

数理最適化ソルバを用いた研修先割当問題に関する研究

荒瀬 啓仁[†] 山口 一章[†] 中村 匡秀^{†,††}

[†] 神戸大学 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

^{††} 理化学研究所・革新知能統合研究センター 〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-4-1

E-mail: [†]aranin@es4.eeddept.kobe-u.ac.jp, ^{††}ky@kobe-u.ac.jp, ^{†††}masa-n@cmds.kobe-u.ac.jp

あらまし 研修先割当問題は、研修生の希望や施設までの移動時間を考慮しながら研修生を最適な研修先に割り当てる問題である。本研究では、言語聴覚士の研修割当を対象とし、数理最適化ソルバ SCIP を用いて研修生の満足度を最大化する割当手法を提案する。現状、この割当は手動で行われ、多大な時間と労力を要する。本研究では、研修生の希望と施設までの移動時間を考慮した数理最適化モデルを構築し、最適な割当を求める。移動時間の取得には Google の Directions API を使用するが、API のリクエストによるコストを削減するため、三角不等式を用いた移動時間の推測手法を導入した。基準点を設定し、基準点と研修生および施設の住所間の移動時間を取得し、それをもとに研修生と施設間の移動時間を推定する。さらに、移動時間と希望の満足度合のバランスを調整するため、移動時間の満足度合に掛ける係数を変化させる実験を行った。その結果、研修生の希望をより重視する設定の方が、全体の満足度合が向上することを確認した。

キーワード 数理最適化ソルバ, 線形計画問題, マッチング

A Study on Internship Assignment Problem Using Mathematical Optimization Solvers

Takahito ARASE[†], Kazuaki YAMAGUCHI[†], and Masahide NAKAMURA^{†,††}

[†] Kobe University Rokkodai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo 657-8501 Japan

^{††} Riken AIP 1-4-1 Nihon-bashi, Chuo-ku, Tokyo 103-0027 Japan

E-mail: [†]aranin@es4.eeddept.kobe-u.ac.jp, ^{††}ky@kobe-u.ac.jp, ^{†††}masa-n@cmds.kobe-u.ac.jp

Abstract The internship assignment problem involves optimally assigning trainees to training facilities while considering their preferences and commuting time. This study focuses on the assignment of speech-language pathology trainees and proposes an optimization-based method using the SCIP solver to maximize trainee satisfaction. Currently, this assignment process is performed manually, requiring significant time and effort. In this study, we formulate a mathematical optimization model that incorporates both trainee preferences and commuting time to determine the optimal assignments. Google's Directions API is used to obtain travel times; however, to reduce API request costs, we introduce a travel time estimation method based on the triangle inequality. Specifically, we set reference points and acquire travel times between these points and both the trainees' residences and training facilities, estimating the direct travel times accordingly. Additionally, we conduct experiments by adjusting the weighting factor applied to the satisfaction level of commuting time to balance the trade-off between travel time and trainee preferences. The results demonstrate that prioritizing trainee preferences leads to an overall improvement in satisfaction levels.

Key words Mathematical Optimization Solvers, Linear Programming Problem, Matching

1. はじめに

資源や人員を、希望や効率、容量を考慮しながら最適にグループに割り当てる問題は、クラス編成法など様々な分野で定式化されてきた [1]。本研究では研修生の割当問題を扱って

いく。研修先割当問題は、研修を行うための施設に対し、研修生を割り当てる問題である。具体的なものとして本研究で扱うのは愛知淑徳大学の健康医療科学部言語聴覚学専攻において行われる言語聴覚士の研修である。この研修では主に愛知県近郊に住んでいる毎年約 40 人の学生が、春と夏の計 2 回

の期間で言語聴覚士の研修を行い、研修を行う施設は全国の約 100 箇所からできるだけ研修生の状況に合う施設が選ばれる。考慮すべき条件としては、研修生の自宅から研修施設までの距離、希望する分野、経済状況、施設の性質などが挙げられるが、特に重要な条件として研修生が希望する分野と住所がある。現状それらを考慮しながら割り当てを行うために手動で地図サービス等を参照しながら割り当てを行っており、多大な手間と時間がかかっている。

本研究ではより効率的な割り当てを行うために、数理最適化ソルバを用いた方法を提案する [2]。研修生が希望する分野や住所を元にできるだけ希望する分野に合致し、自宅からできるだけ近い研修施設への割り当てを求める定式化手法を考案し、数理最適化ソルバ SCIP [3] を用いて実際の割り当てを求めるプログラムを Zimpl 言語 [4] を用いて作成する。

2. 問題設定と定式化

2.1 問題設定

本研究で扱う言語聴覚士の研修先割当問題では研修生 n_s 人を n_h 箇所の研修先候補の施設に春と夏の期間の研修について割り当てを行う。ただし春の研修期間より夏の研修期間の方が長い。

研修生のデータとして入力するのは、研修生の住所、希望する分野である。全ての研修生は自宅の住所データを持ち、もし研修生が下宿中であれば自宅の住所とは別に実家の住所のデータを持つ。研修生は研修を行う分野を医療・成人・小児の 3 つの中から 2 回以下選択することができる。1 つの分野を強く希望する場合はその分野を 2 回選択することもできる。希望する分野がない場合は何も選択しないこともできる。2 回の選択で異なる 2 個の分野を選択している場合、分野に優先順位はないものとする。

研修施設候補のデータとして入力するのは、施設の住所、受け入れ可能な分野、施設への割り当て優先度、春と夏の期間で受け入れ可能な人数の上限である。研修施設は 3 つの分野に関して受け入れ可能の可否が定められている。例えば、成人分野のみを希望する研修生が、成人分野の受け入れが不可能な施設に割り当てられたら希望通りの研修が行えないこととなる。施設には受け入れ可能人数が設定されており、春と夏の期間にそれぞれ上限が設定されている施設と、春と夏の期間の合計のみが設定されている施設がある。また、施設との関係性や施設で行える研修のレベルなどから施設自体に割り当て優先度が設定されている。A, B, C の 3 段階で、A が最も高い。本研究では優先度が A かどうかのみを判断基準とし、A の場合は施設の受け入れ可能上限人数割り当てることとする。

以上の問題設定を以下に箇条書きでまとめる。

- (1) 研修生の人数は n_s 人であり、研修先となる施設の候補は n_h 箇所ある。
- (2) 研修には分野が医療・成人・小児と 3 つ存在し、それらから 2 回以下選ぶことができる。同じ分野を 2 回選択している場合はその分野を強く希望しているものとする。0

回選択した場合は特に希望がないものとして扱う。選択した分野に優先順位はなく、どちらも同等に扱われる。

- (3) 各学生は自宅の住所と、下宿中であれば実家の住所を提示する。
- (4) 各施設において、それぞれの分野について受け入れが可能であるかどうか定められている。
- (5) 各施設の受け入れ可能人数の上限は、春が M_{sx} 人、夏が M_{sy} 人である。また、春と夏の受け入れ可能人数の合計は M_s 人である。
- (6) 春と夏の受け入れ可能人数の合計のみが設定されていて、春と夏の受け入れ可能人数の上限は定められていない施設が存在する。
- (7) 各施設には割り当ての優先度が A, B, C の 3 段階で設定され、A が一番優先度が高く、次に B, C の順番で優先度が高い。A の優先度が設定された施設には上限人数の研修生を割り当てる。
- (8) 各研修生は春と夏の 1 箇所ずつ計 2 箇所の施設で研修を行う。春と夏の研修先は異なる施設とする。
- (9) 夏の研修の方が春よりも期間が長い。
- (10) できるだけ研修生が希望する分野が受け入れ可能で研修生が自宅または実家からの移動時間が短い施設へ割り当てる。

2.2 定式化

前節で示した条件を考慮し、定式化を行う。変数 x_{sh} , y_{sh} をそれぞれ春と夏に生徒 s が施設 h に割り当てられるとき 1, そうでないとき 0 と定める。ただし条件 1 に従うため、 $1 \leq s \leq n_s, 1 \leq h \leq n_h$ とする。

条件 3 にあるように下宿している研修生は実家の住所を提示するので、その住所を一度別の生徒として扱い $s + \text{offset}$ 人目の生徒として割り当てを行う。条件 8 にあるように各研修生は春と夏にそれぞれ 1 つの施設に割り当てられるので、 $\sum_{h=1}^{n_h} x_{sh} + x_{(s+\text{offset})h} = 1$ かつ $\sum_{h=1}^{n_h} y_{sh} + y_{(s+\text{offset})h} = 1$ である。また、春と夏で割り当てられる施設は異なるため $x_{sh} + x_{(s+\text{offset})h} + y_{sh} + y_{(s+\text{offset})h} \leq 1$ である。

条件 5 と 6 に従うため $\sum_{s=1}^{n_s+\text{offset}} x_{sh} \leq M_{hx}$ かつ $\sum_{s=1}^{n_s+\text{offset}} y_{sh} \leq M_{hy}$ かつ $\sum_{s=1}^{n_s+\text{offset}} x_{sh} + y_{sh} \leq M_h$ であるが、条件 7 にあるような割り当て優先度が A の施設は $\sum_{s=1}^{n_s+\text{offset}} x_{sh} + y_{sh} = M_h$ となる。

目的関数は $\sum_{s=1}^{n_s+\text{offset}} \sum_{h=1}^{n_h} p_{sh} x_{sh} + y_{\text{bonus}} * p_{ij}$ とする。 p_{sh} は各施設に割り当てられた学生の満足度合を表す数値である。条件 9 を考慮し、期間の長い夏に割り当てられた場合の満足度合をより重視するため係数 x_{bonus} を掛ける。

以上の式を以下にまとめて示す。

$$\text{maximize} \quad \sum_{s=1}^{n_s+\text{offset}} \sum_{h=1}^{n_h} p_{sh} x_{sh} + y_{\text{bonus}} * p_{sh} y_{sh} \quad (1)$$

$$s.t. \sum_{h=1}^{n_h} x_{sh} + x_{(s+offset)h} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{h=1}^{n_h} y_{sh} + y_{(s+offset)h} = 1 \quad (3)$$

$$x_{sh} + x_{(s+offset)h} + y_{sh} + y_{(s+offset)h} \leq 1 \quad (4)$$

$$\sum_{s=1}^{n_s+offset} x_{sh} \leq M_{hx} \quad (5)$$

$$\sum_{s=1}^{n_s+offset} y_{sh} \leq M_{hy} \quad (6)$$

$$\sum_{s=1}^{n_s+offset} x_{sh} + y_{sh} \leq M_h \quad (7)$$

施設 h の割り当て優先度が A の場合

$$\sum_{s=1}^{n_s+offset} x_{sh} + y_{sh} = M_h \quad (8)$$

$$x_{sh} = \begin{cases} 1 & \text{研修生 } s \text{ が春に施設 } h \text{ に割り当てられるとき} \\ 0 & \text{そうでないとき} \end{cases} \quad (9)$$

$$y_{sh} = \begin{cases} 1 & \text{研修生 } s \text{ が夏に施設 } h \text{ に割り当てられるとき} \\ 0 & \text{そうでないとき} \end{cases} \quad (10)$$

3. 提案手法

3.1 準備

3.1.1 数理最適化ソルバ：SCIP

整数計画問題を解くことができるさまざまな数理計画ソルバが存在する。例えば、CPLEX [5], Gurobi [6], SCIP などである。数理計画ソルバは入力として整数計画問題を与えることにより厳密解を求めることができるが、与える入力によっては非常に長い時間がかかる場合もある。SCIP は汎用性が高く、商用利用が可能であるため、本研究では数理最適化ソルバとして SCIP を用いることにした。

3.1.2 Zimpl

Zimpl は数理最適化問題を記述するためのモデリング言語である。本研究では、言語聴覚士の研修先割当問題の定式化を Zimpl 言語を用いて行った。Zimpl 言語を用いる利点として、定式化の記述が容易であること、Zimpl 言語に記述されたファイルを LP 形式に変換することによって広汎なソルバに對し実行することができる。

3.1.3 Directions API

Directions API は Google が展開する位置情報や地図情報を提供するサービス、Google Maps Platform の中の API の一つである [7]。出発地点と目的地点を指定し、その間の移動時間を求めることができ、車や徒歩、公共交通機関など複数の移動手段に対応している。リアルタイムの交通状況を考慮した移動時間を取得することが可能である。API 使用には使用料金

がかかり、1 回のリクエストごとに料金がかかる [8]。

3.2 全体アーキテクチャ

本研究では、実際に研修を行っている愛知淑徳大学から提供された、匿名化した研修生のデータと、研修施設候補のデータを用いて割り当て実験を行う。

研修生と研修施設候補のデータはxlsx形式ファイルで入力される。入力をテキストファイルに変換し、SCIPで動作するZimpl言語のプログラムに対する入力とする。

3.3 データ入力

xlsx形式ファイルをテキストファイルに変換する具体的な手順を以下に示す。テキストファイルに記述される各データは改行で区切られる。データの先頭は研修生、施設、移動時間、満足度等データの種類の表すアルファベットを記す。

3.3.1 研修生のデータ

研修生のデータは、ID 番号、希望分野、自宅の住所および下宿中であれば実家の住所からなる。それぞれの研修生に対し、ID 番号を i_s とした場合、テキストファイルに以下の形式で記述される。

$$s, i_s, a_{成人}, a_{小児}, a_{聴覚}$$

先頭の s は研修生のデータ全てに同様に付けるデータの種類の表すアルファベットで、 $a_{分野}$ は研修生が分野への配属の希望度合を表す値である。希望欄のデータが「成人」である場合、希望する分野の希望度合として、 $a_{成人}$ に正の定数 positive を加え、他 2 つの分野の希望度合 $a_{小児}$ 、 $a_{聴覚}$ には定数 negative を加える。希望欄のデータが「特に希望なし」の場合は全ての希望度合に negative を加える。

3.3.2 研修候補施設のデータ

研修候補施設のデータは、ID 番号、受け入れ可能分野、住所、割り当て優先度、春と夏の受け入れ可能人数の上限、受け入れ可能人数の合計からなる。それぞれの施設に対し、ID 番号を i_h とした場合、テキストファイルに以下の形式で記述される。

$$h, i_h, b_{成人}, b_{小児}, b_{聴覚}, rank, m_x, m_y, m$$

先頭の h は研修候補施設のデータ全てに同様に付けるデータの種類の表すアルファベットで、 $b_{分野}$ は施設がその分野が受け入れ可能かどうかを表す値で、受け入れ可能なら 1、受け入れ不可能なら 0 とする、 $rank$ は割り当て優先度を表す。割り当て優先度は A, B, C の三段階で表される。ただし、本研究においては A ランクかどうかのみを判断基準とする。 m_x 、 m_y 、 m はそれぞれ春、夏の受け入れ可能人数の上限、春と夏の受け入れ可能人数の合計を表す、

3.3.3 移動時間のデータ

リクエスト回数に応じてコストがかかる API の欠点を補うために三角不等式による移動時間の推測を行う。

3.3.4 三角不等式による移動時間の推測

座標平面上の任意の三角形において、任意の 2 辺の長さの和は、残りの 1 辺より大きい。三角形の辺の長さを a 、 b 、 c とすると次の式が成り立つ。

$$a < b + c, b < a + c, c < a + b \quad (11)$$

この性質は三角不等式と呼ばれる。これらの式を変形すると

$$|a - b| < c, |a - c| < b, |b - c| < a \quad (12)$$

となり、これは三角形において任意の2辺の差は、残りの1辺より小さいことを示す。この2つの性質を利用すると、三角形の任意の2辺の長さが判明すれば残りの辺の上界と下界が求まる。これを現実世界の2点間の移動距離、ひいては移動時間を推測するために利用する。

この手法の利点は、より少ない情報から距離を推測できることである。

2次元の直行座標系に存在する頂点の集合を二つ定義する

$$\begin{cases} V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\} & v_i = \{x_i, y_i\} \\ W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\} & w_i = \{x_i, y_i\} \end{cases} \quad (13)$$

ただし、 V と W の全ての頂点は同じ座標にないものとする。 V と W からそれぞれ1つずつ頂点を選んで結ぶ辺 l_{vw} は $n \times m$ 本存在する。ここで、 V と W の頂点とは別の1つの頂点 O を同じ座標系において設定する。 O と、 V から1つ頂点を選んで結ぶ辺 l_{ov} は n 本存在し、 O と、 W から1つ頂点を選んで結ぶ辺 l_{ow} は m 本存在する。上で述べた三角不等式による距離の推測を用いると $|l_{ov} - l_{ow}| < l_{vw} < l_{ov} + l_{ow}$ である。つまり、 $n \times m$ 本の辺の長さを $n + m$ 本の辺から推測することができる。1本の辺を1つのデータと見立てると、 V と W の頂点間の距離を求めるのに必要なデータの量の差は、 $nm - (n + m) = (n - 1)(m - 1) - 1$ であるので、 $2 < n, 2 < m$ の場合において推測を行う手法の方がデータ量が少なく、頂点の数が増えるほど差が大きくなる。

3.3.5 移動時間の計算

研修生と研修候補施設の住所データから、研修生の住所から施設の住所までの移動時間を、研修生と施設の全ての組み合わせについて求めてテキストファイルに記述する。まず推測に使う基準点となる住所を決める。次に研修生の住所を読み込み、基準点までの移動距離をAPIにより取得する、次にID番号1の施設から順番に研修生の住所との間の移動距離の下界と上界を求めてテキストファイルに記述する。計算に必要な、基準点と施設の間の移動距離は最初の計算の時にAPIにより取得してキャッシュに保存し、以降は保存された値を使用する。ID番号が i_h である研修生が下宿中で、実家の住所のデータがある場合は、 $i_h + \text{offset}$ 人目の研修生として同様に移動時間のデータを作成する。

テキストファイルに記述されるデータの形式は以下である。

$$d, i_s, i_h, d_{\min}, d_{\max}$$

先頭の d は移動時間のデータ全てに同様に付けるデータの種類の表すアルファベットで、 $d_{\min}$ 、 $d_{\max}$ はそれぞれ移動時間の下界、上界である。

3.4 満足度合の計算

研修生が施設に割り当てられた場合の効力を数値化したものを満足度合とする。満足度合は以下のように定める。

$$p_{sh} = a_{成人} b_{成人} + a_{小児} b_{小児} + a_{聴覚} b_{聴覚} - k \frac{d_{\min} + d_{\max}}{2} \quad (14)$$

分野に関する項については、各分野の研修生の希望度と施設の受け入れ可否を掛け合わせた和となっている。施設が受け入れ可能な分野で研修を行うので、対応する研修生の希望度の和となる。移動時間に関する項については、移動時間の下界と上界の平均に、係数 k をかけたものを満足度から引く。ただし k は以下のように定める。

$$k = \text{移動時間の影響度} \times \frac{\frac{d_{\min} + d_{\max}}{2} \text{の上界} - \text{下界}}{a_{成人} b_{成人} + a_{小児} b_{小児} + a_{聴覚} b_{聴覚} \text{の上界} - \text{下界}} \quad (15)$$

移動時間の影響度は正の数とし、研修生と施設との移動時間が長いほど満足度合が低くなる。

テキストファイルに記述した研修生、施設、移動時間のデータから、研修生と施設全ての組み合わせの満足度合を計算し、さらにテキストファイルに記述する。満足度合が高いほど割り当てられやすいようにする。

テキストファイルに記述するデータの形式は以下である。

$$p, i_s, i_h, p_{sh}$$

ただし、先頭の p は研修生のデータ全てに同様に付けるデータの種類の表すアルファベットである。

3.5 数理最適化ソルバによる割り当て

2.2で述べた定式化に対し生成されたテキストファイルを代入し、解く処理をZimpl言語により記述した。テキストファイルを読み込む具体的なコードを以下に示す。

テキストファイルの読み込み

```
set S := { read dat as "<2n>" match "^s" }; # 居住地

# 居住地 S, 下宿生 Sgeshuku, 下宿生の実家 Sjikka, 自宅通学生 Seq

set Sall := { read dat as "<2n>" match "^p" }; # 居住地+実家
set Sjikka := { <s> in Sall with s > offset }; # 下宿生の実家
set Sgeshuku := { <s> in Sjikka: <s>-offset }; # 下宿生
set Seq := Sall - Sjikka - Sgeshuku; # 自宅通学生
```

定式化の部分を以下に示す。

定式化

```
### 定式化満足度の総和を最大化する

var x[P] binary; # 夏の割り当て
var y[P] binary; # 春の割り当て
maximize obj: sum <s,h> in P: (p[s,h] * x[s,h] + 2 * p[s,h]
    ] * y[s,h]);

# 自宅生の割り当て. 夏, 春にどこか箇所の施設に割り当てる. 1
subto sxe: forall <s> in Seq: sum <h> in H: x[s,h] == 1;
subto sye: forall <s> in Seq: sum <h> in H: y[s,h] == 1;

# 下宿生の割り当て. 夏, 春にどこか箇所の施設に割り当てる. 1
subto sxg: forall <s> in Sgeshuku: sum <h> in H: (x[s,h] +
    x[s+offset,h]) == 1;
subto syg: forall <s> in Sgeshuku: sum <h> in H: (y[s,h] +
    y[s+offset,h]) == 1;

# 施設の割り当て. 下宿生の実家を含めて (Sall を用いて) 総和を
計算する.

subto hx: forall <h> in H: sum <s> in Sall: x[s,h] <=
    hmaxx[h];
subto hy: forall <h> in H: sum <s> in Sall: y[s,h] <=
    hmaxy[h];
subto hz: forall <h> in H: sum <s> in Sall: (x[s,h] + y[s,
    h]) <= hmaxz[h];

# 自宅通学生Seq を同じ施設に回割り当てない. 2
subto diffeq: forall <s> in Seq: forall <h> in H: x[s,h] +
    y[s,h] <= 1;

# 下宿生Sgeshuku を同じ施設に回割り当てない. 2
subto diffge: forall <s> in Sgeshuku: forall <h> in H:
    x[s,h] + y[s,h] + x[s+offset,h] + y[s+offset,h] <=
    1;

# 施設ランクA については枠一杯に埋める.
subto a: forall <h> in H: if hrank[h] == "A" then
    sum <s> in Sall: (x[s,h] + y[s,h]) == hmaxx[h] end;
```

4. 計算機実験

4.1 実験方法

OS は Windows 10, プロセッサは Intel(R) Core(TM) i5-10400 CPU @ 2.90GHz, メモリ容量は 32GB である. 入力, 実際に研修を行っている愛知淑徳大学から提供された, 匿名化した研修生のデータと研修施設のデータを xlsx 形式ファイルに入力したものを使用した. 距離のデータは Directions API から取得した. xlsx 形式ファイルをテキストファイルに変換するためのスクリプトは Python3 を用いて実装した [9]. 三角不等式による移動時間の推測の基準点として生徒の住所が集まっている場所に近く, 交通の便が良い名古屋駅を用いた. 夏の研修期間の長さを加味するための係数は, $x_{bonus} = 2$ とし, 希望度合に加える定数は, $positive = 3, negative = 1$ とした. 移動時間の影響度は 0.5 以上 1.5 以下の範囲で 0.1 ずつ変化さ

せた. SCIP で Zimpl ファイルを実行し, 出力された割り当てから研修生ごとに満足度合を算出した.

4.2 結果及び考察

割り当てられた各研修生の春と夏の満足度合の合計の分布と, 全研修生の満足度合の最大値と最小値, 平均, 分散の変化を以下のグラフに示す.

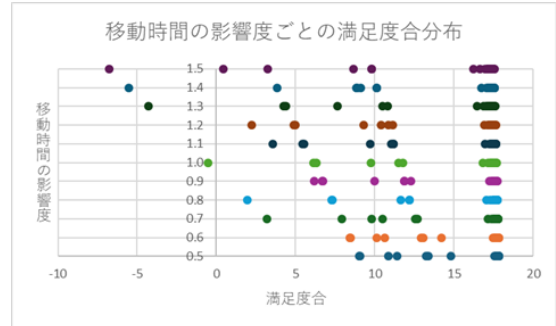


図 1: 割り当てられた研修生の満足度合の分布

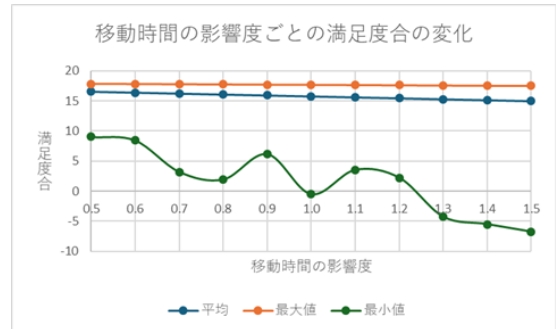


図 2: 研修生の満足度合の平均, 最大値, 最小値の変化

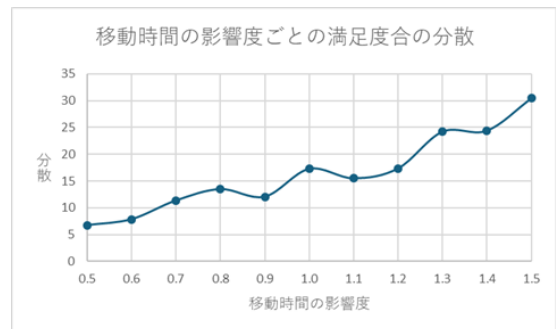


図 3: 研修生の満足度合の分散の変化

図 4 や図 6 で示されるように, 移動時間の影響度を小さくする程満足度合のバラつきは小さくなる. また, 図 5 で示されるように移動時間の影響度が小さい程満足度合の平均, 最大値, 最小値が高い傾向となる. 以上の結果から, 移動時間の影響度が小さい程, 全員がより満足度合が高く割り当てられる傾向が見られるため, より良い割り当てが行えていると考えられる. また, 基準点を変えて新神戸駅に設定して同様に割り当てた結果からも同じ 3 つのグラフを作成した. 基準点を新神戸駅としたグラフにも, 基準点を名古屋駅に設定して

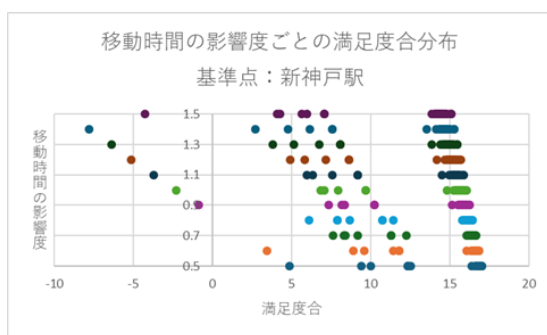


図 4: 割り当てられた研修生の満足度合の分布

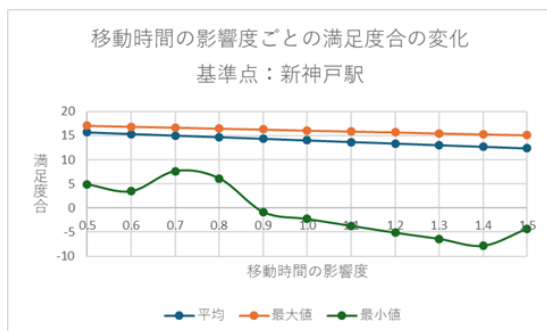


図 5: 研修生の満足度合の平均, 最大値, 最小値の変化

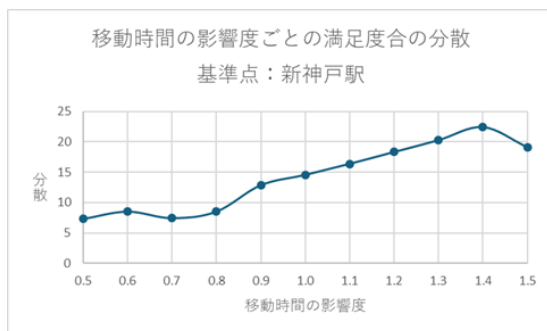


図 6: 研修生の満足度合の分散の変化

割り当てを行った場合と同様の傾向が見られる。

5. ま と め

本研究では言語聴覚士の研修先割当問題を数理最適化ソルバ SCIP で解き、割り当てを行った。割り当てのためのデータとして、研修生および研修施設の住所を用いて Directions API から移動時間データを取得した。この際、API のリクエスト回数を減らすために三角不等式による推測を行った。定式化は Zimpl 言語を用いて行い、入力はxlsx形式ファイルをPython スクリプトによってテキストに変換したものを用いた。

実験結果から、割り当てを行う上で考慮すべき条件である研修生の希望と研修施設までの移動時間に満足度合を設定した場合、後者に掛ける正の係数の大きさを小さくし影響度を小さくすると、研修生の満足度合の分散は小さくなり、満足度合の平均, 最大値, 最小値は良くなるので、より良い割り当てが可能であると考えられる。

今後の課題として、低コストで公共交通機関に対応した移

動時間の算出の手法の確立、割り当てをより容易に行うことができるフロントエンドの開発が挙げられる。

謝 辞 本研究の一部は JSPS 科研費 JP20H05706, JP22H03699, JP22K19653, JP23H03401, JP23H03694, JP23K17006, および、立石科学技術振興財団の研究助成を受けて行われている。また、本研究開発は、国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）JPMJRS22K6 による研究成果の一部である。

愛知淑徳大学健康医療科学部言語聴覚学専攻の佐藤厚教授には研修生および研修施設に関するデータの提供、評価手法の考案にあたり、多大なご協力を頂きました。謹んで感謝申し上げます。

文 献

- [1] 今野 浩, 数理決定法入門-キャンパスの OR, 朝倉書店, 1992
- [2] 宮代隆平, “整数計画ソルバー入門,” オペレーションズ・リサーチ, vol.57, no.4, pp.183-189, 2012.
- [3] SCIP Optimization Suite, Available:<https://scipopt.org/>, [Accessed: 2025-02-04].
- [4] SCIP Optimization Suite, Available:<https://zimpl.zib.de/>, [Accessed: 2025-02-04].
- [5] IBM ILOG CPLEX Optimization Studio, Available:<https://www.ibm.com/products/ilog-cplex-optimization-studio>, [Accessed: 2025-02-04].
- [6] Gurobi Optimization, "Gurobi 12.0 Documentation," Available:<https://docs.gurobi.com/current/>, [Accessed: 2025-02-04].
- [7] Google, “Directions API を使ってルートを取得する,” Available:<https://developers.google.com/maps/documentation/directions/get-directions?hl=ja>, [Accessed: 2025-02-04].
- [8] Google, “Directions API の使用量と請求額,” Available:<https://developers.google.com/maps/documentation/directions/usage-and-billing?hl=ja>, [Accessed: 2025-02-04].
- [9] Python Software Foundation, "Python 3.12.2 documentation," Available:<https://docs.python.org/3/>, [Accessed: 2025-02-04].