

平成 22 年 5 月 28 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19510156
 研究課題名 (和文) 医療・介護の質を守るためのスタッフスケジューリングと勤務表作成の支援システムの研究
 研究課題名 (英文) Staff scheduling support systems aimed at maintaining the quality of nursing and care services
 研究代表者 池上 敦子 (IKEGAMI ATSUKO)
 成蹊大学・理工学部・情報科学科・教授
 研究者番号：90146936

研究成果の概要 (和文)：大きく 3 つの成果があった。訪問介護勤務表作成支援システム、ならびに、その web 版システムを構築したので、近日全国公開する。2 つ目は、ナーススケジューリングを、混合整数計画問題、充足判定性問題として扱うことにより、これまで厳密解が知られていなかった問題セットに対しても厳密解を得ることに成功した。3 つ目は、スタッフスケジューリングに対し動的計画法を適用することにより、人間の意思決定を支援する情報提供の方法の可能性を示した。

研究成果の概要 (英文)：

A study of staff scheduling support systems designed to maintain the quality of nursing and care services yielded three main results. (1) We developed, in Microsoft Excel, a prototype “home help staff scheduling support system” and a web-based system based on the prototype. (2) We could obtain exact solutions for instances of nurse scheduling problems which were previously unsolved, by dealing with these instances as mixed integer problems or satisfiability problems. (3) We suggest that the information obtained by representing feasible solutions as a network is efficient for schedulers to ascertain staff scheduling problems.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：数理最適化

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 社会システム工学・安全システム

キーワード：ナーススケジューリング, スタッフスケジューリング, 勤務表作成, 支援システム, 訪問介護, サービス, ネットワーク, 経路探索

1. 研究開始当初の背景

様々な種類の病院、介護施設においてトータルなシステム化が進められてきた。しかし、人間が相手である医療、介護業務は、物を扱う他の業務と基本的に異なることから、未だに、そのシステム化が難しいとされてきた。

先行研究その1（基盤研究C(2)：平成12～14年「看護の質を守るためのナース・スケジューリングの研究」）においては、看護業務を対象に、看護スタッフ不足の問題や看護スタッフの負荷軽減の問題を考慮しながら、看護の質を守るための看護スタッフ勤務表作成（ナース・スケジューリング）の研究を行った。その中では、ナース・スケジューリングは、本質的に異なる2つの条件群で構成されていることがわかった。1つは、各シフトに適切な数とスキルレベルの看護スタッフを割り付けるシフト（業務）の視点での条件群、そして、もう一方は、看護スタッフが常により状態で看護を提供できるよう、その健康状態やスタッフの希望条件の受け入れ等、ナース（看護スタッフ）の視点での条件群である。しかし、この構造は、看護業務だけではなく、医療に関わる医師、介護に関わるヘルパー等の、人間の生命に関わる業務において必ず存在するものと考えられた。

先行研究その2（「医療・介護の質を守るためのスタッフスケジューリングの研究」基盤研究C：平成16～18年）では、研究対象の範囲を、同じ本質を持つ医師の当直や訪問介護の問題にまで広げて研究を進めた。医療・介護における業務では、決してその質を落とすことを許されないが、経営面からはスタッフの人数に制限がつけられるのが現状である。それらの中では、スタッフに過度の負荷がかかることがしばしば見受けられる。業務の視点での条件とスタッフの視点での条件は、トレードオフの関係にあるといえる。しかし、

決して外すことの出来ないこれらの条件群をうまく満たすような勤務スケジュールを作成することは、看護業務の例をとっても容易ではないが、それらの問題の構造をうまく把握した数理モデルを構築し、それに基づくアプローチ方法を提案することができれば、医療・介護業務に貢献できるものと考えた。そして、本研究開始までには、医療・介護の分野における先進国の研究状況を調査すると同時に、我が国の訪問介護スタッフスケジューリングの実態調査（アンケート調査、インタビュー、勤務表作成作業分析など）を実施し、このスケジューリング問題の明確化とモデル化を行ってきた。

本研究では、本格化したこれらの研究を基に、より深く、そして、成果の具体化に向けた研究の継続が重要であると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、これまで積み上げてきた「ナース・スケジューリング」と「訪問介護スタッフスケジューリング」の研究に新たな視点を加えて研究を進めることを目的とした。

そこで、本研究では、ナーススケジューリングに関しては、

(1) 与えた条件が満たされなかった場合の処理を考えること

(2) 条件を変更する際に、条件緩和等の目安となる情報を与えること

といった、支援システムにおいて「実際に利用されるかどうか」に大きく影響を及ぼす部分について研究を進めるべきと考えた。

つまり、個々の条件と解空間の狭まり方の関係が、なんらかの形で表すことができるようになれば、勤務表作成者による拘束条件の変更を有効に行うことができるようになるばかりではなく、緩和する候補の条件を自動でいくつか選択し、それぞれについて勤務表を

作成して勤務表作成者に提示することが可能になると考えられる。このことは、我々が、条件を「シフトに視点を置いたもの」と「ナースに視点を置いたもの」とに分けて扱っていることとも大きな関わりを持っており、「単純に拘束条件の重要度の重み付けだけで問題を扱うことができない難しさ」へのチャレンジでもある。

一方、訪問介護スタッフスケジューリングについては、アンケート調査や勤務表作成者へのインタビュー等で、問題のモデル化が出来上がったことから、このモデルに基づいて、有効なアルゴリズムと、それを含んだ支援システムの開発に関する研究が必要である。

訪問介護では、介護保険制度が始まってから、多くの事業所が参入と撤退を繰り返しているという、まだ安定しない状況が続いており、勤務表作成に対する考え方や方法も変化し続けている。また、サービスを受ける利用者に対して担当するヘルパーを設定する方法などは、事業所の規模や考え方によって大きく異なる場合も多く、これらの多様性に対応できる柔軟なモデルと、それを効率よく簡便に扱える勤務表作成アルゴリズムと作成支援システムの構築が必要である。

また、我が国の医療・介護の分野において、その質を守るために、オペレーションズ・リサーチ、最適化（モデリングとアルゴリズム）の視点を導入することにより、その有効性を現場に体感してもらうことも、この研究の目的の1つとした。

3. 研究の方法

■訪問介護スタッフスケジューリング支援システムの構築

(1) 訪問介護スタッフスケジューリングにおいて、1日分のスケジュールを作成する部分と1月分のスケジュールを作成する部分の

関係を意識したアルゴリズムを構築する。

(2) スタッフにとって重要な給料に関わる条件（勤務時間量の上限と下限）を考慮できるアルゴリズムを設計・構築する。

(3) その他、スタッフの勤務の質（時間制約だけではなく負荷の公平性）も考慮できるアルゴリズムを検討する。

(4) スケジューリングにおいて、解が得られなかった場合の対応について検討する。

(5) 以上を実現する訪問介護スタッフスケジューリング支援システムを構築し、このシステムを使った勤務表作成作業を観察、分析することにより、人間にとっての（人間の作業や思考をも含む）最適化を探る。

◇研究の進め方としては、訪問介護ヘルプステーションを複数持つ至誠学舎立川至誠ホームの担当者と月1回の定期ミーティングを続け、実際に、勤務表を作成しながら議論した。

■ナース・スケジューリング支援システムの研究

(1) 解が得られなかった場合に緩和する拘束条件を提案できる仕組みを具体化し、さらに、それを評価関数に組み込めるかを検討する。

(2) 同じく、解が得られない状況について、拘束条件との関係を分析する。

(3) 上記結果を、条件変更（緩和）のための有効な情報として勤務表作成者やアルゴリズムに提供できる仕組みを考える。

(4) 上記の作業を効率よく行うために、高速なアルゴリズム、精度の高いアルゴリズムについて検討する。

◇研究の進め方としては、現場のデータが必要であると同時に解の評価も必要であることから、病院担当者との打合せを行った。

また、訪問介護スタッフスケジューリング支援システムの構築、ナース・スケジューリング支援システムの研究の両方において、多くのデータ整理、現場調査、プログラム作成、

計算実験が必要だったため、研究補助者（学生等）とプロジェクトを組んで研究を進めた。

さらに、国内外の関連研究者との共同研究の場を積極的に設け、本研究の成果と組み合わせることも行った。

4. 研究成果

本研究の成果は主に以下の3つである。

(1) 訪問介護勤務表作成支援システムのプロトタイプ（図1～3）をMicrosoft Excelベースで構築した。

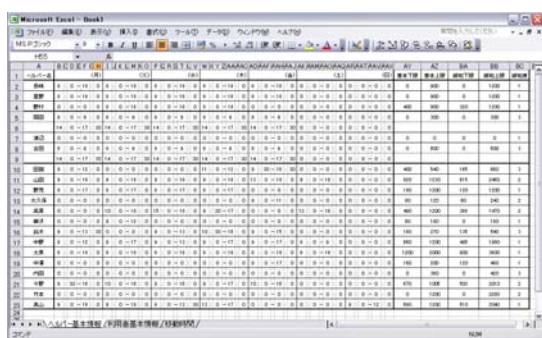


図1. ヘルパー基本情報登録画面

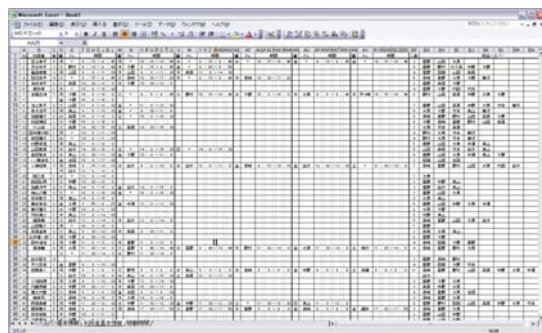


図2. 利用者基本情報画面

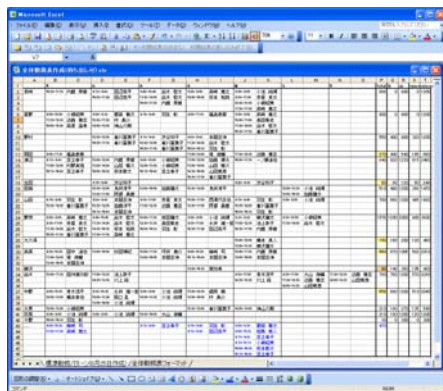


図3. 作成された勤務表（1シート1週分）

このプロトタイプシステムで、毎月の勤務表作成を繰り返すことにより、人間にとって、作業や思考を支援できる最適化システムの要件を整理した。また、このプロトタイプシステムを基に、国立情報学研究所の共同研究の内容とあわせ、web版スケジューリング支援システムを構築したので、近日、公開する。

(2) ナーススケジューリングを、混合整数計画問題、充足判定性問題として扱うことにより、最適解が知られていなかった問題セットに対しても厳密解を得ることに成功した。

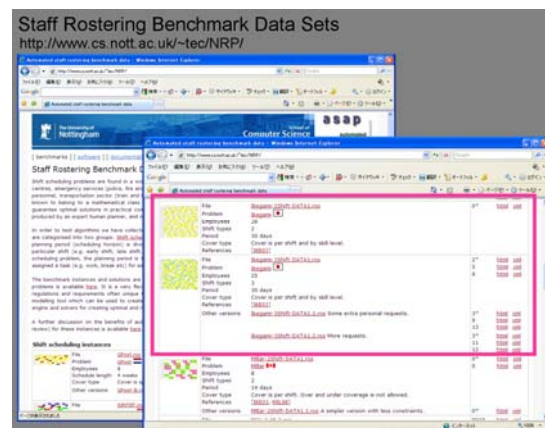


図4. Staff Rostering Benchmark Data Sets（ベンチマークサイト）と更新結果（赤枠）
<http://www.cs.nott.ac.uk/~tec/NRP/>

池上が2003年に発表した論文（A. Ikegami, A. Niwa: A Subproblem-centric Model and Approach to the Nurse Scheduling Problem, Mathematical Programming, Vol.97, No.3, pp.517-541, 2003.）の問題には、最適解が知られないものとして、ベンチマークサイトに登録されていたものがあった。

これらの1つは最良解が2009年に更新されたものの、ilog社（現在IBM社）cplex等の汎用ソフトを長時間利用しても解けないことが知られていた。しかし、最新版のcplex（当時、バージョン11）を利用することにより、最適解を得てベンチマークサイトの記録

を更新することができた (図 4 参照) ばかりでなく、これらを充足可能性判定問題として扱うことにより、高速に最適解を得ることに成功した。

(3) スタッフスケジューリングに対し動的計画の考えを適用し、人間の意思決定を支援する情報提供の方法の可能性を示した。

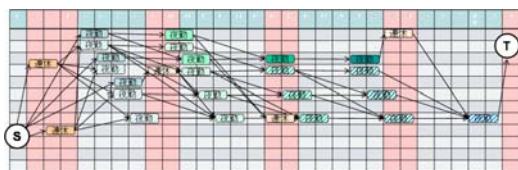


図 5. 夜勤実行可能解空間ネットワーク

図 5 は、2 交替制ナーススケジューリングの 1 ナースの夜勤における実行可能空間を表すネットワークを示している (1 ヶ月分、横軸は日付)。前月末スケジュールや休み希望やセミナー参加等を満たし、適正な間隔を保った夜勤 5 回と土日連休に当たる連休を 1 回確保したものである (説明のため、少し小さめのネットワークを示した)。

1 ナースにとってのスケジュールは、夜勤だけに絞っても、数千パターンから数万パターン存在し、それらをすべて列挙してもそれらにどんな特徴があるのか把握するのは難しい。また、どんな制約 (例えば、ある日の休み希望) が解空間を狭めているかも把握しにくい。ここに示したネットワークは、個々のナースにとっての空間を一瞬で (夜勤に入れる対象日や、ネットワーク自体の大きさを) 把握できるばかりでなく、それぞれの休みや夜勤の意味合い (例えば、他のナースのスケジュールと併せて判断し、夜勤に設定すべき、休みにすべきでない等) を数値化し、動的計画法を適用して、その状況における最適スケジュールを高速に求めることを可能にする。

解空間をネットワーク構造に表現することは、3 交替勤務ナーススケジューリングについても行った。これまで 1 人のナースの実行可能スケジュールがどのぐらい存在するのかわからなかった状況に対し、全ての実行可能スケジュールをネットワークに表現することに成功した。

また、本研究では、それぞれのスタッフの条件 (休み希望等) が誰に影響を及ぼしやすいのかといった、影響度合いをネットワークに表現し、スタッフ間の条件の兼ね合いを直観的に判断できるような情報も整えた。

訪問介護スタッフスケジューリング、ナーススケジューリングの両研究において、ネットワーク表現、動的計画法、経路探索といった研究を進めたこともあり、経路探索についての共同研究者である日本信号株式会社と共に、経由点を意識した経路探索について特許を出願した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 1 件)

池上敦子：ナース・スケジューリング，オペレーションズ・リサーチ，査読無 Vol. 54, No. 7, pp. 401-407, 2009. 7

〔学会発表〕 (計 1 4 件)

①秋田博紀，池上敦子：3 交替制ナース・スケジューリングにおける動的計画法の利用，経営工学会春季大会，pp. 22-23, 2010. 5. 15, 日本大学

②村野真悟，足立幸子，池上敦子：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，経営工学会春季大会，pp. 24-25, 2010. 5. 15, 日本大学

③池上敦子：サービス分野における工学的手法の成功事例，経済産業省「産業技術人材育成支援事業」(サービス工学人材分野)，2010.

4. 20, 筑波大学

④池上敦子：看護師勤務表作成，筑波大学サービ科学シンポジウム，2010. 2. 5，日本教育会館

⑤乾伸雄，池上敦子：SAT を用いたナーススケジューリング問題の厳密解法の評価，日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会，pp. 120-121，2010. 3. 4，首都大学東京

⑥足立幸子，渋谷知子，福島恵実，池上敦子：訪問介護勤務表作成支援システム構築のための基礎調査，人間工学会関東支部第 39 回大会，pp. 76-77，2009. 12. 5，武蔵野大学

⑦足立幸子，村野真吾，池上敦子，宇野毅明：訪問介護勤務表作成を支援する Web-based システムの構築，スケジューリング・シンポジウム，pp. 157-161，2009. 9. 17，岡山大学

⑧新妻真輔，池上敦子，乾伸雄，野々部宏司，品野勇治：ナーススケジューリング問題に対する分枝価格法の適用，スケジューリング・シンポジウム，pp. 151-156，2009. 9. 17，岡山大学

⑨野々部宏司，池上敦子：ナーススケジューリング問題における解の評価方法について，スケジューリング・シンポジウム，pp. 163-167，2009. 9. 17，岡山大学

⑩田辺隆人，岩永二郎，多田明功，池上敦子：「納得」を生み出すスケジューリングアルゴリズムとソフトウェア制約充足を超えて：実行可能領域の直観的把握，スケジューリング・シンポジウム，pp. 169-173，2009. 9. 17，岡山大学

⑪足立幸子，渋谷知子，福島恵実，池上敦子：訪問介護勤務表作成支援システムの開発，経営工学会春季大会，pp. 6-7，2009. 5. 16，城西大学

⑫池上敦子，足立幸子，渋谷知子，福島恵実：訪問介護勤務表作成支援システムとスケジューリングアルゴリズム，統計数理研究所研

究集会「最適化：モデリングとアルゴリズム」，2009. 3. 25，統計数理研究所

⑬池上敦子，足立幸子，渋谷知子，福島恵実：訪問介護勤務表作成支援システムの構築，日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会，pp. 162-163，2009. 3. 18，筑波大学
⑭新妻真輔，池上敦子，品野勇治：列生成法を用いたナーススケジューリング問題の解法，情報処理学会研究報告 2009-MPS-73，pp. 221-224，2009. 3. 6，沖縄県恩納村 OIST

〔産業財産権〕

○出願状況（計 1 件）

名称：経路最小コスト経路探索装置及び経路最小コスト経路探索方法

発明者：森田隼史，池上敦子

権利者：日本信号株式会社，学校法人成蹊学園

種類：特許

番号：特願 2009-234275

出願年月日：2009 年 10 月 8 日

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

Staff Rostering Benchmark Data Sets：

<http://www.cs.nott.ac.uk/~tec/NRP/>

Nurse Scheduling / Rostering Data Sets：

<http://cleo.ci.seikei.ac.jp/~atsuko/DATA/data.html>

web 版 訪問介護勤務スケジュール作成(仮)：

<http://sch.uno.nii.ac.jp/kaigo/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池上 敦子 (IKEGAMI ATSUKO)

成蹊大学・理工学部・情報科学科・教授

研究者番号：90146936

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし