quad (i \in I^o, d \in D_n, w \in W) \quad (3)$$

$$x_{idw} \geq F_{idw} \quad (i \in I^o, d \in D_m, w \in W \setminus W^g) \quad (4)$$

$$x_{idw} = F_{idw} \quad (i \in I^o, d \in D, w \in W^g) \quad (5)$$

$$\sum_{i \in I} x_{idw} = \alpha_{dw} \quad (d \in D_m, w \in W^b \cup W^s) \quad (6)$$

$$\sum_{w \in W} \beta_{iw} x_{idw} = 1 \quad (i \in I^o, d \in D_m) \quad (7)$$

$$\sum_{w \in W} \beta_{iw} x_{idw} = 1 \quad (i \in I^d, d \in D_m) \quad (8)$$

$$x_{idw} \leq \beta_{iw} \quad (i \in I, d \in D_m, w \in W^b) \quad (9)$$

$$\sum_{d'=d}^{d+27} \sum_{w \in W^b \cup W^s} t_w x_{id'w} \leq 260 \quad (i \in I^o, d \in D \setminus \{d_n - 26, d_n - 25, \dots, d_n\}) \quad (10)$$

$$\sum_{d \in M} \sum_{w \in W^{off}} x_{idw} = O_{mi} \quad (i \in I^o) \quad (11)$$

$$\sum_{d'=d}^{d+6} \sum_{w \in W^{off}} x_{id'w} \times x_{i,d'+1,w} \geq 1 \quad (i \in I^o, d \in D \setminus \{d_n - 5, d_n - 4, \dots, d_n\}) \quad (12)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{w \in W^{sb}} x_{idw} = 2 \quad (d \in D_m) \quad (13)$$

$$T_m^- - y_m^{T-} \leq \max_{i \in I^o} \sum_{d \in D_m} \sum_{w \in W^b \cup W^s} t_w x_{idw} - \min_{i \in I^o} \sum_{d \in D_m} \sum_{w \in W^b \cup W^s} t_w x_{idw} \leq T_m^+ + y_m^{T+} \quad (14)$$

$$J_m^- - y_{mi}^{J-} \leq \sum_{d \in D_m} \sum_{w \in W^b \cup W^s} x_{idw} \leq J_m^+ + y_{mi}^{J+} \quad (i \in I^o) \quad (15)$$

$$B_m^- - y_{mi}^{B-} \leq \sum_{d \in D_m} \sum_{w \in W^{sb}} x_{idw} \leq B_m^+ + y_{mi}^{B+} \quad (i \in I^o) \quad (16)$$

$$G_m^- - y_{mi}^{G-} \leq \sum_{d \in D_m} \sum_{w \in W^g} x_{idw} \leq G_m^+ + y_{mi}^{G+} \quad (i \in I^o) \quad (17)$$

$$S_m^- - y_{mi}^{S-} \leq \sum_{d \in D_m} \sum_{w \in W^s} x_{idw} \leq S_m^+ + y_{mi}^{S+} \quad (i \in I^o) \quad (18)$$

$$x_{idw} + x_{i,d+1,w'} \leq 2 - \gamma_{ww'} \quad (i \in I^o, d \in D \setminus \{d_l - 26, \dots, d_l - 1, d_m, d_n - 26, \dots, d_n\}, w \in W, w' \in W) \quad (19)$$

$$x_{idw} \in \{0,1\} \quad (i \in I, d \in D, w \in W) \quad (20)$$

$$y_{mi}^{T\pm}, y_{mi}^{J\pm}, y_{mi}^{B\pm}, y_{mi}^{G\pm}, y_{mi}^{S\pm} \geq 0 \quad (i \in I^o) \quad (21)$$

**各式の説明**

式(1) は、対象期間にダミーバス乗務員に対し割り当てられる総勤務数及び、スケジュールの公平性を定義する式である(14)(15)(16)(17)(18)における各上下限値の総超過値を同時に最小化する目的関数である。

式(2)(3)は、対象前期間最終27日間及び対象翌期間最初27日間の各対象日において、各対象バス乗務員に対し割り当てられている勤務を引き継ぐための制約式である。式(4)(5)は、対象期間の各対象日において、各対象バス乗務員に対し非乗務勤務以外で確定している勤務を割り当てる制約式及び、非乗務勤務を割り当てる制約式である。式(6)は、対象期間の各対象日における各乗務員に対し、1名のバス乗務員を割り当てる制約式である。式(7)(8)(9)は、対象期間の各対象日において、各対象バス乗務員に対し割り当て可能な唯一の勤務を割り当てる制約式及び、各ダミーバス乗務員に対し割り当て可能な一つ以下の勤務を割り当てる制約式、各バス乗務員に対し割り当て不可能な勤務を割り当てない制約式である。式(10)は、対象期間の連続した28日間の拘束時間の合計が260時間を超えないようにする制約式である。式(11)(12)は、対象期間において、各対象バス乗務員に対し規定数の休暇を割り当てる制約式及び、対象前期間及び対象翌期間における休暇の割り当てを考慮すると共に連続する7日間のうち連続する2日の休暇を割り当てる制約式である。式(13)は、対象期間の各対象日における待機勤務に対し、2名のバス乗務員を割り当てる制約式である。式(14)(15)(16)(17)(18)は、対象期間28日間において、対象バス乗務員全体に対し総拘束時間の最大値

と最小値の差を、また、各対象バス乗務員に対し総乗務数、総待機勤務数、総非乗務勤務数、総宿泊数を以てスケジュールを公平化する制約式である。式(19)は、対象期間の各対象日において、当日とその前日に各対象バス乗務員に対し連日の割り当てを許容しない勤務同士の割り当てを禁止する制約式である。式(20)(21)は、各決定変数のバイナリ制約式及び非負制約式である。ここで、新たに以下の決定変数を追加し、式(14)を等価な役割を持つを以下の制約式群に変更することで、非線形モデルを線形モデルへ変換する。

#### 決定変数

$T_m^{min}$  : 対象期間  $m \in M$  における、

対象バス乗務員全体に対する総拘束時間最小値

$T_m^{max}$  : 対象期間  $m \in M$  における、

対象バス乗務員全体に対する総拘束時間最大値

#### 制約式

$$T_m^- - y_m^{T-} \leq T_m^{max} - T_m^{min} \leq T_m^+ + y_m^{T+} \quad (22)$$

$$\sum_{d \in D_m} \sum_{w \in W^b \cup W^s} t_w x_{idw} \geq T_m^{min} \quad (i \in I^o) \quad (23)$$

$$\sum_{d \in D_m} \sum_{w \in W^b \cup W^s} t_w x_{idw} \leq T_m^{max} \quad (i \in I^o) \quad (24)$$

$$T_m^{min}, T_m^{max} \geq 0 \quad (25)$$

#### 各式の説明

式(22)は、式(14)と等価な意味を持つ制約式である。

式(23)(24)は、対象期間 140 日間において、対象バス乗務員全体の総拘束時間の最小値及び最大値を制御する制約式である。式(25)は、各決定変数の非負制約式である。

#### b) 実行結果

対象路線バス事業者から提供を受けた実データを用い、計 125 名のバス乗務員に対し a) で示したモデルを厳密解法によって解くことで、実際に 2019 年 2 月 1 日から 28 日分のスケジュールを作成する。スケジュールの公平性を定義する各値については対象路線バス事業者に対する現実的なものを設定する。また、モデルの実行に使用した最適化計算処理ソフトウェアは、IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 12.4 (以下、CPLEX)、計算機環境は、OS が Microsoft Windows 10、CPU が Intel(R) Core(TM) i7-4770 3.40GHz、メモリが 16GB である。

この問題は、CPLEX での最適化計算処理上必要となる決定変数や制約式を含め、総決定変数数 548,800 及び総制約式数 6,605,060 としてモデル化され、モデルの生成から最適解を取得するまでに約 60 秒程度の時間を要した。また、この際、目的関数値は 0 となり、スケジュール作成対象となるバス乗務員のみで全ての制約を充足し、且つ実現可能なスケジュールを作成することができた。

## 4. バス乗務員勤務スケジュール作成のシステム化の概要と課題

本研究におけるバス乗務員勤務スケジュール作成システムは、制約条件を作成するためのデータ処理 Excel で行うことで、バス事業者の現場でも対応可能とした。最適化計算処理には CPLEX を用いていた。定数や制約条件を csv ファイルで取り込むことをできるようにしたり、自動作成したスケジュールの部分修正や制約条件同時チェックなどを可能にし、作業の効率性を考慮した。今回作成したモデルと使った最適化計算処理では、開始からスケジュールの自動作成までを約 1 分程度で完了することができ、勤務スケジュール作成担当者が使用することで大きな負担削減ができると考える。

一方で、制約条件を作成するにあたってバス事業者毎で条件が異ったり、勤務数、計算期間が大きい場合、制約条件の定義を誤るとモデルの解が出ないケースが発生する課題も見受けられた。時間が大きくかかってしまうケースが発生することがわかった。各社の労働条件や厚生労働大臣告示「自動車運転者の労働時間等の改善のための基準」<sup>1)</sup>で示された各種基準による制約のモデル化が課題となる。

## 5. おわりに

バス事業者での勤務スケジュール作成には、今回の実装したバス乗務員毎にことなる勤務スケジュールとなる形の勤務スケジュール以外に、決まった勤務の流れを作り、それを各乗務員で一段ずつずらしながら運用する勤務スケジュールの形などが存在する。今回のモデルの適用方法などを検討し、あらゆる勤務スケジュールの形に対応できるようにすることが今後の課題である。

謝辞：今回検討にあたり勤務スケジュールについてのヒアリング、データ提供にご協力いただいたバス事業者の方々に深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) <https://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/gyousei/kantoku/dl/040330-11.pdf>, H26, 厚生労働省, 2019/02/19 取得
- 2) 田島玲：「パイロットの乗務パターン最適化」, 杉原厚吉, 茨木俊秀, 浅野孝夫, 山下雅史 (編), 『アルゴリズム工学-計算困難問題への挑戦-』, p266-267, 共立出版, 東京, 2001.
- 3) 菱田健斗：「パイロット勤務スケジュール自動作成システムの実装」, 南山大学大学院数理情報研究科 2012 年度修士論文, 2013.
- 4) Ralf Borndorfer, Uwe Schelten, Thomas Schlechte,

Steffen Weider : “ A Column Generation Approach to  
Airline Crew Scheduling ”, Operations Research Pro-  
ceedings, Volume.2005, p343-348, 2006.

(2019. . 受付)

## MODELING AND SYSTEMATIZATION FOR BUS CREW SCHEDULING

Yoshiaki NAKAMURA and Shoshi MIZOKAMI

Bus crews in Japan have problems such as the severity of their working conditions and the level of income. Therefore, few young people work for bus crews.

In addition, bus operators are strictly managing their operations based on the "working hours improvement standards of motorists" developed by the Ministry of Health, Labor and Welfare due to traffic accidents caused by overwork of high-speed buses.

In preparing a work schedule for bus crews, it is necessary to create a work schedule that can satisfy various conditions among limited crews, which is a heavy load on work schedule preparers. In this research, Airline crew scheduling problem is applied to the creation of the work schedule of bus crews, and its usefulness is shown, and systemization and problems are examined.