

病院での看護業務処理手順の解析と支援

Analysis and Support of Inpatient Nursing

太田 順^{1*} 承 敏鋼¹ 武部 芳弘¹ 金井 Pak 雅子² 桑原 教彰³

小作 浩美⁴ 小暮 潔⁵

Jun Ota¹, Mingang Cheng¹, Yoshihiro Takebe¹, Masako Kanai-Pak², Noriaki Kuwahara³,

Hiromi Itoh Ozaku⁴ and Kiyoshi Kogure⁵

¹ 東京大学

¹The University of Tokyo

² 東京有明医療大学

²Tokyo Ariake University of Medical and Health Sciences

³ 京都工芸繊維大学

³Kyoto Institute of Technology

⁴ 情報通信研究機構

⁴National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

⁵ 金沢工業大学

⁵Kanazawa Institute of Technology

Abstract: Inpatient nursing is regarded as one of the most challenging professions in Japan. Therefore, an effective nursing induction system for high quality cares is necessary. We analyze nurses' action rules on their provision of nursing cares, and a new supporting system is proposed for the nursing task. Through the experiments in simulated nursing conditions, the system is verified to be highly applicable to nurses' working environments.

1. 序論

病院における看護師の日常業務では一日 24 時間、高機能なサービスを提供し続ける必要がある。その具体的な内容は手術準備、患者のケア等々多様な種類のものが含まれておりかつ業務遂行量は非常に多い。看護師の業務遂行レベルの向上は、そこに居る患者へのケアクオリティを向上させ、早期治癒、早期退院へと結びつく。ここでは、看護師の業務処理手順について、そのエンジニアリング的支援を目指す。最終目標として、看護師の行動をオンラインで計測し、その情報と看護師に与えられている業務内容とを照らし合わせて、適切な行動手順を看護師にオンラインで教えるシステム構築を指向する。看護師の業務内容と現在の業務遂行状況から業務処理手

順を生成するという意味で、従来多く行われているスケジューリング手法を適用することが可能である。

人間のスキルには大別して二種類存在すると考えられる。一つは高度な熟練技術を必要とし比較的短い時間で終了する動作遂行時のスキルである。例えば、点滴等の高度な技術を必要とする医療行為等がこのスキルに含まれる。もう一つは、前者のような作業が多数存在する場合の、遂行手順（これを「段取りづけ」と呼ぶ）に関するスキルである。これは、比較的長い時間に渡るスキルであり、看護師の業務処理手順のように「多くのシーケンスを持つ多様な種類の作業を同一時間内に並行して行なう業務」遂行時に不可欠なものである。ここでは後者を扱う。

本報告では、第2章で看護師の業務遂行過程の解析結果について論じる。第3章でその支援方策についての提案と実験結果について述べる。

2. 看護師の業務遂行手順の解析^[1]

病院において、看護師は、複数個の業務指示（ワ

*連絡先：東京大学人工物工学研究センター

〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

E-mail: ota@race.u-tokyo.ac.jp

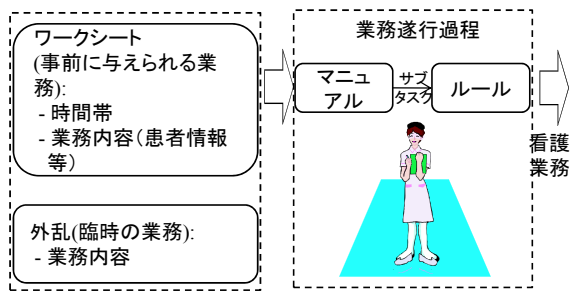


図 1: 看護過程のモデル

ークシート) が与えられた際に、看護師自身が保持している各業務の詳細な遂行手順に関する看護マニュアル情報と、自身が有する遂行手順に関する暗黙のルール (スケジューリングアルゴリズム) に基づいて、その実行順序を決定していると考えられる。ワークシートでは、30 分～1 時間程度の時間帯において行うべき業務内容が記載されている。その概要を Fig.1 に示す。ここでは、看護師が遂行している暗黙の業務遂行ルールの同定を目指す。看護師の業務遂行のスケジューリングの観点から一般的傾向を抽出する手法を提案する。この手法では、看護業務をアクティビティ、タスク、サブタスクの 3 階層で記述し、アクティビティを準備タスク、実行タスク、後片づけタスクに分割した。そして、観測データから看護師のスケジューリング特性という一般的傾向を抽出する。ここで、スケジューリング特性は少数のパラメータで構成される。以下に、その詳細を説明する。

まず、看護師の業務に関する観測データを一般的看護業務に対して以下のような現実的な制約を導入した。

1. タスク開始時刻制約とタスク終了時刻制約：ある業務に含まれる実行タスクは、ワークシートに記載された作業時間帯すなわち最早タスク開始時刻と最遅タスク終了時刻の間に実行しなければならない。
2. 同一業務内のタスク間順序制約：同じ看護業務に含まれる、自身に先行するタスク (例えば実行タスクに対しては準備タスクが相当) が終了するまでまたは終了後一定時間経過後でない、当該タスクを開始できない。
3. 容量制約：看護師が同時に遂行できる業務量に限界がある。多くの場合、看護師は一度に一つの業務しか遂行できない。

次に、各看護業務の所要時間には、準備に要する時間、実施に要する時間、そして後片付けに要する時間からなり、予測される所要時間を観測データから得られる実際の時間 (平均値) pt_{ij} (i 番目

の看護業務の j 番目のタスクの所要時間) を用いて以下のように定めた。

$$PT_i = \alpha \sum_{j \in J_{P_i}} pt_{ij}, \quad \alpha: \text{準備タスク安全係数}$$

$$ET_i = \beta \sum_{j \in J_{E_i}} pt_{ij}, \quad \beta: \text{実行タスク安全係数}$$

PT_i は i 番目の看護業務の各タスクにおける準備に必要と予測される時間であり、 ET_i はその看護業務の各タスクの実施に必要と予測される時間である。 J_{P_i} は i 番目の看護業務中の準備タスクの集合を、 J_{E_i} は i 番目の看護業務中の実行タスクの集合を、それぞれ表す。これらの値は各タスクに対する実際の観測データから得られる時間 (平均値) に、それぞれ α , β の係数をかけたものとした。ここで α とはスケジューリング時に準備タスク遂行に要する時間を見積もる安全係数、 β は実行タスク遂行に要する時間を見積もる安全係数を意味する。そして上記のモデルを用いて、一般的なスケジューリングアルゴリズムの幾つかを用いて看護業務のスケジューリングを実施してその結果を実際の観測データと比較した。比較のための尺度 (相違度) として、以下に示す、観測データとスケジュール結果の時間の違いの総和を用いた。

$$D = \sum_i \sum_j d_{ij} = \sum_i \sum_j (|st_{ij} - st_{ij0}| + |et_{ij} - et_{ij0}|) / 2$$

$$et_{ij} = st_{ij} + pt_{ij}$$

ここで、 st_{ij} , et_{ij} はそれぞれスケジューリングアルゴリズムによって得られた i 番目の業務の j 番目のタスクの開始時刻、終了時刻を表す。また、 st_{ij0} , et_{ij0} はそれぞれ実際の、 i 番目の業務の j 番目のタスクの開始時刻、終了時刻を表す。 pt_{ij} は i 番目の業務の j 番目のタスクの実際の遂行時間を表す。結果として D はスケジューリングアルゴリズムと実際の各タスク開始時刻、終了時刻の総和を表す。

6 人の看護師 (5 年経験者が 2 名、4 年経験者が 1 名、2 年経験者が 2 名、1 年経験者が 1 名) の午前中 2 時間の業務過程計 9 つを解析した。実際の業務遂行過程と、既存のいくつかのディスパッチングルールベースでのスケジューリング結果とを比較し、その差異を調べることで、どのディスパッチングルールがより適切に看護師の業務遂行手順を表現できるかを検証した。

比較のための尺度 (相違時間) として、以下に示す、観測データとスケジュール結果の時間の違いの総和を用いた。

$$D = \sum_i \sum_j d_{ij} = \sum_i \sum_j (|st_{ij} - st_{ij0}| + |et_{ij} - et_{ij0}|) / 2$$

この問題において看護師が使用可能な情報の種類

表 1: ディスパッチングルールの分類

項目		作業の開始, 完了時刻制約 [最早開始時刻, 最遅終了時刻]	
		最早開始時刻のみ	最早開始時刻と最遅終了時刻
作業実行時間	No	FCFS	EDD
	Yes	実行タスク	MPT
		準備タスクと実行タスク	extended MPT
	Yes	SLACK	extended SLACK

Yes: 作業実行時間を考慮する
No: 作業実行時間を考慮しない

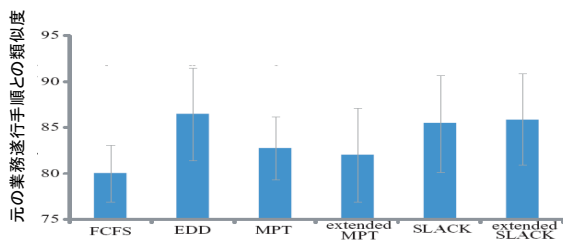


図 2: 看護師の業務遂行手順とディスパッチングルールにより得られた業務遂行手順の比較

として, (a) 作業実行時間情報 (各作業の開始から完了までに要する時間), (b) 各タスクの最早開始時刻制約, 最遅完了時刻制約情報を考慮した. 上記の情報の使用・不使用に基づき, 代表的なディスパッチングルール 6 種類 (FCFS, EDD, MPT, SLACK, extended MPT, extended SLACK) を抽出した. その分類結果を表 1 に示す.

既存のスケジューリングアルゴリズムを六種類抽出・実装し, 実際の看護師の遂行手順と, 実装されたアルゴリズムによって得られた結果とを比較した. 準備タスクについては作業実行時間を重視し, 実行タスクについては, 最遅終了時刻を考慮した EDD (The earliest due deadline), SLACK, extended SLACK ディスパッチングルールが看護師の行動手順生成に類似していることを示した (図 2) [1]. 被験者の経験年数と EDD で最も良い値をとる準備タスク安全係数 α との対応をとると, 負の相関をとっていることがわかった (図 3 参照). このことより, 看護師は, 経験が浅いうちは作業実行時間見積時の余裕量のとり方が大きい, 経験に応じてその値が小さくなっていく, ということがわかった.

3. 看護師の業務遂行手順の支援

前章で述べたように, 当該問題は看護師スケジューリング問題として定式化可能であるため, 看護師の業務計測結果により外部スケジューラを実時間で

駆動し, 次に看護師が行うべき業務内容を看護師に伝える支援システムを考える. このシステムの構築により, 特に業務遂行手順形成に問題のある経験の浅い看護師への業務遂行手順の支援になることを期待している. スケジューリングアルゴリズムとして, 著者らが開発した SA (Simulated Annealing) ベースの自動スケジューラ [2] を採用した. なお, 看護師の業務内容の自動計測と自動業務指示が困難であるため, ここでは第三者による目視による計測と口頭での指示を行った (図 4 参照) [3].

看護業務のモデル作業環境として下記の環境を想定した (図 4 参照).

- ・40床程度の消化器病棟
- ・チームは3名の看護師と1名の助手から構成されている. そのうちの看護師1名を担当.
- ・17:10~17:50の, 夕食前の多忙な時間帯.

上記のモデル環境に対して2~3年目の看護師16名を対象に実験を行った. 業務内容はワークシートに書かれており, 一定間隔で臨時の仕事 (患者, 医者, 他の看護師からの要請) が入るようにした. 計2回実験を行い, 1回は看護師自身の判断により業務を遂行するもの, もう1回は提案する外部スケジューラの指示に従って業務を遂行するものとした. 各回においてワークシートは同一のものをを用いたが, 臨時

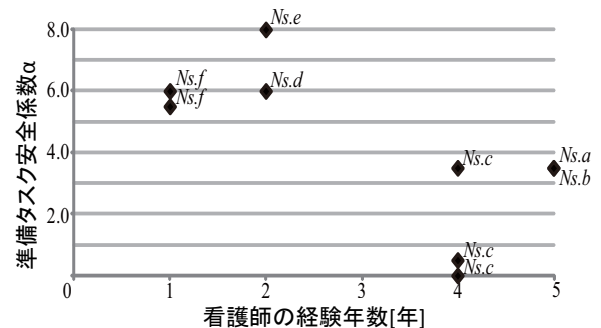


図 3: 看護師の経験年数と準備タスク安全係数の関係

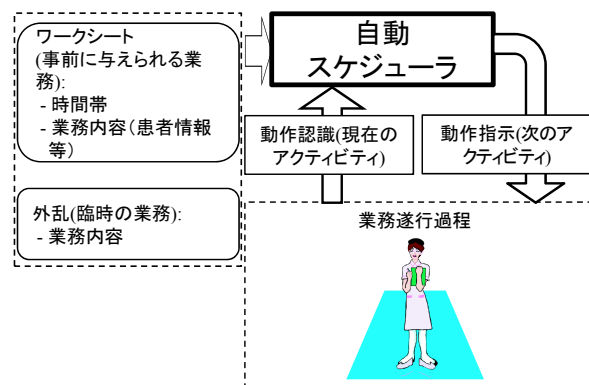


図 4: 看護師支援システム

業務においては異なったものを与えた。実験結果を図6に示す。前章と同様相違時間を評価指標としている。結果より、同様な作業を二度行うことによる順序効果の影響はあるものの、全体として支援ありの方が支援なしより良い結果が得られていることがわかる（相違時間について71%の減少）。各被験者の主観的評価としては、下記のようなものがあった。

- 多くの被験者が提案システムは現実のアプリケーションとして許容可能であるとの意見を述べた。業務中にスケジューリングをしたり終了後に業務内容を確認する必要がなく業務遂行に専念できるというのが主な理由であった。
- 何人かの被験者の中には「支援あり」より自身のやり方で仕事を進める「支援なし」の方がやりやすいという意見があった。支援ありの場合、あちこちへの移動を強制され、より多くの距離を移動している印象がある、との意見であった。ところが、実際には支援ありの場合の方が支援なしの場合より移動距離が短縮されているため、この感想は自身の意志に反して動作を外部から決められる状況に対する不満という主観

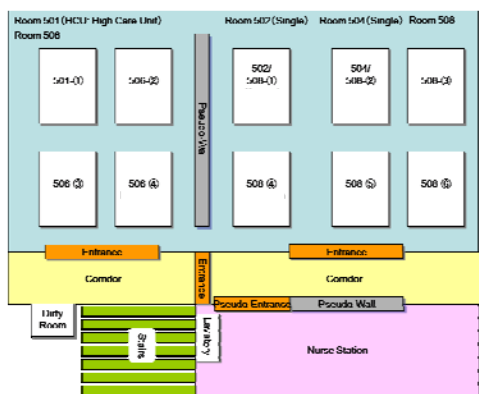


図 5: 実験環境

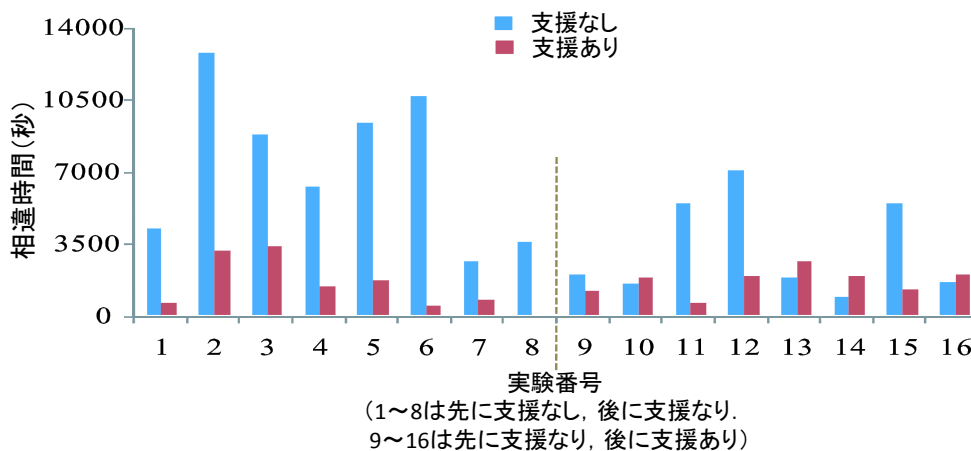


図 6: 支援ありと支援なしとの比較

的な要因によるものと考えられる。

結果として、外部からスケジューリング支援するシステムの有効性を示した。

4. 結論

看護師の業務遂行手順を解析し、EDD, SLACK, extended SLACK アルゴリズムが看護師の業務遂行過程と類似していることがわかった。また支援システムを構築し、有効性を明らかにした。今後は認識系の充実や看護師の教育システムへの展開等を考えている。

謝辞

本研究はATR知識科学研究所において実施された。研究の一部は情報通信機構の支援を受けた。

参考文献

- [1] Mingang Cheng, Hiromi Itoh Ozaku, Noriaki Kuwahara, Kiyoshi Kogure and Jun Ota: Dynamic Scheduling in Inpatient Nursing, *International Journal of Automation Technology*, Vol. 3, No. 2, pp. 174-184 (2009)
- [2] Mingang Cheng, Hiromi Itoh Ozaku, Noriaki Kuwahara, Kiyoshi Kogure and Jun Ota: Nursing Care Scheduling Problem: Analysis of Inpatient Nursing, *The Society of Instrument and Control Engineers Transaction on Industrial Application* (計測自動制御学会産業論文集), Vol. 8, No. 7, pp. 54-67 (2009)
- [3] Mingang Cheng, Masako Kanai-Pak, Noriaki Kuwahara, Hiromi Itoh Ozaku, Kiyoshi Kogure and Jun Ota: Dynamic Scheduling-based Inpatient Nursing Support – Applicability Evaluation by Laboratory Experiments-, *International Journal of Autonomous and Adaptive Communications System*, (2010), to appear