

# 訪問介護勤務表作成のための個別スケジュール生成ネットワークの構築

\*成蹊大学 村野 真悟  
足立 幸子  
池上 敦子

## 1. はじめに

訪問介護とは、介護を必要とする利用者宅に訪問介護事業所のスタッフ(ヘルパー)が訪問をして、必要な介護を行うサービスのことである。

ヘルパーは勤務表に従ってサービスを提供している。勤務表作成者は、ヘルパーと利用者に関する様々な制約条件(ヘルパーの勤務可能時間帯、利用者のサービス時刻、利用者の担当可能ヘルパー、利用者宅間の移動時間、その他利用者の状況によって発生する条件など)を考慮しながら作成しなければならないが、勤務表作成作業は心身ともに大きな負担となっていることが知られている<sup>1)</sup>。

我々は勤務表作成者の負荷を軽減することを目的とし、勤務表作成支援システムの構築を行っている。本稿では支援システムで利用するアルゴリズムに焦点を絞り、各ヘルパーに対して望ましいスケジュールを生成するアルゴリズム構築に対して、動的計画法利用の可能性について検討し、簡単な計算実験を行った結果を報告する。

## 2. ネットワークの構築

各ヘルパーの実行可能スケジュールの全てを表現するネットワークを構築して最適経路を求めることにより、利用者に提供する最適なスケジュールを効率良く見つけることを考える。

ネットワークはヘルパー1人に対して構築する。提供可能な利用者へのサービスをノードとし、移動時間を考慮して移動可能なノード間をアークでつなげて、1日ごとに1ヵ月の日数分だけ作成する。そして1日ごとに構築したネットワークをつなげるダミーノード、全体のネットワークの始点、終点のノードを導入し、1ヵ月分をつなげたネットワークを構築した(各日を独立に扱い、後から組み合わせることも可能にしてある)。

また、このネットワークは閉路を持たないという特徴があることから、各日にちのノードはサービスの開始時間が早い順に並び換え、0から順にノード番号を付けていくことにより、トポロジカルオーダーに従って効率良く扱うことができる。そして、このネットワークではコストをアークではなくノードに設定することにし、ヘルパーの勤務時間量を考慮するために各ノードにサービスの時間量をコストとして持たせた(ダミーノード、始点、終点はコスト0とした)。

このようにネットワークを構築したことで、ネットワーク上の全ての経路は(勤務時間量の妥当性を無視すれば)実行可能なスケジュールに対応することになる(図1)。同時に全ての実行可能スケジュールはこのネットワークに含まれていることになる。

しかし、その全パターンを列挙するには数が莫大であり、全列挙に基づくスケジューリングは困難なことから、勤務表作成者にとって有効な情報をこのネットワークから取り出すことを考える。そこで以下のことを試みた。

1. 勤務時間量(サービス時間の合計)に上限を加えて経路を列挙する
2. 実行可能な勤務時間量の最大値を知るために、最長経路を求める
3. 2.について、上限を設定した下で最長経路を求める

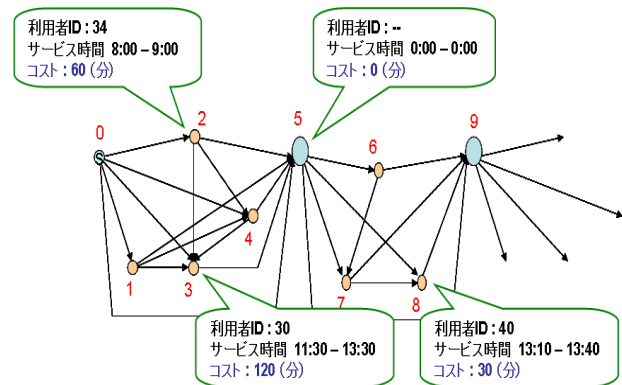


図1 実行可能ネットワーク

### 2.1 上限付き経路の全列挙

まず、始点から終点までの経路で、総コストが上限を超えないような経路をすべて列挙(全列挙)した。以下にその手順を示す。

1. 上限を設定する
2. 始点からの最短経路木と終点からの最短経路木を求める
3. 始点からの最短経路の長さ(コスト)と終点からの最短経路の長さ(コスト)の和が上限を超えてしまうノードを前もって削除する

3. で求めた最短経路木の情報を利用して、上限を超えないような経路をすべて列挙する

## 2.2 最長経路アルゴリズム

次に、始点から終点までの経路で、上限を設定せずにこのネットワーク上の最長経路を求めた。以下にその手順を示す。

- 2.1 節の手順 3.まで同じ
- 全てのノードのラベルをゼロに初期化する
- トポロジカルオーダーに従ってノード(始点からスタートしてその後はラベルゼロでないもの)を選び、そのノードからつながっているノードに対し、現在のノードのラベルとそのノードのコストの和が、そのノードのラベルより大きければラベルをその値に更新し、終点ノードが選ばれるまで繰り返す
- ラベル更新に利用されたノードをつないで最適経路とする

## 2.3 上限付き経路探索

始点から終点までの経路で、上限を超えないような経路の中で最も上限に近い経路(最長経路)を求めようと試みる。ここでは最適解を求めることは妥協して、以下の手順でスケジュールを求めていく。

2.2 節の手順 3.において、現在のラベルとそのノードのコストの和が上限を超えず、そのノードのラベルより大きければラベルをその値に更新し、更新に利用されたノードをつないで経路とする。なお、各日、各週に上限を設定できるようにしてある。

## 3. 計算実験

実際の訪問介護事業所のデータを利用して、1 人のヘルパーの 1 ヶ月分の経路(ノード数:220, アーク数:954)に対し上限を設定したときのアークの総数、全列挙したときの経路数と、出力までにかかった時間を表 1 にまとめた(Intel(R) Xeon(R) CPU 5160 @ 3.00GHz, Memory: 4.00GB)。

表 1 上限付き全列挙の結果 (1 ヶ月分の経路)

上限(分)	アーク数	経路数	時間(s)
100	650	20,883	0.02
200	954	2,145,675	10.81
300	954	438,744,447	192.38
400	954	###	2883.69
500	954		###

上限としてさまざまな値を設定して実行したが、上限を 300 分にすると出力までに約 48 分かかり、経路数は表示可能上限を超すほど莫大となり、また上限を 500 分にしたときは、1 ヶ月間計算し続けても列挙しきれなかった。

以上から、上限を加えた場合においても全列挙は難しく、効率良く最適経路を求めるには適していないことが分かる。

次に同じデータに対して、上限を設定せずに最長経路を求めた。その結果、このネットワーク上の最長経路(勤務時間量:8,211 分)が 0.031 秒で求まることが分かった。この経路が、1 ヶ月で利用者宅を最も多く訪問するようなスケジュールに対応する。

そして、上限付き経路探索アルゴリズムを利用した場合について、ヘルパーの 1 ヶ月分の経路で上限を複数種類設定し、上限を超えないような最長経路の勤務時間量(最大コスト)と、出力までにかかった時間を調べたところ、上限の値に依存せず、上限を守った実行可能経路を短時間で得られることができた。しかし、ここで得られた経路は最適解を逃す可能性があり、また偏った時間配分の経路になっていることから、実用的な解であるという保証は無い。

## 4. おわりに

1 人のヘルパーに対して最適なスケジュールを求めるために、実行可能なスケジュールを経路として表現したネットワークを構築した。このネットワーク上の全ての経路は全ての実行可能なスケジュールに対応しており、動的計画法の利用や、勤務時間量の設定次第でさまざまな尺度の経路を求める可能性を広げることができた。しかし、上限付きの最適解を効率良く得るためにはこのネットワークでは不十分であることも分かった。この問題を解決するために、ネットワークのノードに多くの情報を持たせる工夫をし(それに伴ってノード数も増加するが)、新たなネットワークを構築することを視野に入れて考えていきたい。

また、他のヘルパーを考慮した最適経路を求めることや、K-shortest paths アルゴリズムを利用した複数経路の取得も目指していく。

## 5. 参考文献

- 池上敦子, 緒方洋平, 森田隼史, 土谷隆: 訪問介護スタッフ・スケジューリング, 統計数理研究所共同研究レポート 191「最適化: モデリングとアルゴリズム 19」, pp.302-316 (2006)
- R.K.Ahuja, T.K.Magnanti, J.B.Oracle: Network Flows; Theory, Algorithms and Applications, Prentice Hall (1993)

これ以降は、何も記載しないでください。