OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	看護業務量推計の方法論の検討 : タイムスタディデータをもとに
Author(s)	中條, 豊恵
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/763
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

看護業務量推計の方法論の検討
～タイムスタディデータをもとに～

指導教官　　大野ゆう子　教　授

大阪大学大学院
医学系研究科保健学専攻

石　井　豊　恵

2005 年 3 月

論　文　内　容　の　要　旨

〔　題　　名　〕　看護業務量推計の方法論の検討
～タイムスタディデータをもとに～

学位申請者　　石井　豊恵

【目的】

看護業務は多忙であることが知られており、煩雑な状況の中で患者の医療需要、安全確保に対応した看護ケアの提供を実現するためには、必要看護業務時間の把握が急務である。さらに業務改善を目的とする場合には、長期的な業務量全体の把握も必要である。

本研究は、日勤勤務帯業務を対象に、タイムスタディ調査を基にした長期的看護業務量推計のための方法論の構築を目的とした。

【方法と結果】

１．病棟総業務時間算出の方法

病棟における実際の総看護業務時間を長期にわたって把握するのは困難である。そこで、短期のタイムスタディ調査により数人の看護師についてそれぞれの担当患者への業務時間を測定し、これに病院情報システムより得られる入院患者の看護度変化パタンを組み合わせることによって、病棟における業務別時間および総業務時間を把握する。

ある看護師の一勤務帯の業務は、(i)担当患者への業務、(ii)それ以外の患者への業務、(iii)病棟事務関連などその他の業務、および(iv)休憩からなるとする。これら4項目の業務時間割合は互いに関連をもちつつ変動する。１人の看護師の担当各患者の看護度がわかれば看護提供時間が計算でき（看護提供時間予測モデル）、これをその看護師の担当患者全員について合計することにより総看護提供時間が算出できる。さらにそれを基に各目的別業務時間（(ii)～(iv)）との相関関係を再現し、これらを推定する（目的別業務時間モデル）ことにより当該勤務帯日における総業務時間が得られるとした。したがって、当該勤務帯における病棟の入院患者全員の看護度が分かれば、看護師一人当たり、および、病棟総業務時間が推定できることになる。ここで、看護度は病院で一般的に用いられている患者の看護需要を示す指標であり、本研究では観察頻度指標（A：常時観察が必要、B：1～2時間ごとの観察が必要、C：継続した観察は特に必要としない）を用いた。

２．基礎資料および推計方法

2.1 タイムスタディによる業務量調査

1999年から2000年にかけ合計15日間、大学附属病院消化器系外科病棟にて他計式24時間連続タイムスタディ調査を実施した。看護師については3勤務帯延べ69人を対象とし、看護行為１件を１レコードとして合計約47,000レコードのデータを得た。

2.2 推計のための基礎データ

タイムスタディ調査に基づくデータ：病棟全体の看護需要量変化は総入院患者数および各患者の看護度の推移として求めた。その結果、1日平均病棟入院患者数は、平均44.2名（SD=2.3）であった。目的別業務時間については各々の平均、分散・共分散を求めた（目的別業務時間モデル）。担当患者への看護提供時間は平均約323分、その他の患者へは約92分、その他の業務時間は約104分、休憩時間は約49分であった。実働看護師数については平日の日勤帯の場合、平均8.6人であり、看護師1人当たりの担当患者数平均は5人、最大7人、最少3人であった。

病院情報システムデータに基づくデータ：当該病棟の一般的な患者看護度およびその推移情報として2000年度に入院した患者の入院期間中の看護度変化を病院情報システムより抽出し、281パタンを得た。

2.3 業務時間推定方法

2.3.1 担当患者への看護提供時間予測モデル

タイムスタディ調査より、受持ち関係が分かっている看護師と患者について、看護師の勤務帯、当該日当該勤務帯における患者看護度および看護提供時間を抽出し、担当患者への看護提供時間予測モデルを構築した。看護提供時間に適当な変換を施し、固定効果として勤務帯と看護度、変量効果として各患者を設定したMultilevel Analysis (Goldstein 2003)を行なった（計算にはソフトウェアMLwiN ver.1.1を用いた）。AIC最小化法によるモデル選択を行った結果、以下の予測モデルが最適モデルとして得られた。

$$\log[y_{ij}/(300-y_{ij})=\beta_j+1.653N_{ij}^{A}+0.704N_{ij}^{B}-0.312N_{ij}^{C}+2.695D_{ij}^{A}+1.945D_{ij}^{B}+1.207D_{ij}^{C}+1.814E_{ij}^{A}+4.044E_{ij}^{B}$$

$$\beta_{ij}=-3.834+u_j+e_{ij}\qquad [u_j]\sim N(0,0.674)\quad [e_{ij}]\sim N(0,0.794)$$

ここで、y_{ij}はj番目の患者のi番目の看護機会における看護提供時間、N、D、Eはそれぞれ夜勤帯、日勤帯、準夜勤帯の別、上付きのA、B、Cは看護度のA、B、Cを表わす。また、β_{ij}は切片、u_jは患者間のばらつき、e_{ij}は誤差項を示す。たとえば、同じ患者jでも、夜勤帯看護度Aの状態でうけた看護提供時間ならばN^Aのみ1となり他項は0、日勤帯看護度Aの状態でうけた看護提供時間の場合はD^Aが1で他項が0となる。

このモデルによれば、日勤で看護度Aの担当患者には約57分の看護提供を行なったことになり、さらに患者個人によるばらつきと誤差を加算したものが当該担当患者への看護提供時間となる。

2.3.2 モンテカルロシミュレーションによる総業務時間算出（MATLAB7.0を使用）

1) 入院患者シミュレーションおよび病棟の日勤帯担当患者への看護提供時間算出

１日の総入院患者数の分布に基づき、1日最大入院患者数をモンテカルロシミュレーションによりあらかじめ設定する。まず第1日目に、設定された人数分の患者入院後看護度パタンを281パタンの中からランダムに選び、以降の日において退院が発生するごとに当日の総患者数をあらかじめ設定した最大入院患者と比較し、少なければ入院させ、281パタンの中からランダムに看護度パタンを割り当てる。多い場合は入院させない。

最初の100日間は初日の一斉入院の影響を受けると考えられるため結果を棄て、101日目以降のデータについて看護提供時間予測モデルを用いて勤務帯ごとの担当患者への看護提供時間の総計を算出する。

2) 病棟の日勤帯総業務時間の算出

業務時間モデルにより目的別業務時間を乱数により発生させ、1)で求めた日勤帯担当患者への看護提供時間を基に当該病棟の１日勤帯総業務時間の算出を行った。

3) 長期的な病棟業務時間のシミュレーション

年間を通して平日と見做し、長期的な病棟業務時間のシミュレーションを行なった。実働看護師数8名～15名まで変化させ、1000日分のシミュレーションを行った結果、看護師数増加に伴い総業務時間が10時間を越える看護師が減少し、担当患者へのケア時間が充足されると、担当外患者へのケア時間、その他の業務時間を増やせる看護師が増加した。また休憩時間を60分近く確保できる看護師が増加した。

【総括】

本研究では、短期調査期間で得られたタイムスタディデータおよび患者状態情報を元に看護提供時間の定式化、業務を規定する要因の定量化を行った。更に入院患者の入院期間・看護度情報を併せてシミュレーションアルゴリズムを構築することにより、長期的な業務見通しを得るための方法論を構築し、目的別業務時間の推定を可能にした。土日や年末・正月など週・季節・年間変動は考慮していないなど限界はあるが、これら一連の分析方法は当該病棟業務管理の基盤的方法論になると考えられる。

Goldstein, H. (2003). *Multilevel Statistical Models*. 3rd ed. London. Edward Arnold.

1. 背景と目的 4
2. 方法 5
2.1. 擬似環境作成の方針設定 5
2.2. 短期調査および長期蓄積情報に基づいた擬似環境に必要な基礎データの算出 6
2.2.1. 短期調査 6
2.2.2. 長期蓄積情報調査 9
2.3. 基礎データ 9
2.3.1. 病棟環境 9
2.3.2. 目的別業務時間 9
2.4. 病棟擬似環境の構築 11
2.5. 病棟擬似環境における試行実験 11
3. 結果 11
3.1. 担当患者業務時間推定モデルの構築 11
3.1.1. Multilevel Analysis 11
3.1.2. 最適モデル 12
3.2. 一人の看護師の担当患者数、ケア時間の推定 15
3.2.1. BEDマトリックス 15
3.2.2. 入院患者数の決定 15
3.2.3. 入院患者の決定 16
3.2.4. 各患者のケア時間の算出 17
3.2.5. 看護師への患者の割り当てと担当患者業務時間の総計 19
3.3. 目的別業務時間の推定 20
3.3.1. ロジスティック変換 20
3.3.2. 共分散を用いた目的別業務時間のシミュレート 22
3.4. 病棟擬似環境による試行実験 25
3.4.1. 看護度別患者数の推移 25
3.4.2. 看護度別にみた担当患者への業務時間 26
3.4.3. 病棟全体の目的別業務時間の推移 27
3.4.4. 目的別業務時間の変化 28
4. 考察 36
4.1. 看護度別患者数の推移 36
4.2. 看護度別にみた担当患者への業務時間 36
4.3. 病棟全体の目的別業務時間の推移 36
4.4. 看護師 1 人当たりの勤務時間 37
4.5. 目的別業務時間の変化 37
5. 結論 38
6. 今後の課題 38
6.1. 看護度について 38

6.2. 患者状態情報収について 38
6.3. 入院患者数の統計値について 38
6.4. 外れ値の扱い 39
6.5. 季節性の配慮 39
6.6. 看護師の役割および熟練度について 39
6.7. 現実との対比 39
7. 今後の展望 40
7.1. 方法論の定番化 40
7.2. 他情報との併用 40
7.2.1. インシデント、アクシデントとの関連性 40
7.2.2. 患者の満足度 40
7.2.3. 疲労度 41
7.2.4. 看護度推移パタンとクリニカルパスのリンク 41
謝辞 42
参考文献 43

1. 背景と目的

患者の安全確保のあり方、患者の需要に見合ったケア提供のあり方を検討するという観点から、必要看護業務量の算定が急務であるとされている。看護業務は多忙であり、従来は多忙さがもたらす看護師への肉体的・精神的影響に関する諸問題、さらには後続する患者へのケア提供の安全性や質に関する諸問題が取り上げられてきた。しかし、多忙かどうかは主観に基づく判断の占める部分が多く多忙度の定義や評定尺度の構成が困難であること、また多忙さを実証するのみでは問題解決的意義が見いだせないことなどにより、看護業務量の算定こそが求められるようになってきている。必要看護業務量が算定できれば、それに見合う看護人員の配置や効率的な業務配分などの看護業務管理を実現することによって、患者ケアの安全確保や質の向上に向けた取り組みが期待できるからである[1) 2) 3)]。

看護業務管理を目的とする業務量把握に関する研究の代表的アプローチ法に、タイムスタディに基づく業務量調査がある[4)]。業務量算定のための手法としては、患者の状態に焦点を当てたもの[5)]、患者のアウトカムに焦点を当てたもの[6)]などがあるが、とりわけタイムスタディに基づく方法は、業務時間という量的に明確な結果が得られるという利点がある。タイムスタディはどのような業務行動に、どれだけの時間が費やされているのかを定量的に調査するものであり、費やされた業務時間について信頼性の高い結果が得られることから、看護関連の分野に限らず、医師やその他のコメディカルを含む臨床現場で広く用いられている[7) 8) 9)]。実施形式は様々であり[10) 11)]、本研究過程においてもタイムスタディを用いて、様々な視点から病棟看護業務の実態を明らかにしてきた。

しかしながら、タイムスタディデータの解析としては実態記述に終始しているものが多くを占め、必要看護業務量の算定や看護業務管理にまで繋げるための方法論はほとんど確立されていないのが現状である。その要因として以下の点が挙げられる。

1) 長期にわたるタイムスタディの実施が困難。
2) 病棟業務の全容を捉えにくい。
3) 考案された具体策を実際に試行錯誤する場がない。

まず 1)の点についていえば、たとえば最もデータの信頼性が高いとされる他計式タイムスタディ（2.2.1.1.にて後述）では、実際の調査の事前準備から結果解析に至るまでに費やすマンパワーやコスト、臨床現場への負担が大きいため、頻回に行うことが困難な上に、調査期間を短期に抑えざるを得ないということがある[12) 13)]。また 2)の点についていえば、適正人員配置などの看護業務管理には、業務が立て込んでる勤務の日もあればそうでない日もあるといった勤務状況のムラのように、頻回の調査や長期にわたる調査の裏づけに基づいた病棟業務の全容の把握が必要とされる。しかし上記した理由からタイムスタディは殆どの場合、短期調査期間であり、得られる結果は、その調査を行った期間内での解釈として限定されその結果、実態記述の域に留まることとなる[14) 15)]。

さらに 3)の点についていえば、病棟業務の全容を把握した上で、看護人員減少時、あるい

は受け入れ患者数増加時の業務時間変化などを考慮し、具体策を考案することが看護業務管理の次のステップとなるにもかかわらず、考案した具体策を現実の病棟環境で実際に試行することは危険を伴い、倫理上の問題を多分に含むため困難である。このことは、新たな業務管理法の検討が事実上不可能であることを意味しており、大きな障壁となる。

以上の阻害要因を配慮すると、タイムスタディに基づいた病棟業務管理のためには、以下のような方法論を確立することが有効であると考えられる。

- タイムスタディデータに基づく病棟業務時間推計
- 推計値を用いた計算機上での病棟擬似環境の作成
- 病棟擬似環境を用いた業務管理に関する具体策の試行実験

そこで本研究では、短期タイムスタディデータに基づいた、病棟業務時間の推計および業務時間に関する病棟擬似環境作成のための方法論の構築を目的とした。

2. 方法

手順は以下の通りである。

1）擬似環境作成の方針設定
2）短期調査および長期蓄積情報に基づいた擬似環境に必要な基礎データの算出
3）病棟擬似環境の作成手順構築
4）病棟擬似環境を用いた試行実験

2.1. 擬似環境作成の方針設定

まず、現実の病棟環境を真似るための考え方を整理するため、看護業務時間にどのような要因が関わるのかについての関連図を作成した（図 1）。ある看護師の一勤務帯の業務は、(i)担当患者への業務、(ii)それ以外の患者への業務、(iii)病棟事務関連などその他の業務、および(iv)休憩からなるとする。これら 4 項目の業務時間は互いに関連をもちつつ変動するが、特に‘担当患者への業務時間’が看護業務の中で優先度が高く、‘それ以外の患者への業務時間’、‘その他の業務時間’、‘休憩時間’に影響していると考えた。また、ある看護師が担当する患者数、およびその重症度が‘担当患者への業務時間’に影響しており、さらに、看護師が担当する患者の‘人数’や‘重症度’は、その時、病棟に入院している‘重症度別患者数’と患者ケアのために実働できる‘看護師数’の影響を受け、‘看護度別患者数’は、‘患者転帰’および‘入院患者数’の影響を受けているとした。

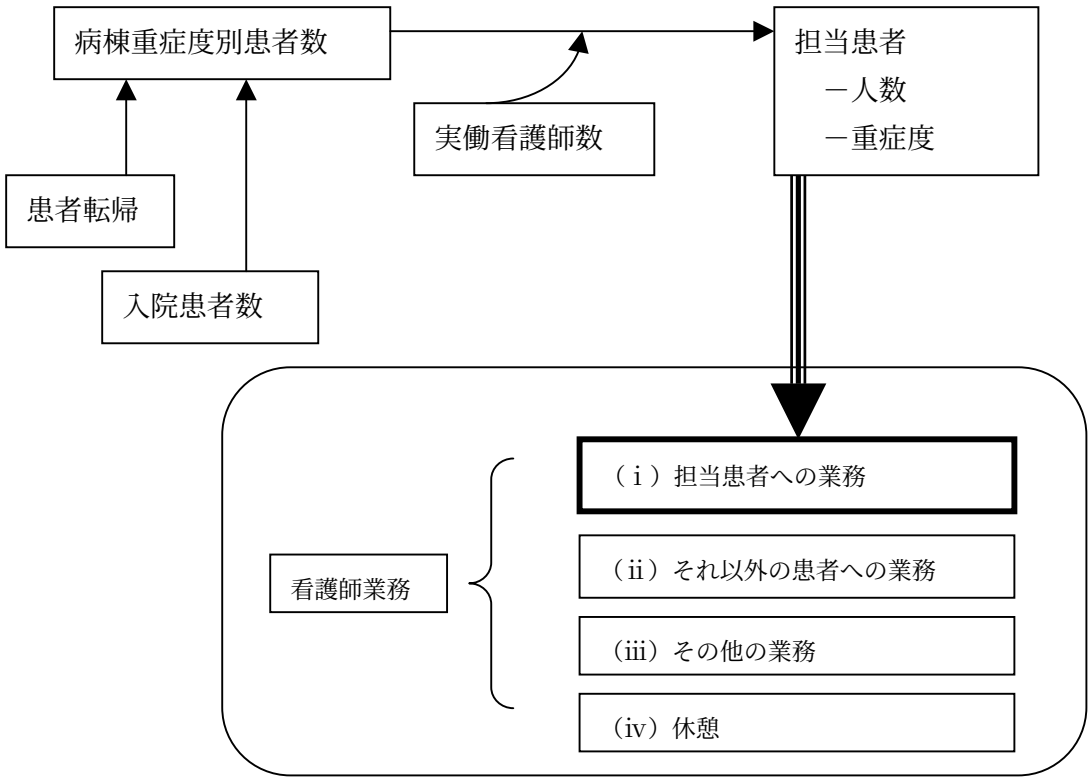


図 1. 看護師業務の構成要因

2.2. 短期調査および長期蓄積情報に基づいた擬似環境に必要な基礎データの算出

2.2.1. 短期調査

2.2.1.1. タイムスタディ

1999 年から 2000 年にかけ、合計 15 日間、大学附属病院消化器系外科病棟にて、24 時間連続他計式タイムスタディを実施した。タイムスタディには様々な形式があるが、本研究では対象とする病棟特性から、勤務している看護師自身が業務の合間に業務内容の記録を行うことに限界があると判断し、本形式を採用した[16)]。‘ 深夜 ’、‘ 日勤 ’、‘ 準夜 ’ の 3 勤務帯全てについて調査を行い、対象看護師数は延べ 69 名であった（表 1)。

当該病棟は満床 50 床で、病棟婦長を含む全看護師数は 23 名であり、平日の平均実働看護師数は 8.6 名であった。看護体制は病棟看護師が A、B、C の 3 グループに分かれる 3 モジュール制と共に、ある患者を入院から退院まで一貫して同一看護師が担当するプライマリーナーシング型式を取っていた（図 2)。プライマリーナースが非番の際には、同じグループの看護師が患者を担当する形態を取っており、タイムスタディ期間中の調査対象となる看護師とその担当患者の情報も併せて収集した。

表 1.　タイムスタディの期間と対象

	1999年	2000年
期間	7月5日～7月14日	8月28日～9月2日
日数	10日間	5日間
対象病棟	大学附属病院消化器系外科病棟	
対象看護師数	13名(延べ46名)	6名(延べ23名)

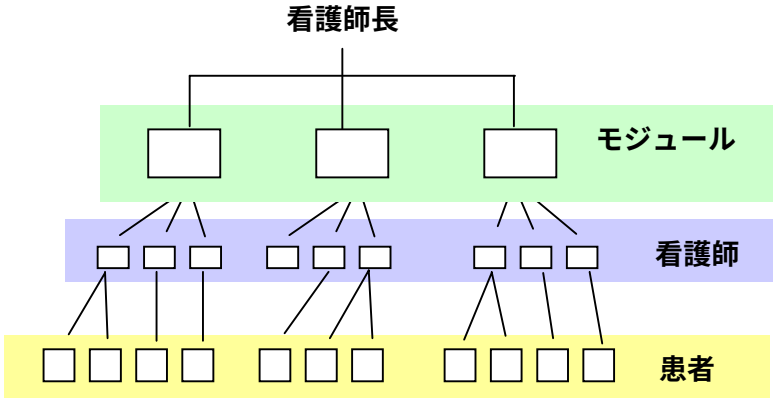


図 2.　モジュール体制とプライマリーナーシング型式

タイムスタディ終了後、記録した業務内容を独自に作成した業務分類に則りコーディングを行いデータベース化した。看護業務分類は保健師助産師看護師法をベースに作成したもので、最も大きな項目が‘療養上の看護’、‘診療支援看護’、‘その他の看護’、‘業務外’の 4 項目に分かれており、詳細分類まで含めると合計 92 項目になる[17)]（付録 1 参照)。1 業務行動単位の総レコード数は 46,775 件となった。

2.2.1.2. 患者状態情報

合計 15 日のタイムスタディ期間中、当該病棟に入院していた患者全員について、それぞれの患者状態情報を毎日収集し、記録した。患者状態情報とは、例えば一日にバイタルチェックが何回か、人工呼吸器を装着しているか、発熱や出血はあるかなどの入院患者の状況や容態を示す情報を指し、約 70 項目から構成されている。情報は日勤帯の 10 時に収集したもの

を基本としており、日勤帯中に手術や侵襲的処置を行い看護度が変更になった患者は逐次更新した。記録内容はデータベース化し、最終的に 1 患者 1 勤務帯単位の総レコード数は 2,015 件となった。

患者状態情報には熟練した看護師によって日々評価される看護度が含まれている。看護度は 1984 年に厚生労働省（旧厚生省）の看護体制検討会報告書が提示した「観察の程度」と「生活の自由度」の 2 側面から患者重症度を分類方法である[18) 19)]（表 2)。本研究過程において、当該病棟では患者の重症度を集約したものが看護度における‘観察の程度’とみなせることが示唆されおり[20)]、これを用いて解析を進めた。

タイムスタディデータと患者状態情報の 2 つのデータベースを、‘調査日’、‘勤務帯’、‘看護師 ID’、‘患者 ID’を元に統合し、どの看護師が何の業務をどういう状態の患者にどれだけの時間行ったか、が分かるデータセットを作成した。また、業務行動に対象患者を想定できるのは、看護業務分類コード 10101 から 301T1 までとした（付録 1 参照)。

尚、調査記録などに含まれている患者や看護師の氏名、その他関連者を特定できるような情報に関してはすべて暗号化し、情報の保護を行った後、解析に用いた。

表 2.　看護度

観察の程度	A	常時（ほとんどつききりで）観察を必要とする
	B	断続的（おおむね1～2時間ごとに）観察を必要とする
	C	継続した観察は特に必要ない
生活の自由度	Ⅰ	常に寝たまま
	Ⅱ	ベットで身体を起こせる
	Ⅲ	病室内で歩行が出来る
	Ⅳ	日常生活はほとんど不自由が無い

2.2.2. 長期蓄積情報調査

2.2.2.1. 患者転帰に関する情報

当該病棟に入院する患者のの全般的な看護度推移パタンを把握するため、タイムスタディ期間中に収集する患者状態情報とは別に、HIS (Hospital Information System)より 2000 年 1 月 1 日から 2000 年 12 月 31 日までの入院に関する、入院日 '、' 退院日 '、' 看護度更新日 '、' 看護度 ' 項目の情報を収集した。

看護度推移パタンとは、ある患者の転帰を示すもので、入院日数とその期間中の看護度の推移とした。看護度推移パタンは患者が罹患している疾患や受けた手術の術式、治療、患者の個人的な要因により様々である。例えば、患者 J さんが 3 日間の入院で、入院 1 日目の看護度がB、2 日目の看護度がC、3 日目の看護度が同じくCであった場合は ' BCC '、患者Sさんが 4 日間の入院で初めの 2 日が看護度A、残りの看護度がBであった場合には ' AABB ' の様になり、クリニカルパス[21) 22)] の流れにのったバリアンスのない患者でなければ、患者一人一人に固有の入院期間と看護度の推移のパタンがあるといっても過言ではない。

2.3. 基礎データ

擬似環境作成に必要な基礎データを、短期調査、および、長期蓄積情報調査から算出する。

2.3.1. 病棟環境

タイムスタディデータ、および、患者状態情報をもとに当該病棟の入院患者数に関して記述統計値を求めた結果、1 日の平均病棟入院患者数は 44.2 名、標準偏差（SD）は 2.3 名であった。また最多入院患者数は 49 名、最少入院患者数は 42 名であり、一人の看護師が担当する患者数は平均 4.9 名で、担当最多数は 7 名、最少数は 3 名であった。HIS 情報から収集したデータより、2000 年の当該病棟への入院に関する看護度推移パタンとして全 281 パタンが抽出された。

2.3.2. 目的別業務時間

日勤帯に関して、タイムスタディデータおよび患者状態情報を統合したデータセットから、' 担当患者への業務 '、' それ以外の患者への業務 '、' その他の業務 '、' 休憩 ' に費やした時間を 1 看護師ごとに算出した。その結果、最も多かったのは ' 担当患者のため ' の業務時間であり、ついで ' それ以外の患者のため '、' その他の業務 ' の時間がほぼ同じであった。また、平均休憩時間は法定の休憩時間 60 分を割っていた。（表 3）。

表 3.　目的別業務時間の記述統計量

	担当患者のため	それ以外の患者のため	その他の業務	休憩
平均時間(分)	323.0	92.5	104.6	49.0
SD	73.4	40.2	33.3	11.6
最大値	440.8	162.6	197.2	64.2
最小値	158.1	25.8	58.9	17.9

さらに、図 3 に示すとおり、‘ 担当患者への業務 ’ の時間と ‘ それ以外の患者への業務 ’ および ‘ その他の業務 ’ の時間には負の高い相関があり、‘ 休憩 ’ は他の業務項目との相関が低かった。なお、‘ それ以外の患者への業務 ’ と ‘ その他の業務 ’ については、一見、相関係数が 0.727 と大きいように見えるが、両者の偏相関係数は 0.019 であり、殆ど直接的な相関関係は認められず（付録 2 参照）、‘ 担当患者への業務 ’ が影響した見かけ上の相関関係であると判断できる。すなわち、一方が増えるともう一方が減るという関係ではなく、‘ 担当患者への業務 ’ が増えると、両者がともに減るという関係にあることを示している。

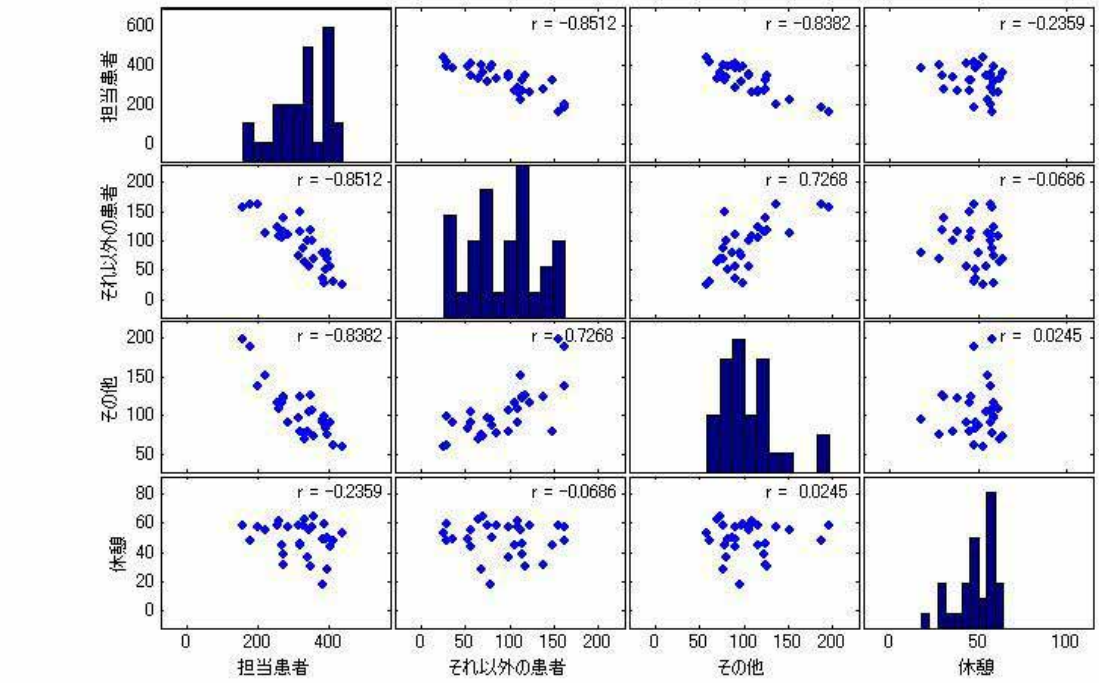


図 3.　目的別業務時間の相関

2.4. 病棟擬似環境の構築

先に 2.1.で設定した方針に従い、病棟の擬似環境を下記の手順に沿って作成していく。

① 担当患者業務時間推定モデルの構築
ある一人の担当患者に関して、どのような要因がケア時間に影響を及ぼすかについての推定モデルを構築する
② 1 看護師の担当患者数、ケア時間の算出
ある看護師の担当する患者を決定し、その看護師が担当患者のために費やす業務時間の合計を求める
③ 目的別業務時間の推計
②で合算された‘担当患者のため’の業務時間を基に、相関関係を持つ‘担当でない患者のため’、‘その他’、‘休憩’に費やす時間を推計する

2.5. 病棟擬似環境における試行実験

作成した擬似環境において、以下の項目について試行実験を行い、現実との乖離について検討する。

① 看護度別入院患者数の推移
② 目的別業務時間の推移
③ 看護師数増減による各業務時間への影響

3. 結果

3.1. 担当患者業務時間推定モデルの構築

担当患者業務時間推定モデルとは、ある看護師が担当する患者一人に費やすケア時間を従属変数とする回帰分析モデルである。擬似環境作成の方針設定において担当患者業務時間は患者の重症度に影響を受けることとしたことを踏まえ、独立変数として‘看護度’の要因を投入した。また、勤務する時間帯やその勤務帯で実働できる看護師数の変化も、患者へのケア時間に大きく影響していることを考慮し、‘勤務帯’の要因も併せて投入した。

タイムスタディデータと患者状態情報を統合したデータセットから、看護師と患者の受持ち関係が明らかになっているレコードを抽出したものを解析対象とした。抽出されたデータは、患者数で延べ 425 人分（延べ 57 名の看護師、57 勤務帯分）となった。

3.1.1. Multilevel Analysis

重回帰分析モデルは一般に、

$$(0.1)\ y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_p x_p + \varepsilon$$

のように、従属変数 y および数個の固定効果をもつ p 個の独立変数 $\{x_k\}$ と誤差項 ε で定式化

される。これに対し、Multilevel Analysis[23) 24)] は（0.1）における切片 β_0 および独立変数の係数 $\{\beta_k\}$ に関して、ある事象 j による変動効果を設定することで、 j が同じデータの内部相関を考慮してパラメータ（係数）を推定する方法である。

タイムスタディの調査期間が連続しているため、解析対象とする 425 人分のデータセットには異なる勤務帯に同一患者が含まれている。このことは、例えばその患者の体力や性格などのように規則性のある固定効果としては扱いにくいが、同一患者に依存して従属変数であるケア時間に影響を与える部分、つまりデータの内部相関があることを意味する。この内部相関を説明する変動効果を持つパラメータを推定するため、本研究では Multilevel Analysis を使用し、切片に対して‘ 患者 ’ごとのランダム性を設定した担当患者業務時間推定モデルを構築した。

3.1.2. 最適モデル

実際のケア時間をそのままの次元で回帰させたモデルよりも、従属変数に関してロジスティック変換を施したモデルが適切であると判断した。

その理由は、以下の通りである。

1）業務時間を説明する数学モデルであるため、推定された期待値 y が負の値になることは、時間の整合性を著しく欠くことになる。このため、従属変数となる時間値をマイナス値の出ない対数変換することが必要である。
2）後の病棟擬似環境作成にあたり、正規乱数を使用した‘ 担当患者のため ’の業務時間推定に、本モデルを用いる（3.2.4.にて後述）。本来のデータ値の分布（ここでは本来のケア時間の分布）が正規乱数を用いて再現されるためには、乱数値を発生させる時点で本来のデータを正規分布に近いデータ分布になるように変換する必要がある（3.3.1.にて詳細を記述）（図 4）。

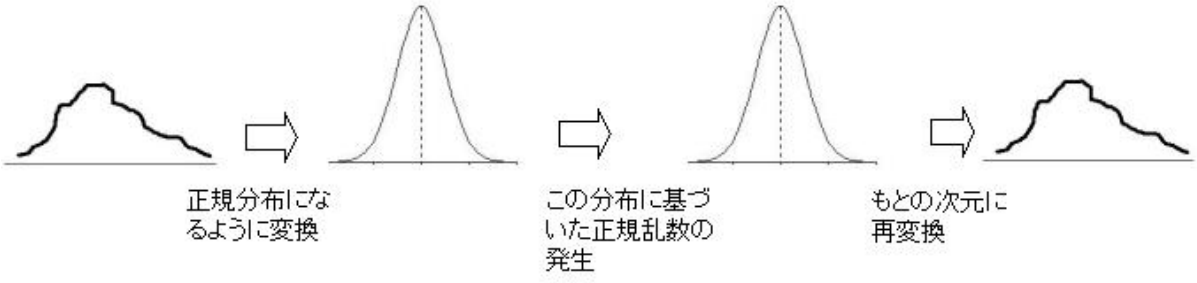


図 4.　正規乱数を用いて現実を再現するための変換

実質的な上・下限を与えるロジスティック変換のパラメータは、ロジスティック変換後の AIC（Akaike's Information Criterion）を最小にすることによって求めた。本解析に用いたデータセットには非常に小さい時間値も含まれており、下限値は 0 に固定した。上限値を a とした場合の AIC は以下のように算出される。

$$\text{(0.2)}\quad \mathrm{AIC}=n\log\hat{\sigma}^2-2n\log a+2\sum_{i=1}^{n}\log\{y_i(a-y_i)\}+2(p+1)$$

ここで $\hat{\sigma}^2$ は最尤推定量であり、y_i は個々の時間値、n はサンプル数、p は推定パラメータ数である。

AIC の値が小さいほど正規分布に近いことを意味し、モデル解析には MLwiN ver.1.1 を使用した。

最終的に得られた AIC を最少にする定数 a は 300 であり、変換方法は、

$$\text{(0.3)}\quad \log[y/(300-y)]$$

とした。その結果、図 5 にみるように、正規分布に近いデータ変換が可能となった。

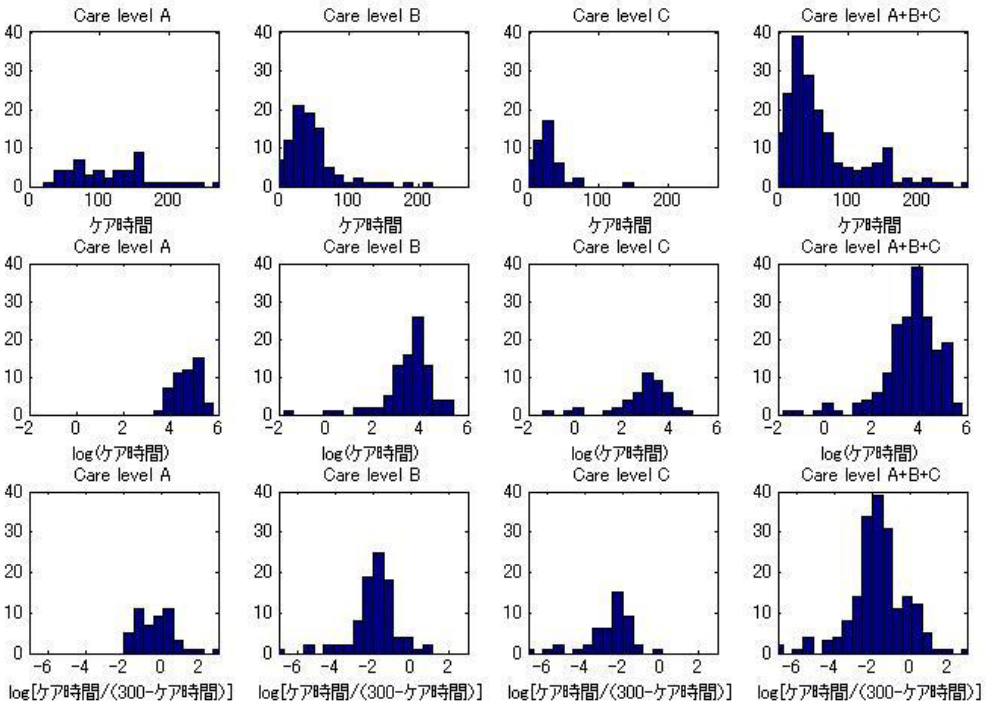


図 5. 各変換後のデータ分布

$$(0.4)\quad \log[y_{ij}/(300-y_{ij})] = \beta_{0ij} + \beta_{NA}N_{ij}^{A} + \beta_{NB}N_{ij}^{B} + \beta_{NC}N_{ij}^{C} + \beta_{DA}D_{ij}^{A} + \beta_{DB}D_{ij}^{B} + \beta_{DC}D_{ij}^{C} + \beta_{EA}E_{ij}^{A} + \beta_{EB}E_{ij}^{B}$$

$$\beta_{0ij} = \beta_0 + u_j + e_{ij}$$

$$u_j \sim N(0, 0.674)$$
$$e_{ij} \sim N(0, 0.794)$$

	coefficient	SE
β_0	−3.834	0.245
β_{NA}	1.653	0.296
β_{NB}	0.704	0.260
β_{NC}	−0.312	0.256
β_{DA}	2.695	0.289
β_{DB}	1.945	0.253
β_{DC}	1.207	0.245
β_{EA}	1.814	0.301
β_{EB}	1.044	0.266

独立変数の投入方法に関しては検討を重ねた結果、‘勤務帯’と‘看護度’を交絡させた、‘深夜で看護度A’などの3×3の項目数を用いたモデルが適切であることが分かった(式0.4)。本数式は患者一人あたりの担当看護師による看護時間の推定モデルであり、ここで、y_{ij}はj番目の患者のi番目の看護機会におけるケア時間、N, D, Eはそれぞれ‘深夜’、‘日勤’、‘準夜’の勤務帯を、さらに上付きのA, B, Cは看護度を示している。本モデルでは、ある独立変数が取る値は、例えば‘日勤帯の看護度Aである（1）’か‘そうでない（0）’かの2値であり、全体を見てみると、どこかの独立変数に‘である（1）’が立てばそれ以外の独立変数は必ず‘そうでない（0）’になるカテゴリカル変数群となっている。このため、‘準夜の看護度C’の独立変数は切片そのものとなっており、‘日勤帯の看護度Aである（1）’場合は、切片に‘日勤帯の看護度A’のパラメータを足したものが、‘日勤帯の看護度A’に規定されるケア時間となる。β_{0ij}は切片（準夜の看護度C）、uは患者によるばらつき、e_{ij}は誤差項（偶然のばらつき）となる。

このモデルの推定結果によると、‘ 日勤帯の看護度 A ’の患者であれば、切片－3.834 に‘ 日勤帯の看護度 A ’のパラメータ値 2.695 を足し、患者個人によるばらつきと誤差を加算したものが、この患者へのケア時間となり、逆ロジスティック変換で計算し、時間次元に戻すと約 72.8 分であることが分かる。同様に、‘ 日勤帯の看護度 B ’の場合約 39.4 分、‘ 日勤帯の看護度 C ’の場合約 20 分となる。

3.2. 一人の看護師の担当患者数、ケア時間の推定

次に、一人の看護師が担当する患者数の決定と、担当患者のために費やす時間の総計の推計を行う。ここからは、モンテカルロシミュレーションを用いたアルゴリズムの構築となる。

モンテカルロシミュレーションは偶然現象の経過についてシミュレーション（模擬実験）する場合に、乱数を用いた数値計算を行い問題の近似解を得る方法である。本研究では正規乱数を用い、これらのアルゴリズムは MATLAB7.0 を用いて作成した。尚、今回のシミュレーションは日勤帯を対象とした。

3.2.1. BED マトリックス

様々な患者の入退院により日々の状況を変えていく現実のベッド状況を再現するための手順を踏んでいく。

当該病棟は満床 50 床の病棟であるため、縦の行を病床数に見立て 50 行とし、横軸を時間軸（日数）に見立て長期的に見たい日にち列分（理由は後述するが、本研究では 1000 列）のシミュレーション用マトリックス（以下 BED マトリックスと称する）を作成した。BED マトリックスの一つ一つのセルは、1 つのベッドを意味する。

3.2.2. 入院患者数の決定

既に算出した平均病棟入院患者数とその標準偏差から日々の入院患者数をランダムに決定していくことにより、現実の病棟入院患者数の変化を再現する。例えば、図 6 の場合、7 日間の病棟入院患者数がランダムに割り振られており、塗りつぶされているセルは患者が入院していることを表している。

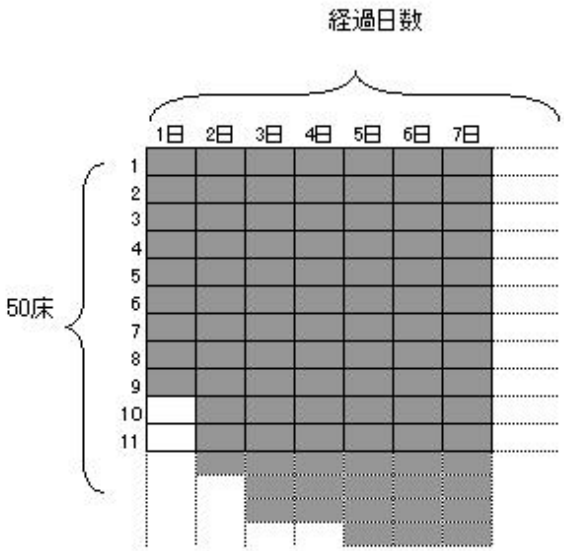


図 6.　入院患者数の決定

3.2.3. 入院患者の決定

毎日の入院患者数が決定されたところで、看護度推移パタンを入院患者数分割り付け、状態変化を持つ患者が入院する状況を真似る。割付は、2.3.1.で求められた、全 281 の患者の看護度推移パタンからランダムに選択して割り付ける。このとき、入院患者は推移パタンの示す入院日数分入院することになるので、行方向にパタンが挿入されることになる。例えば、図 7 で、パタン No.5 が選ばれ、1 日目の１つ目のベッドに割り付けられた場合、横方向に‘CCCBBBA’と１セルずつ挿入されることになる。シミュレーションの始まりは、入院患者が一切いない状態であり、割り付けられた入院患者数分、看護度推移パタンの割付が行われることになるが、入院する患者の看護度推移パタンはそれぞれ入院日数が異なるため、日数が経過していくにつれ、退院患者が出てくることになる。割り付けられた入院患者数より看護度推移パタンで割り付けられた 1 日の合計患者数が少なくなった場合につき、新たに看護度推移パタンからランダムに患者を割り付ける作業を行う。この時点で BED マトリックスは設定した日数分、入院している患者が看護度で表示されている状況となっている。

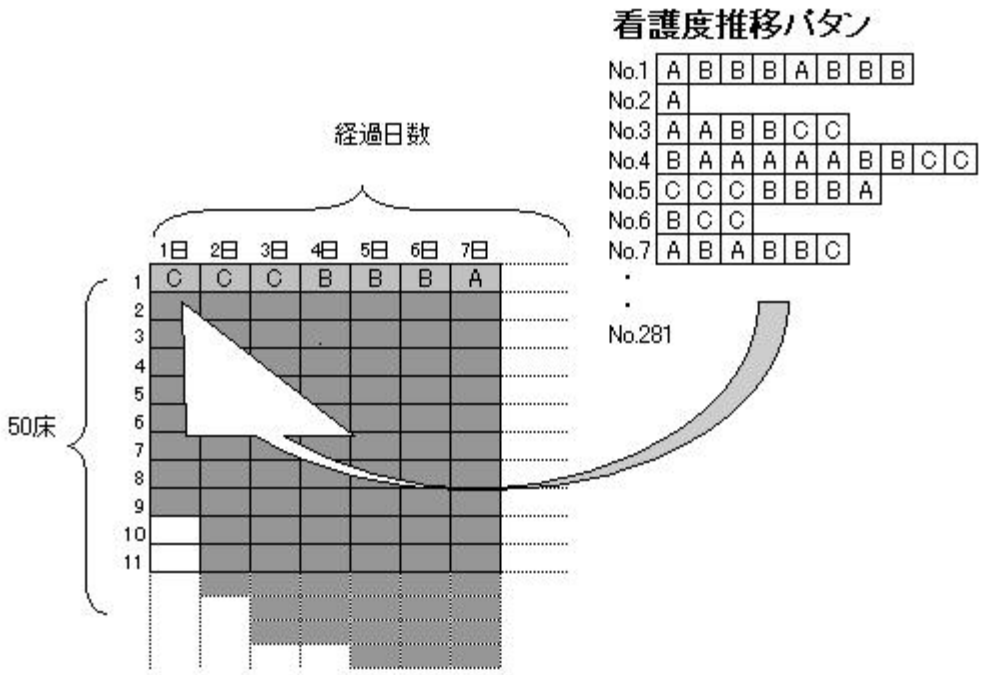


図 7. 看護度推移パタンの割付け

3.2.4. 各患者のケア時間の算出

この看護度を基に、先に構築した担当患者業務時間推定モデルを用いて必要とされるケア時間を算出する。(0.4) 式より、ケア時間は看護度に依存する部分のみならず、患者個人のばらつき、それ以外の偶然のばらつきの和によって求められるとしたが、後者 2 項は平均が 0 で、ある分散をもつ正規分布に従って変動する部分である。ケア時間の算出には、まず看護度に応じたケア時間の推定値を基本とし、次にその患者のすべての入院日数に共通の値として平均 0 で、ある推定された分散をもつ正規乱数を発生させて足し、さらに偶然のバラツキとして平均 0 で、ある別の推定された分散をもつ正規乱数を加えることとなる。

図 8 の右側は患者が入院した状況時の BED マトリックスの例であり、薄く塗りつぶされている、ある患者 j について、ケア時間算出の方法を示す。この患者は 3 日間の入院期間であり、入院 1 日目は看護度 B、2 日目は看護度 C、3 日目も看護度 C で退院していることになる。まず 1 日目のケア時間は、日勤で看護度 B の係数 ' −3.834+1.945 ' を有する。ついで平均 0、分散 0.674 の正規分布からランダムに生成した値 0.21 を患者 j の個人のばらつきとし、この日の看護ケアに偶然的に必要になる時間が平均 0、分散 0.794 の正規分布からランダムに生成された値 0.45 の合計−1.23 を有していることになる。これを先に行っていたロジスティック変換の逆変換を行い、時間次元で表記すると 68.1 分となる。次に 2 日目のケア時間は、日勤

で看護度 C の係数‘ －3.834+1.207 ’と患者 j ということに依存する変動効果が.021、この日の看護ケアに偶然的に必要になる時間 0.6 の合計－1.81 を有し、最終的に得られるケア時間は 42.1 分と計算される。患者 j ということに依存する変動効果は、当該患者の j が入院してから退院するまで同じ値であり、他のある患者 k には入院から退院まで k の値が割付けられることとなる。また、この日の看護ケアに偶然的に必要になる時間は日々どの患者に対しても偶然的に変化するものであり、毎日機会ごとにランダムに割付けられることとなる。従って 3 日目は、同じ患者 j の同じ看護度であるにも関わらず、最終的なケア時間は 2 日目とは異なるものとなっている。以上の作業により、図 9 のように、担当患者のためのケア時間が表記された BED マトリックスが作成される。

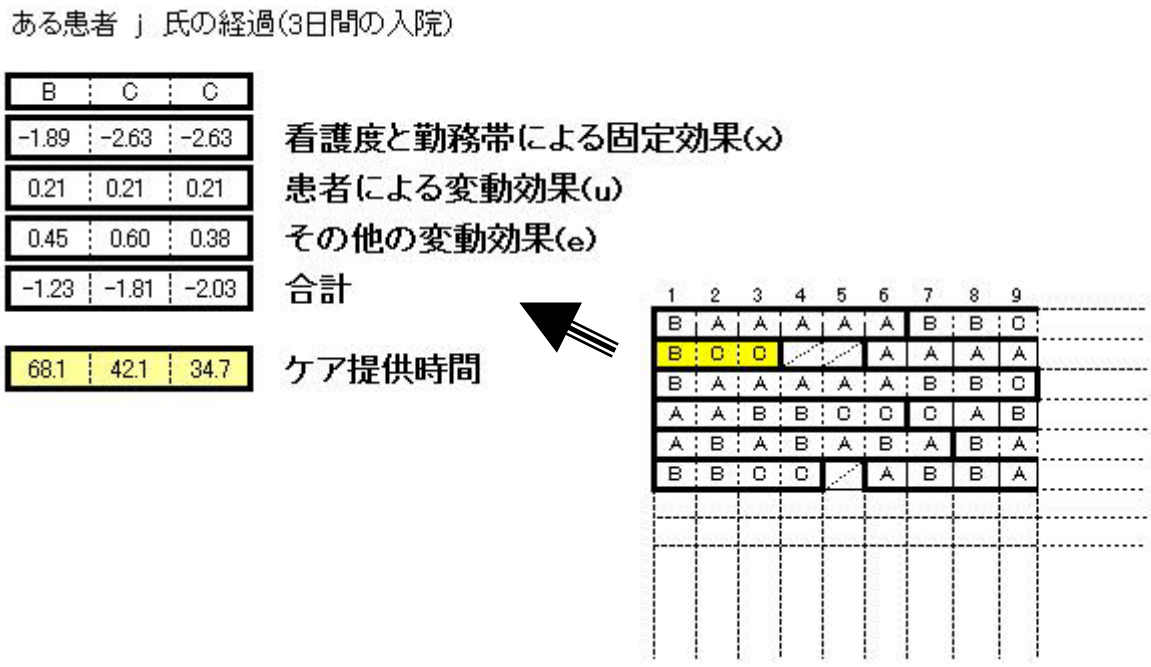


図 8.　各患者のケア時間の算出方法

3.2.5. 看護師への患者の割り当てと担当患者業務時間の総計

これら病棟患者を、先に求めた看護師が担当する患者数の統計値に基づき、看護師一人一人に担当させることを真似る。現実の病棟環境で看護師の担当患者を決定する要素として以下の 2 点が考えられる。

1）担当する患者の人数
2）担当する患者の重症度

ある看護師の担当する患者について、人数が多い場合や重症度の高い患者が入っている場合には、それ以上に新たに患者を持たせず、比較的軽症の患者を担当している看護師や担当患者数が少ない看護師に振り分る、などの業務量配分が行われる。従って、擬似環境においては、まず、患者をランダムに入院させる時点で、看護師ごとの担当患者数の集計を行い 0 であれば優先的に患者が割り当てられるように設定を行った。また、なるべく 4 名以上、7 名以下の患者を担当するように制御した。さらに、既に決定されている担当患者のための業務時間の総計が少ない看護師から、患者を担当させるよう重み付けを行った。

このようにして、ある看護師の担当患者が決まって行く。図 9 の例を見ると、一人の看護師に割り当てられた担当患者は塗りつぶしの部分となっており、それらの合計 165 分がこの看護師の‘患者のための業務時間’である。ここまでで、一人の看護師が自分の担当患者全員のためにどれくらいの時間を費やすかについて、現実を擬似的に真似たこととなる。

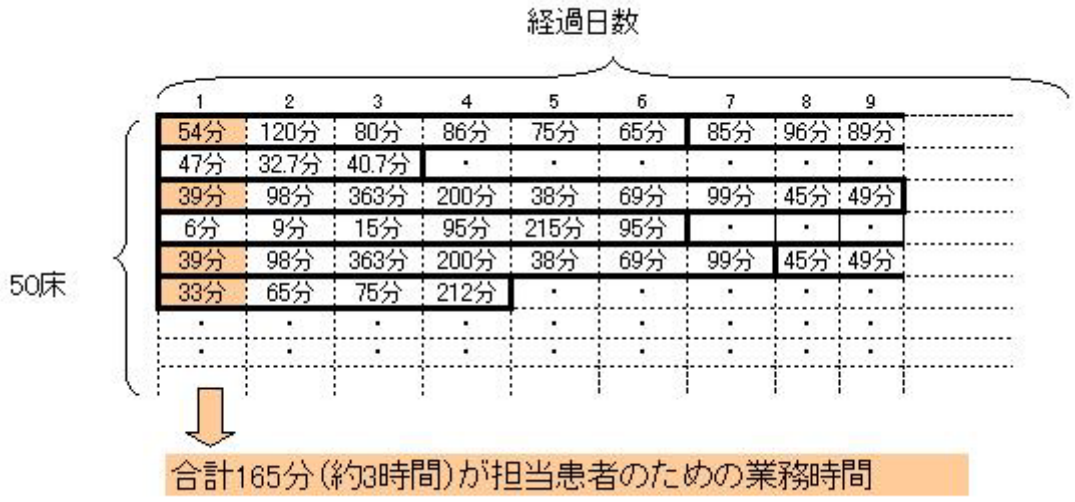


図 9. 担当患者のための業務時間

3.3. 目的別業務時間の推定

次に、3.2.5.で求められた一人の看護師の‘担当患者全員へのケア時間’を基に、この看護師の日勤での‘それ以外の患者への業務時間’、‘その他の業務時間’、‘休憩時間’をランダムに生成し、現実の目的別業務時間量を真似ていく。一部 3.1.2.でも触れたが、この一連の流れをシミュレーションするためには、以下の点に注意する必要がある。

1）ランダムに発生させる乱数が正規分布にしたがっていること前提としていること

本研究では正規乱数を用いたモンテカルロシミュレーションを採用しており、乱数を発生させるための分布は正規分布であることが前提となる。

2）ランダムに発生させた値がマイナス値になるのを回避すること

得られる結果の単位は時間であり、業務時間がマイナス値を取ることは現実に即さず、シミュレーション結果の整合性を無くす。

3）4 つの目的別業務時間の間に共分散が維持されていること

各変量間の共分散が考慮されていないランダムな値の生成では、互いに関連を持ちつつ変動するという特性を再現できない。

これらの注意点を考慮し以下の作業を行った。

3.3.1. ロジスティック変換

図 3 から分かるように、‘担当患者への業務’、‘それ以外の患者への業務’、‘その他の業務’、‘休憩’全ての項目に関して多少の歪みと、サンプリングの限界によると考えられる凹凸が認められる。これらの元データが示す分布は、単純に元データの平均値と分散を用いて正規乱数を発生させても再現できない。正規乱数を用いて元データの分布を再現するためには、元データを変換した分布ができるかぎり正規分布に近くなるような変換を考え、変換後の平均と分散をもつ正規乱数を発生させた後、逆変換を行って値を得る必要がある。また同時に、ランダムに生成した値がマイナス値を取らないような対応も必要となる。以上のことから、本研究では、上で指摘した 1）2）の問題を解決するため、目的別業務時間 y について、次のようなロジスティック変換を施すこととした。

(0.5) $\log[(y-b)/(a-y)]$

変換後の値の分布が正規分布に近いかどうかは AIC（Akaike’s Information Criteria）を用いて評価を行った。AIC 値を最も小さくする上限値 a と下限値 b を探索した。この際、AIC は以下の式にて算出される。

(0.6) $\mathrm{AIC}=n\log\hat{\sigma}^2-2n\log(a-b)+2\sum_{i=1}^{n}\log\{(y_i-b)(a-y_i)\}+2(p+2)$

式（0.2）と同様に、$\hat{\sigma}^2$ は最尤推定量、y_i は各々の時間値、n はサンプル数、p は推定パラメータ数である。

この結果、AIC を最も小さくする各目的別業務時間の上限値 a、下限値 b は、表 4 となった。

変換後のデータプロットを見てみると、各々の変数において変換前（図 3）よりもデータ分布が正規分布により近くなっていることが分かる（図 10）。

表 4. 変換関数の上限と下限

	a	b
担当患者への業務	454	111
それ以外の患者への業務	163	25
その他の業務	295	50
休憩	65	10

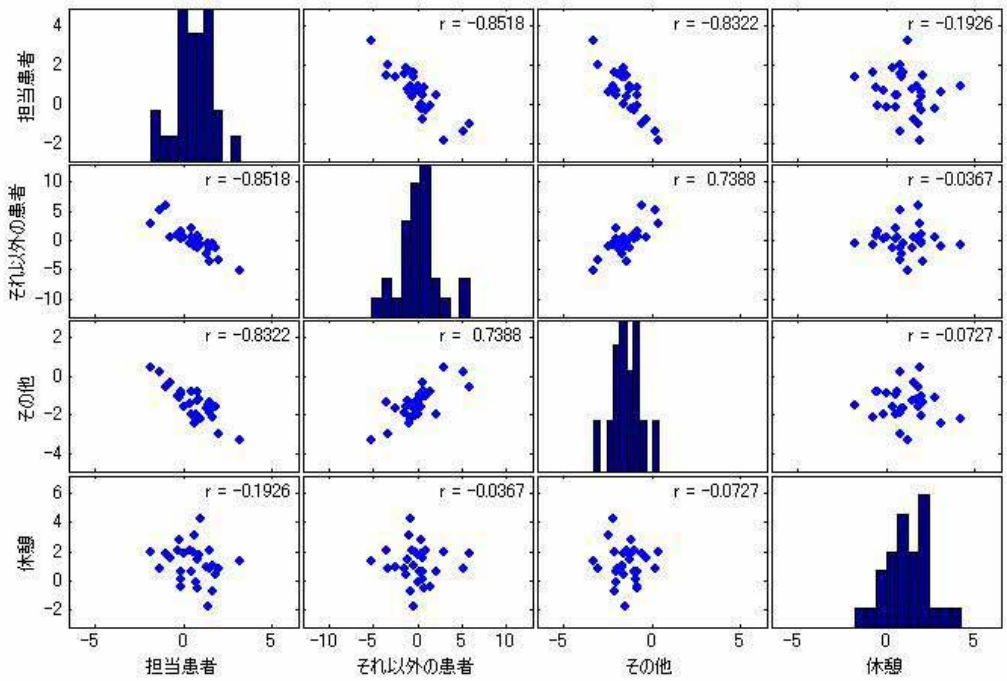


図 10.　変換データのプロット図

3.3.2. 共分散を用いた目的別業務時間のシミュレート

以上の変換データを用い、3 つ目の注意点である、4 変数間の共分散を維持した乱数の生成を行う。ここで、X を‘担当患者への業務’、Y を‘それ以外の患者への業務’、Z を‘その他の業務’、W を‘休憩’とする。本研究では‘担当患者への業務’がその他の業務に業務時間配分の影響をもたらす軸になっているとの仮定のもとにシミュレーションアルゴリズムの構築を行っており、X が Y、Z、W に影響を及ぼすというモデル設定になる。

X と、ある共分散を持つ Y を発生させる時、

$$\begin{aligned} &Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \\ &\varepsilon \sim N(0, \sigma^2) \end{aligned} \tag{0.7}$$

の式を使うと、期待値 $\mathrm{E}(Y)$、分散 $\mathrm{Var}(Y)$、共分散 $\mathrm{Cov}(X,Y)$ は

$$\begin{aligned} &\mathrm{E}(Y) = \alpha + \beta \mathrm{E}(X) \\ &\mathrm{Var}(Y) = \beta^2 \mathrm{Var}(X) + \sigma^2 \\ &\mathrm{Cov}(X,Y) = \beta \mathrm{Var}(X) \end{aligned} \tag{0.8}$$

となり、未知数 α、β、σ^2 は

$$\beta = \mathrm{Cov}(X,Y)/\mathrm{Var}(X)$$
$$\alpha = \mathrm{E}(Y) - \beta\,\mathrm{E}(X) \quad (0.9)$$
$$\sigma^2 = \mathrm{Var}(Y) - \beta^2\mathrm{Var}(X)$$

によって求められる。

X と、ある共分散を持つ Z、W についても同様に係数値を算出すると、

$$Y = \alpha_1 + \beta_1 X + \varepsilon_1$$
$$Z = \alpha_2 + \beta_2 X + \varepsilon_2 \quad (0.10)$$
$$W = \alpha_3 + \beta_3 X + \varepsilon_3$$

となる。これで、(X,Y)、(X,Z)、(X,W) の間については共分散を維持することが出来る、つまり、X が変化したときの Y、Z、W の変化は再現できるが、ε_1、ε_2、ε_3 は独立な正規乱数であるため、(Y,Z)、(Y,W)、(Z,W) の間では共分散が 0 となり、‘ それ以外の患者のための業務 ’ が変化したときの‘ その他の業務 ’、‘ 休憩 ’の変化などが一部再現できないことになる。そこで ε_1、ε_2、ε_3 の共分散を維持するため、

$$\varepsilon_1 = Y - (\alpha_1 + \beta_1 X)$$
$$\varepsilon_2 = Z - (\alpha_2 + \beta_2 X) \quad (0.11)$$
$$\varepsilon_3 = W - (\alpha_3 + \beta_3 X)$$

により残差を元に、$(\varepsilon_1,\varepsilon_2,\varepsilon_3)$ の共分散構造を求め、この共分散を持つ 3 次元の正規乱数を発生させることとした。

以上の結果、それぞれ計算された係数を式(0.10)に代入すると、

$$Y = 1.04 - 1.77X + \varepsilon_1$$
$$Z = -1.04 - 0.64X + \varepsilon_2 \quad (0.12)$$
$$W = 1.26 - 0.22X + \varepsilon_3$$

となり、また、$(\varepsilon_1,\varepsilon_2,\varepsilon_3)$ の共分散構造は表 5 の結果となった。

表 5. 残差の共分散

	ε_1	ε_2	ε_3
ε_1	1.40	0.06	−0.56
ε_2	0.06	0.21	−0.24
ε_3	−0.56	−0.24	1.49

これらの回帰係数、共分散を持つ残差を用い、乱数を発生させた。図 11 に示したのは、元データをロジスティック変換した値のプロット（赤点）と発生させた乱数（青点）を同時表示したものである。ほぼ同じ分布をしていることがわかり、各変量間の相関構造（共分散）を維持した乱数発生が出来ていることを示している。

さらに、元データ（赤点）と発生させた乱数をロジスティック変換の逆変換を施した値（青点）のプロットを同時表示したものが図 12 であり、時間次元の元データ本来の分布をほぼ再現していることがわかる。尚、黒点で表記されているのは元データの外れ値と判断したものである。当該データは、午後から研修や会議のため病棟勤務から外れるが、午前中だけは病棟勤務に就くという、変則業務のデータであることが分かっており、今回の解析対象から除外することとした。

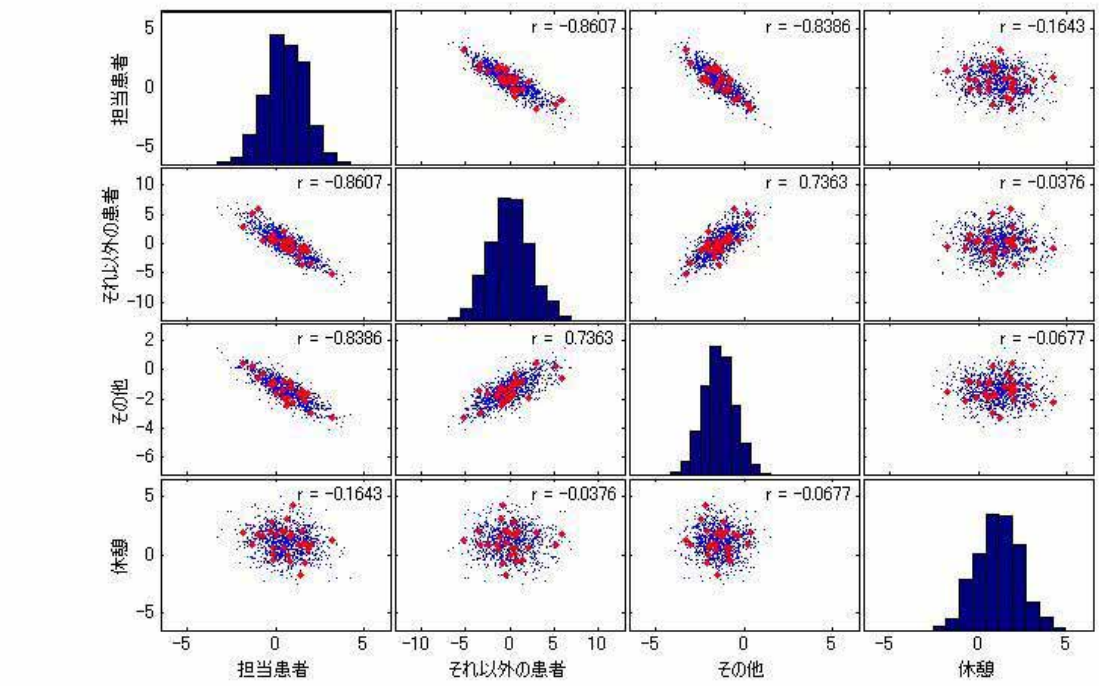


図 11.　ロジスティック変換値での乱数値

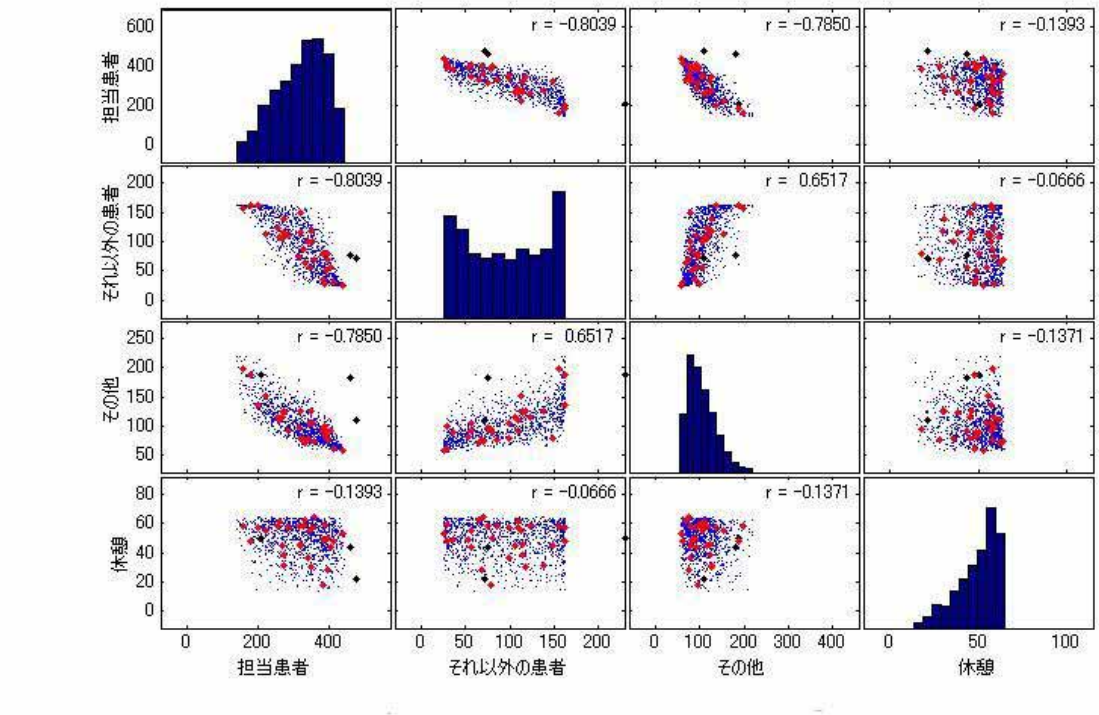


図 12.　時間次元での乱数値

以上のような手順を踏み、‘ 担当患者への業務 ’、‘ それ以外の患者への業務 ’、‘ その他の業務 ’‘ 休憩 ’ 間の関連性を維持しつつ、各々の業務時間をランダムに生成した。ここまでで、一人の看護師の ‘ 担当患者への業務時間 ’、‘ 担当でない患者への業務時間 ’、‘ その他の業務時間 ’、‘ 休憩時間 ’ の現実を真似、試行実験のための病棟擬似環境を構築したこととなる。

3.4. 病棟擬似環境による試行実験

構築した病棟擬似環境を用い、長期間の病棟業務時間のシミュレーションを行う。シミュレーション開始初日は入院患者全員が一度に入院し、しばらくは退院患者が出ない状況となっている。シミュレーション日数が経過し、徐々に退院患者が現れ、やがて入院患者と退院患者の出入りが織り交ざる定常状態になると思われる時点までのシミュレーション結果は破棄し、それ以降 1000 日分をシミュレーション日数と設定した。尚、勤務体制の設定は全日平日としてシミュレーションを行った。

3.4.1. 看護度別患者数の推移

シミュレーションの結果、患者の延べ人数は 44,846 名であり、看護度別患者数の延べ人数は、A が 11,193（25.0%）、B が 26,469（59.0%）、C が 7,184（16.0%）と、入院患者層は看護度 B の患者が最も多く、ついで看護度 A、最も少ないのが看護度 C であった。この傾向は、

当然のことながら、281 の看護度パタンにおける看護度 A の頻度は 3287（24.2%）、B の頻度は 8010（59.1%）、C の頻度は 2265（16.7%）とほぼ同じ傾向になっている。

図 13 は、横軸を経過日数、縦軸を患者数とした看護度別患者数の推移を示すグラフである。上のパネルは、看護度ごとに示したグラフであり、日々の看護度別患者数は重症度が最も低い C の人数が最も少なく、重症度が中程度の B が最も多くなっている。下のパネルは看護度の累和を示しており、病棟入院患者の殆どを占めているのは、看護度 A と B の患者であること、また、一旦患者数が増えるとしばらくの間は患者数が増えたままの状態が続くことが見て取れる。

3.4.2. 看護度別にみた担当患者への業務時間

担当する患者が看護度 A であった場合に必要となる患者一人当たりのケア時間は平均 93.5 分、看護度 B であった場合には 57.1 分、看護度 C であった場合には 31.6 分であった。

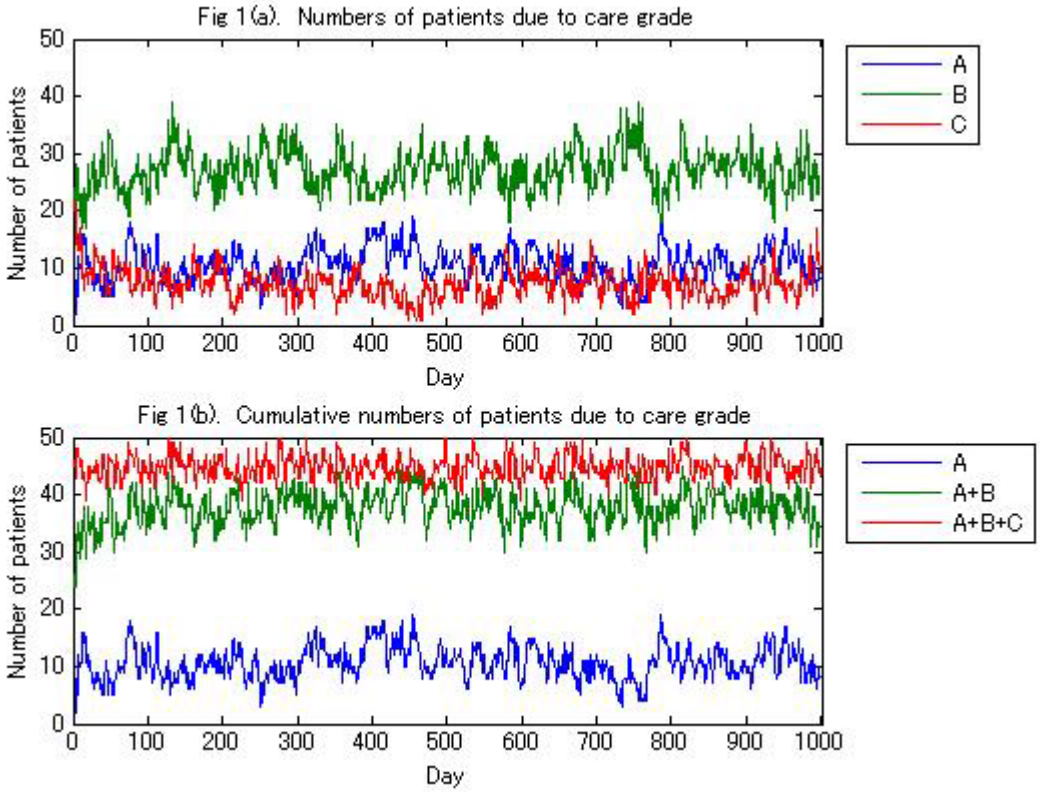


図 13　看護度別患者数の推移

3.4.3. 病棟全体の目的別業務時間の推移

図 14 上のパネルは、横軸を経過日数、縦軸を時間として病棟全体の目的別業務時間ごとの推移を見たものであり、‘ 担当患者への業務時間 ’ が上下に大きく変動している一方で、‘ 休憩時間 ’は‘ 担当患者への業務時間 ’ほど変動することなく推移している状況を示している。また、‘ 担当患者への業務時間 ’ が減少すると ‘ それ以外の患者への業務時間 ’、‘ その他の業務時間 ’が増加し、‘ 担当患者への業務時間 ’が増加すると、‘ それ以外の患者への業務時間 ’、‘ その他の業務時間 ’ が減少していることが分かる。

図 14 の下のパネルは、目的別業務時間の累和図であるが、‘ 担当患者への業務時間 ’、‘ それ以外の患者への業務時間 ’ が大きく変動しているにも関わらず、全体の業務時間は、ほぼ一定に抑えられている状況が示されている。

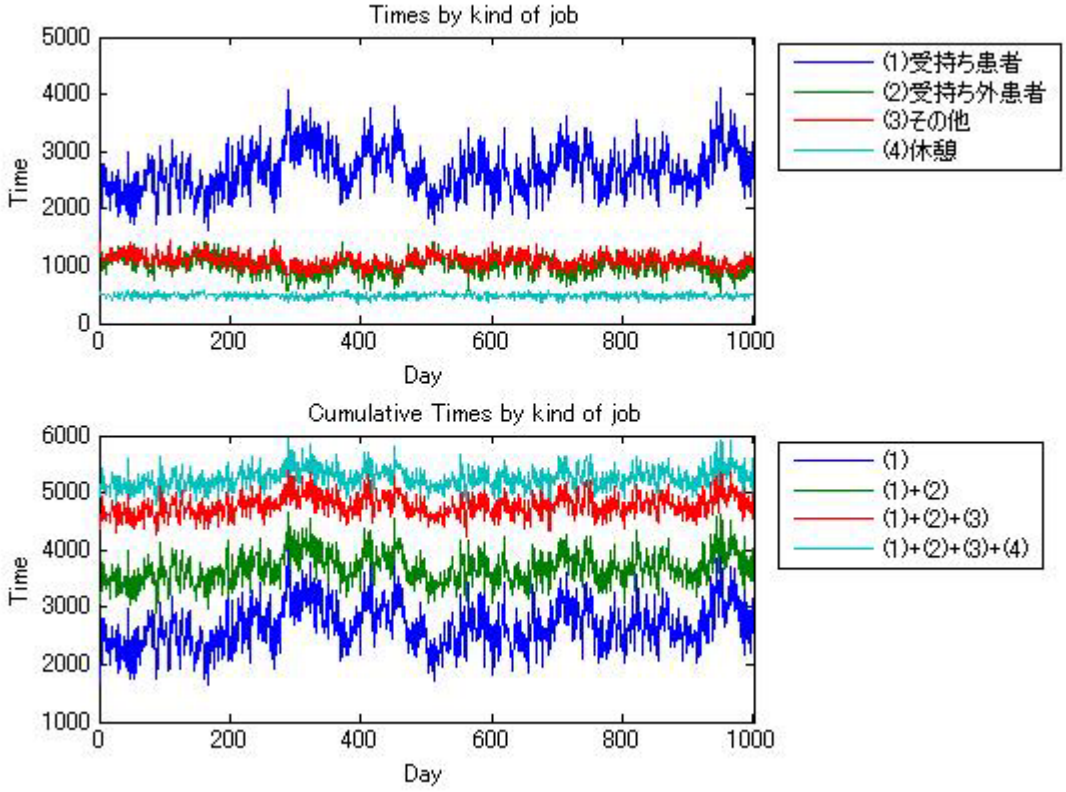


図 14.　目的別業務時間の推移

3.4.4. 目的別業務時間の変化

1 日勤帯につき、看護師を 8 人から 15 人まで一人ずつ増やしたときの看護師 1 人当たり目的別業務時間の変化についてシミュレーションを行った。1 日勤帯の実働看護師数を 8 人とすると、1000 日分のシミュレーションは延べ 8000 人の看護師が勤務、同様に 9 人とすると延べ 9000 人、10 人とすると 10000 人…という設定となる。病棟全体の総業務時間を 8 人から 15 人の看護師数で稼動させた場合における担当患者数の分布を取ったもの、およびその際の看護師一人当たりの業務時間（横軸：分単位）の頻度（縦軸：人数）分布を取ったもの、が図 15～図 22 である。

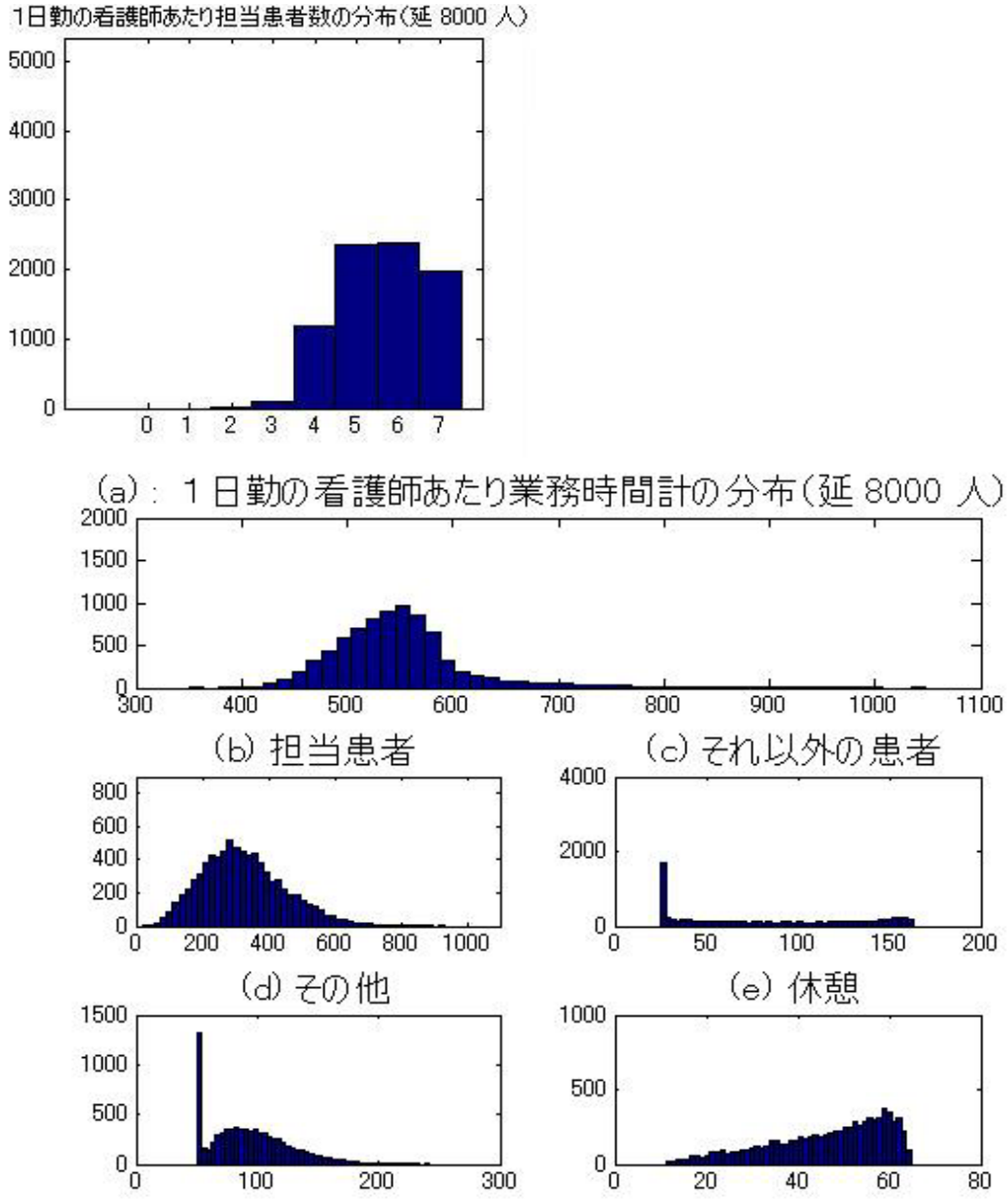


図 15.　看護師数 8 人の場合の業務時間

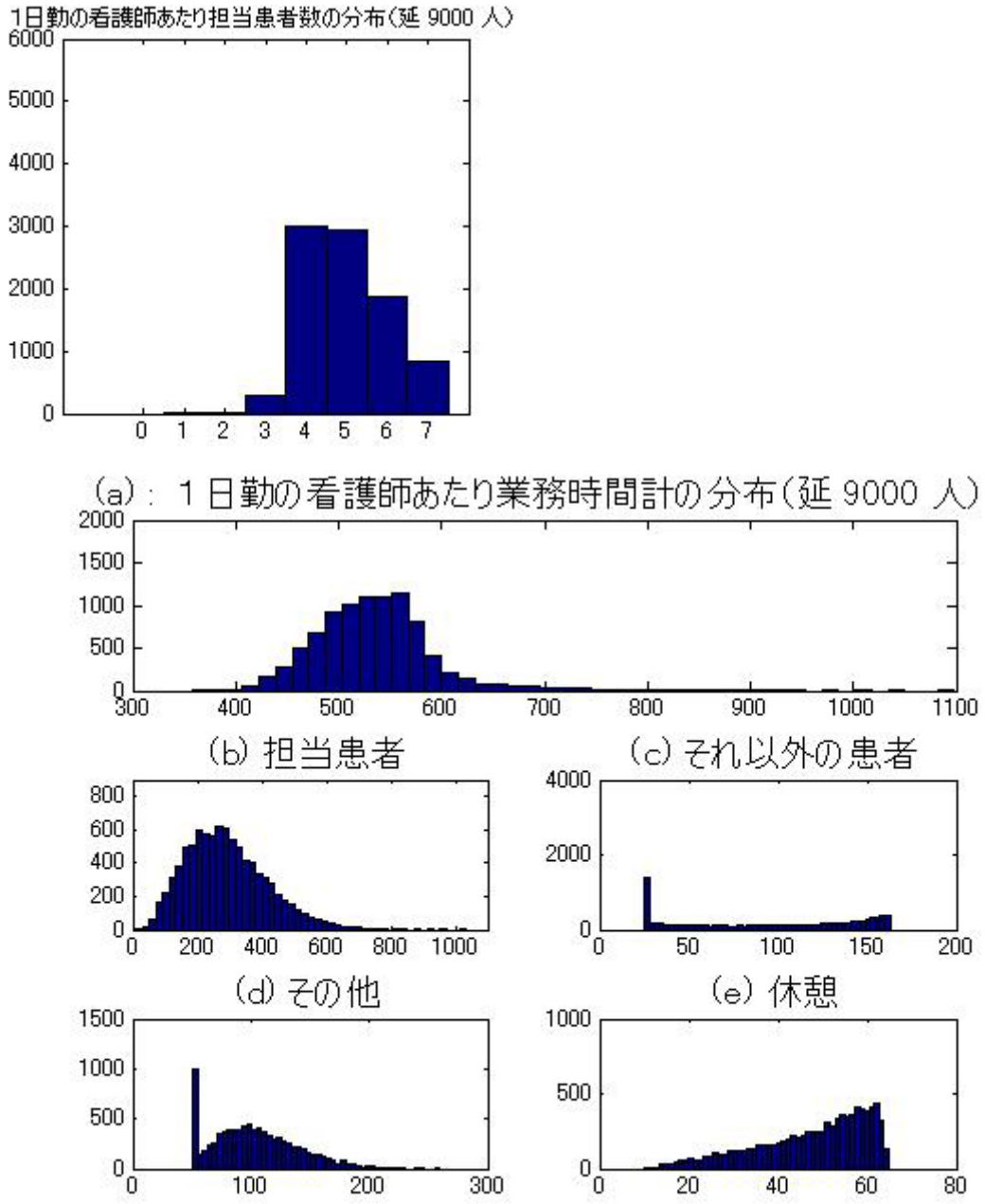
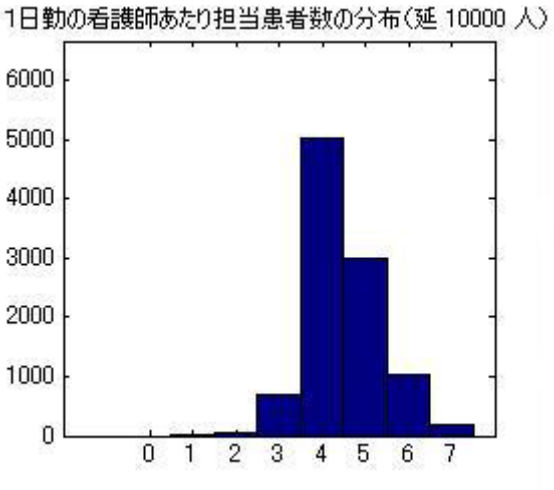


図 16.　看護師数 9 人の場合の業務時間



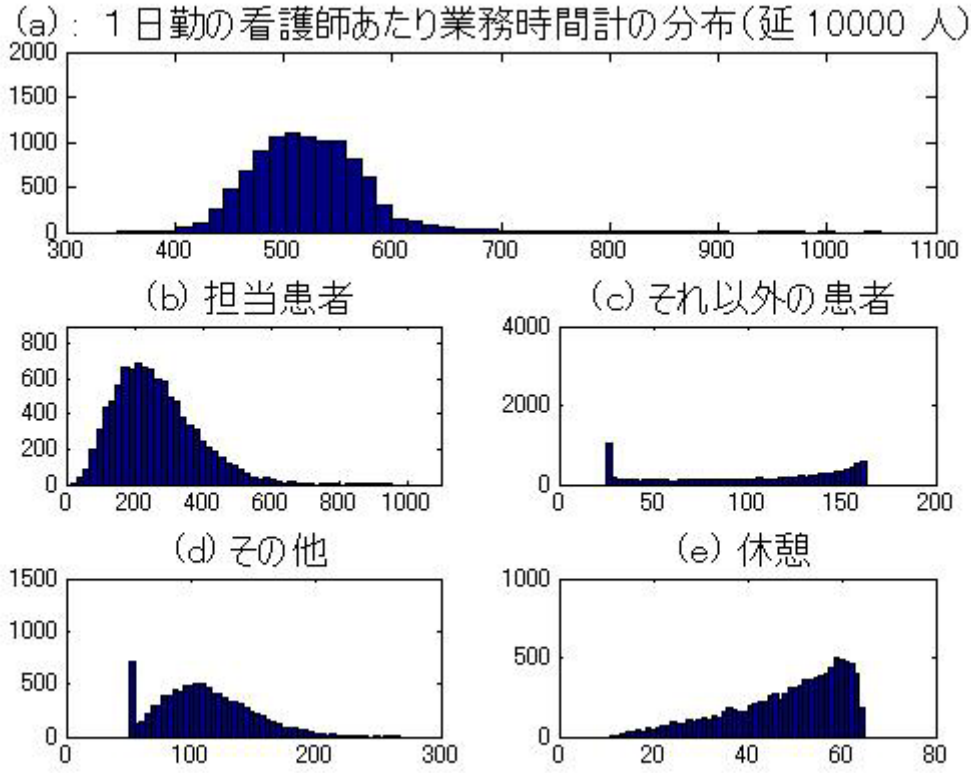


図 17.　看護師数 10 人の場合の業務時間

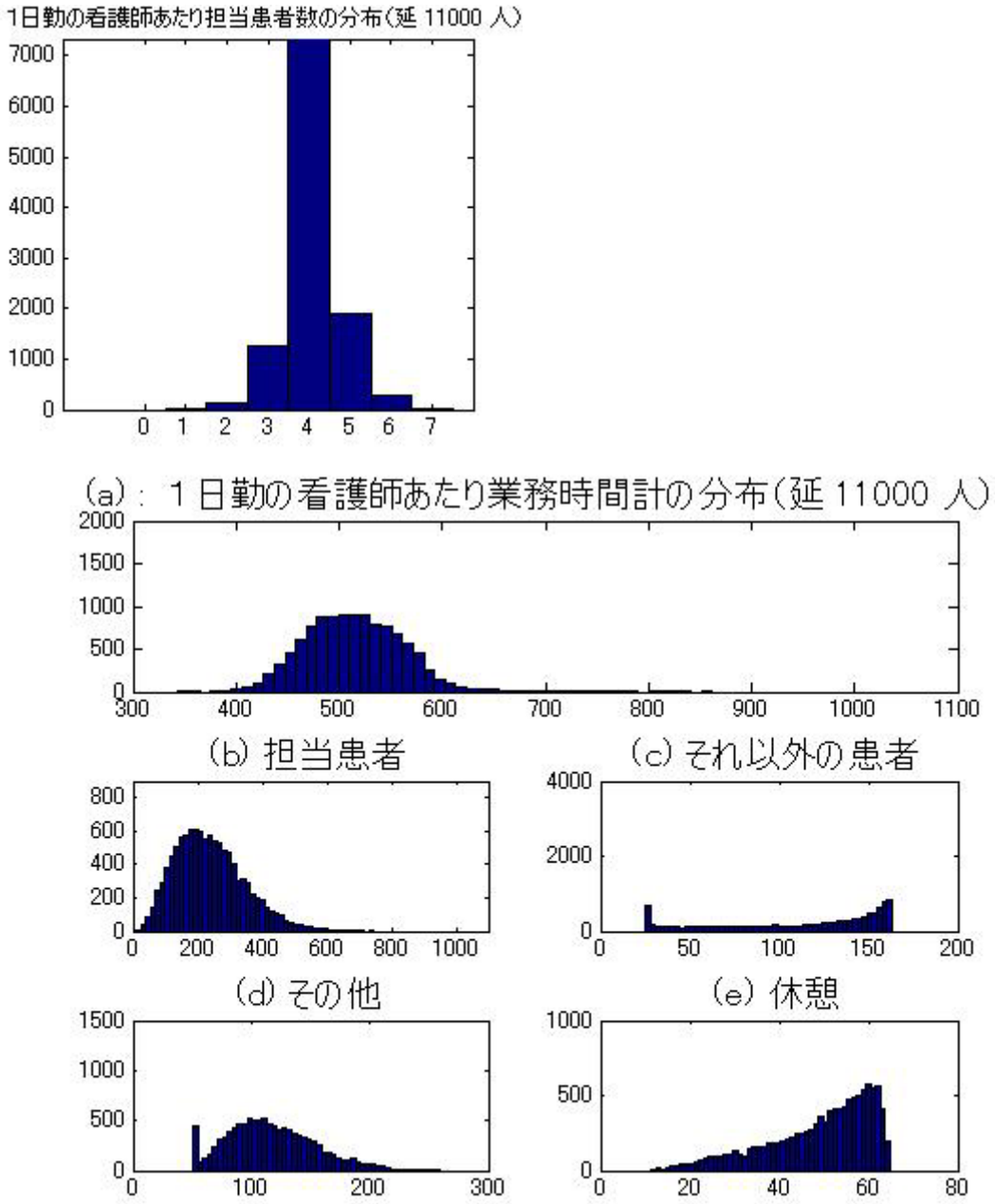


図 18.　看護師数 11 人の場合の業務時間

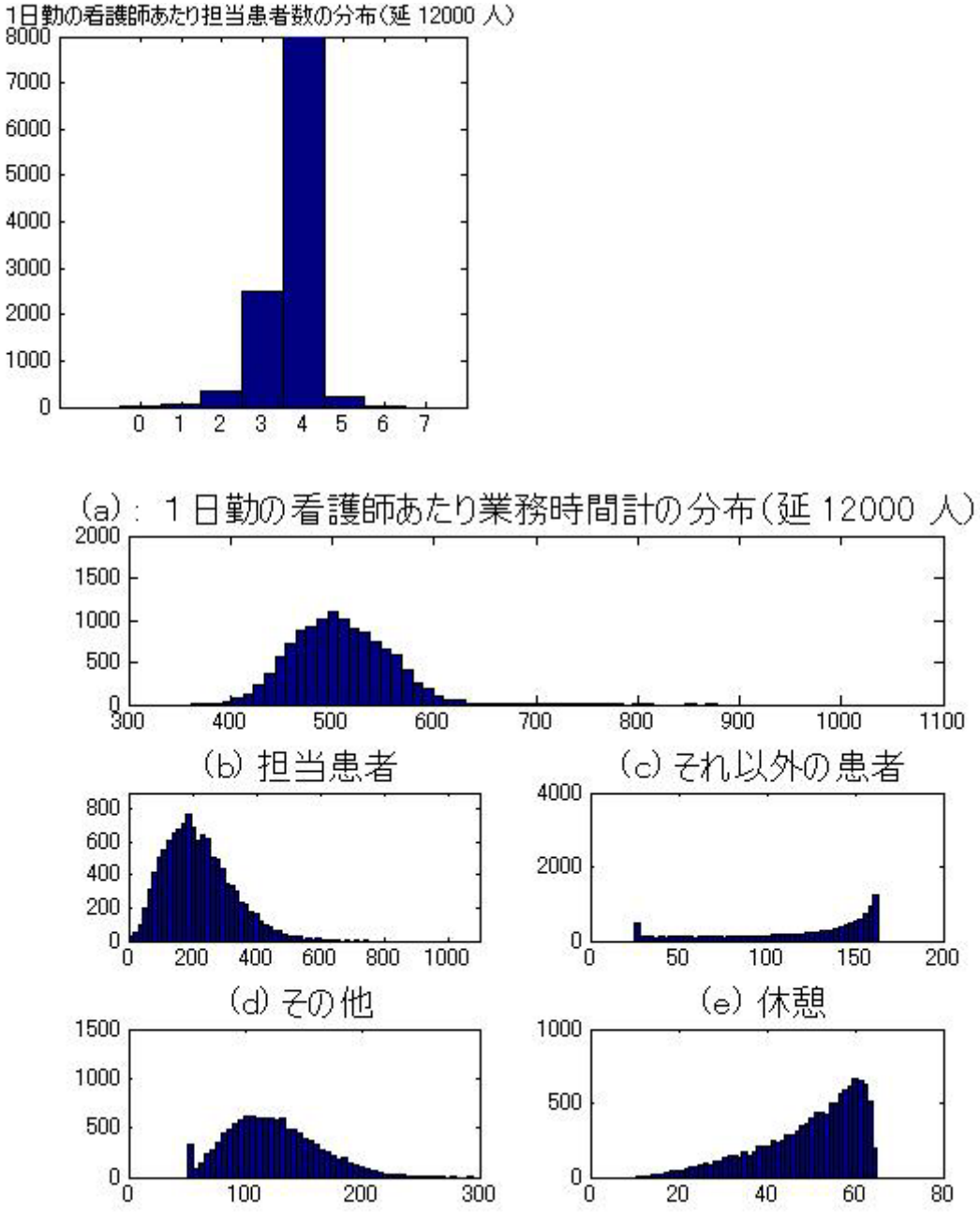


図 19.　看護師数 12 人の場合の業務時間

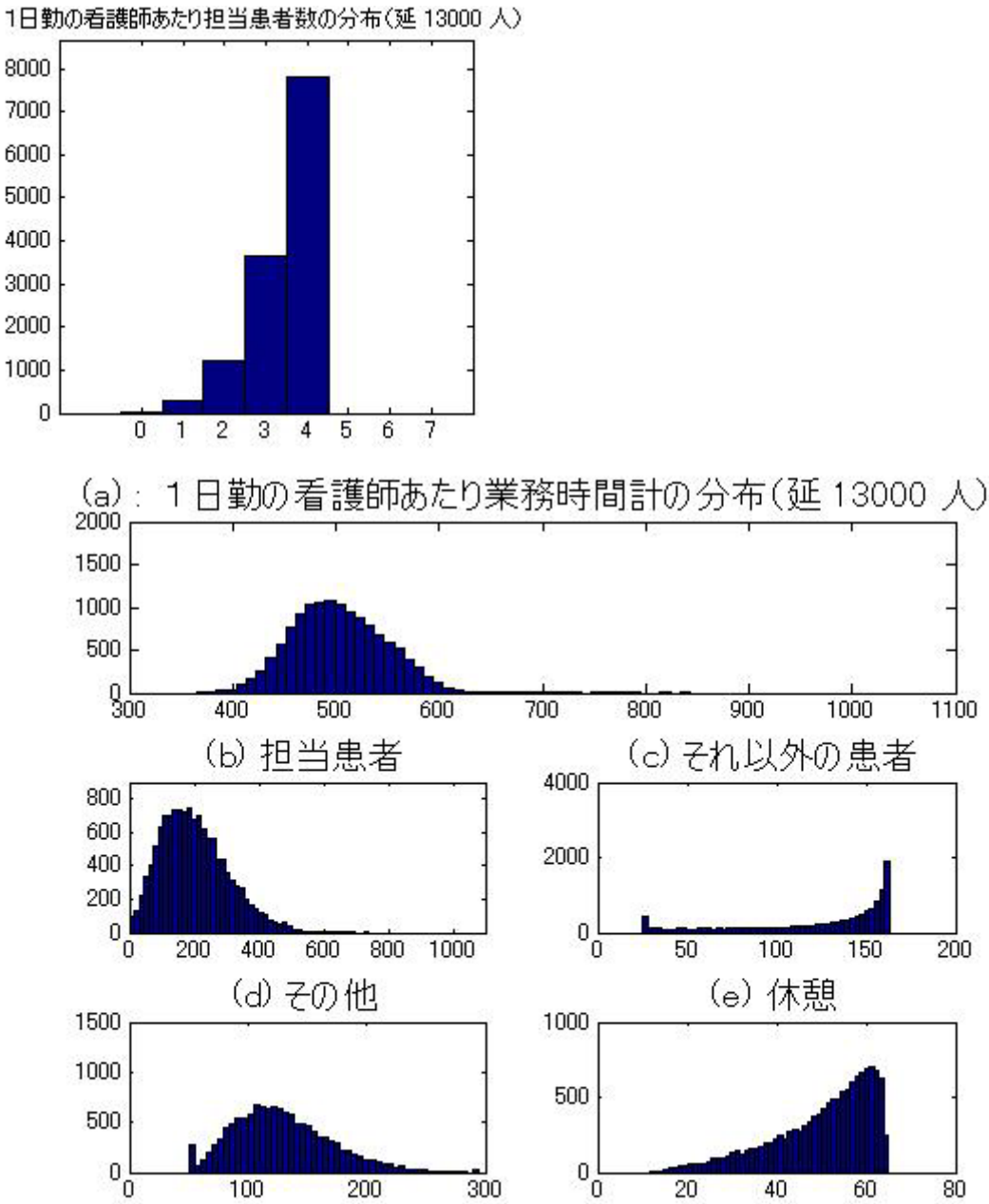


図 20.　　看護師数 13 人の場合の業務時間

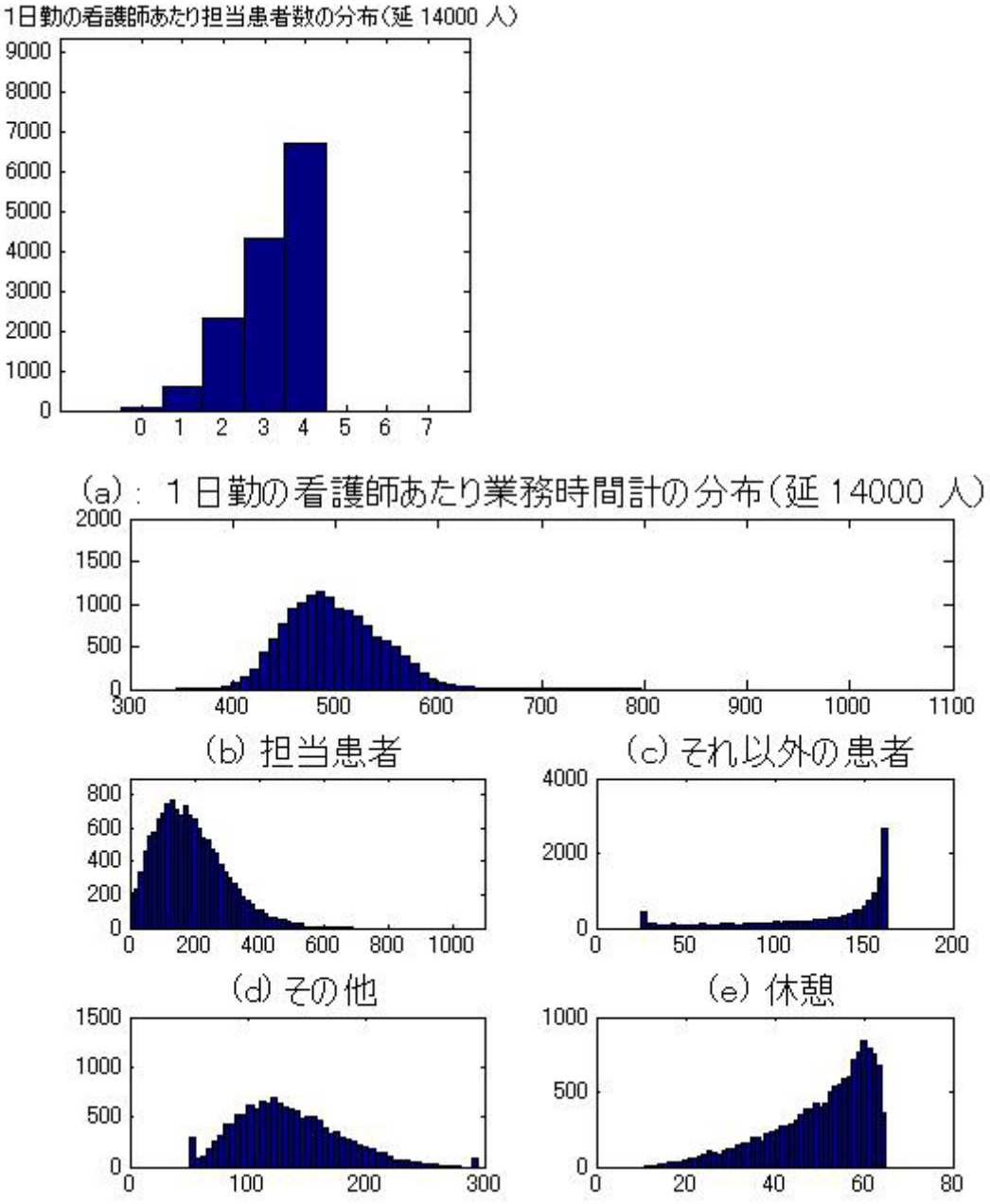


図 21.　看護師数 14 人の場合の業務時間

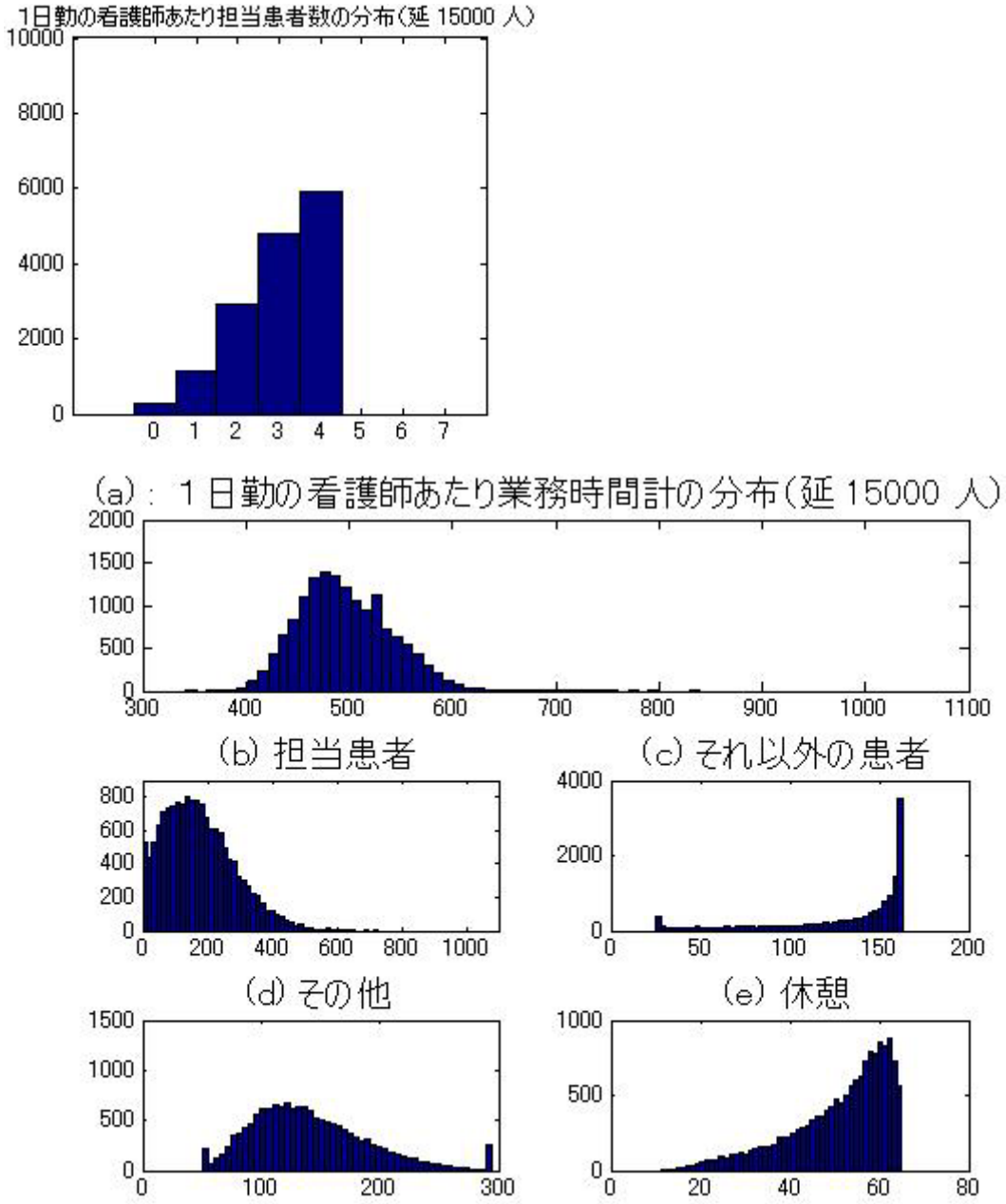


図 22.　看護師数 12 人の場合の業務時間

まず、勤務看護師数が最も少ない設定の場合についてであるが、看護師 1 人当たりの担当患者数は 5〜7 人がその殆どを占め、総業務時間は 560 分（9.3 時間）〜570 分（9.5 時間）の勤務時間になっている看護師数が最も多く、全体の平均時間は約 530 分となった。また総業務時間が 10 時間（600 分以上）を越える看護師が存在することがわかる。次に、‘ 担当患者のため ’ の業務時間であるが、中央値 312 分で 5 時間程度の看護師が最も多く、‘ それ以外の患者のため ’の時間は 30 分程度、‘ その他の業務 ’の時間では 60 分程度の看護師が目立った。‘ 休憩 ’ の時間に関しては、法定の休憩時間である 60 分を取れていない看護師が殆どであることが分かる。

順次、勤務看護師数を増やしていくと、看護師 1 人当たりの担当患者数は徐々に減少し、ある程度看護師数が増えると担当患者数が 0 人になる看護師が出現し、看護師が充足された状況になっていることを覗わせる。また担当患者数の変動とともに、‘ 担当患者への業務 ’ の時間も減少し、その一方で、‘ それ以外の患者以外への業務時間 ’、‘ その他の業務時間 ’ が増やせる看護師が増え、60 分近くの休憩時間を取れる看護師が増えてくるのが見て取れる。

4. 考察

構築されたシミュレーションアルゴリズムが現実に反するものではないのかどうかについて評価を行う。

4.1. 看護度別患者数の推移

入院患者層が未だ援助を必要とする患者が多くを占める現実を反映していると判断できる。その理由を以下に述べる。

当該病棟は外科系病棟であり、当該病棟の入院患者は殆どが手術やそれに属する検査を受けた直後が最も重症度が高く、数日を経て急性期を脱した後（看護度 A の期間）、経静脈的な薬剤投与などの積極的治療を受けながら創傷治癒過程をフォローする期間に入る（看護度 B の期間）。このフォロー期間が最も長く、自宅や社会復帰への目処が立つ（看護度 C の期間）と 1〜2 日のうちに退院となる。シミュレーション結果でも、看護度 A、B が入院患者の殆どを占めている。

また、一旦重症患者が増えるとしばらくの間はその状態が続き、機会を同じくして患者が一挙に回復することがままあるという感覚は、看護師のみならず医療従事者ならば納得がいくものであると考えられる。

4.2. 看護度別にみた担当患者への業務時間

看護度の重症度が高いほど必要になるケア時間が増えることは極当然であり、得られた結果もそれに準じ、現実を反映していると考えられる。

4.3. 病棟全体の目的別業務時間の推移

時間に余裕があれば行う必要がある業務があるにも関わらず、勤務時間という一定の制限

があるため、事実上業務が省略されるという現実を反映していると考えられる。その理由を以下に述べる。

担当患者へのケア時間が長くなるということは、その患者への治療や観察、ケアの量が多いこと意味する。更に掘り下げると、処方される薬剤が多種に及ぶ、行われる検査が多い、臨時で別の治療や処方が加わる、ガーゼ交換などの処置が多い、あるいは処置手順複雑であるといったことであり、病棟が管理する書類や医療物品、機材の使用量などにも影響を与え、結果的に管理業務時間も膨らむこととなる。このように、理論上は、‘ 担当患者への業務時間 ’ が増加すれば、直接患者とは関係ない ‘ その他の業務 ’ も増加するはずであり、その延長として総業務時間（勤務時間）が長くなると考えられるが、シミュレーション結果を見てみると、‘ 担当患者への業務時間 ’ が増加しているときは ‘ その他の業務時間 ’ が抑えられ、総業務時間はそれほど増加していない。‘ その他の業務 ’ や 総業務時間の延長は認めていない。

4.4. 看護師 1 人当たりの勤務時間

労働時間 1 時間、休憩時間 1 時間の合計 9 時間が法定労働時間となる。シミュレーション結果においても、その時間から大きく外れてはいない。

4.5. 目的別業務時間の変化

‘ 担当患者への業務 ’で業務時間が足りなくなっている場合には、‘ 担当でない患者の業務 ’ や ‘ その他の業務 ’ には手が出せないが、看護師数が増え、担当患者へのケア時間が十分に満たされると、今まで省略せざるを得なかった ‘ それ以外の患者 ’ への業務や、看護ケアのために備える ‘ その他の業務 ’ に費やす時間を確保できるようになるという現実を反映していると考えられる。これは、4.3.で述べたように、勤務時間が限られているため、省略されている業務が存在する事実を反映していることでもある。具体的には以下の例のような事例である。担当患者のケアで立て込んでくると、自分の担当患者のナースコールですらなかなか対応出来ない場合がある。そのような状況で、通りかかった廊下で点滴が漏れている患者を発見した際、その患者が自分の担当でなければ、点滴が漏れたことに対する一連の業務はその看護師にとって優先順位の低いものとなり、担当看護師をわざわざ呼ばなくてはならいことがままある。さらに患者のケアで立て込んだ状況が続くと、病棟内の整理整頓ができず、緊急時に定位置にない車椅子を探さなくてはならない、いつもは何も無いところに物があって躓く、ぶつかるといったことや、急いで点滴を固定しなくてはならないときに固定用テープの在庫が切れている、緊急検査の検体容器が足りない、あるいは、急変処置が一段落した後、記録業務かかろうとすると記録用が底をついている、といった状況におちいる。しかし、比較的入院患者が落ち着いていて、ケア時間が満たされてくると他の看護師が担当している患者でも、廊下で点滴が漏れているのを発見すれば一連の処置を行い、病棟内の整理整頓など事務管理業務も十分に行う。

シミュレーションの結果においても、勤務看護師数を増やしていくと ‘ 担当患者への業務 ’ に費やす時間が非常に多い看護師が減少する（偏った負担が解消し）と同時に ‘ それ以外の患者への業務 ’ と ‘ その他の業務 ’ に時間を多く費やす看護師数の増加が認められる。

以上のことから、本研究で構築したシミュレーションアルゴリズムは現実に即していると考えられる。

5. 結論

1）短期調査期間で得られたタイムスタディデータおよび患者状態情報を元に看護提供時間の定式化、業務を規定する要因の定量化を行った
2）1）の結果と長期に蓄積された入院患者の入院期間・看護度情報を併せ、シミュレーションアルゴリズムを構築した

6. 今後の課題

本研究で構築したシミュレーションアルゴリズムが、よりリアルに現実を反映するものとするため、以下の点について、検討の余地があると考える。

6.1. 看護度について

看護度は主観に基づいているという点で客観性に欠けている。患者の看護度評価は、当該病棟内で経験を積んだ看護師により行われている。ある病棟内での一定の評価基準が存在し、その病棟内における判断の再現性に対する信頼は高いが、その基準は病棟ごとに違っていることが明らかとなっている[25)]。何をもって看護度の評価をしているかを明確にするためには、誰の目にも明らかな事象、例えば、ドレーンが何本入っているか、などの客観的な指標を用いた患者の状態評価が必要となる。今後看護度に変わる客観的指標の検討、若しくは看護度の数量化を図る必要があると考えられる。

6.2. 患者状態情報収について

真の患者の状態と、収集した看護度情報にはタイムラグがあり、推定されたケア時間に若干の誤差がある可能性がある。本研究で用いた患者状態情報は日勤帯の 10 時に収集したものを基本としている。その日勤帯中に手術や侵襲的処置を行い看護度が変更になった患者は逐次更新し、適切に対応した。しかし、看護度の評価を 10 時に行うのは病棟の体制上の便宜的理由に過ぎず、実際の患者状態は刻々と変化しているにも関わらず、ケア時間は 1 勤務帯で推定することになる。本研究では、対応できない限界であると見なしたが、将来、施設内情報の IT システムが発達し、患者状態の変化に関する情報がリアルタイムに蓄積される状況になれば、更なる検討が必要であると考える。

6.3. 入院患者数の統計値について

比較的長期の入院患者数の推移に基づいた平均や分散を計算する必要がある。本研究の病棟入院患者数の平均および標準偏差は短期間のタイムスタディ調査データを用いて算出したものであり、母平均として採用する信頼性が乏しい。なお、長期の入院患者数の推移を用い

る場合には、年末年始やお盆などの連休体制、週末や医師等が参加する学会期間などにより、入院患者数が著しく変動することが考えられ、それへの配慮が必要である。

6.4. 外れ値の扱い

3.3.2.でも触れたが、変則的な業務に関するデータは正規分布から外れてしまうため、今回は解析対象から除外した。しかし、午前中は病棟の手伝いを行い、午後から会議があるというような変則業務が存在するのは事実である。これらの変則業務は年間を通し、ある割合で発生していると考えられ、通常業務とは別途異なる分布を仮定する必要がある。今後、通常から外れる現象についても積極的に変数として取り入れ、シミュレーションの精度を上げる必要があると考えられる。

6.5. 季節性の配慮

本研究は、方法のところでも述べたように、平日日勤のみのシミュレーションとなっており、週末や年末年始、盆などの特別体制を考慮できていない。特別体制では勤務看護師数や入院患者数の大きな変動があり、業務時間に大きな影響を及ぼすため、今後検討の余地があると考えられる。

6.6. 看護師の役割および熟練度について

リーダー業務のように患者は担当せずチームをまとめフォローする看護師や、病棟主任などが比較的良く行うように、少人数の患者を受け持ち、傍らで管理業務も行うという看護師の機能差を設定していない。今回設定した勤務看護師は、全て患者を担当することで実働する看護師としてシミュレーションを行っている。しかし実際には役割の担い方に差がある看護師が存在する。また新年度の看護師数には新人看護師が入っており、経験を積んだ看護師が付きっ切りで指導することになる。数ヶ月が過ぎ、基本的な業務がこなせるようになっても重症患者は受け持たないなどの制約がある。今後はこのような状況を反映させる方法論の検討も必要である。

6.7. 現実との対比

現段階では不可能であるが、シミュレーション結果について、現実と対比させた評価は最も信頼性が高い。近年、病院情報システムとして、オーダリングシステム、物流システム、電子カルテなどのコンピュータシステムが積極的に導入されており、今後、更なる IT 化が進むことが予想される。それに伴い、現行のタイムスタディのように多大な労力と資金を投入しなくても業務時間データの収集が可能となれば、行わなければならない評価の一つであると考える。

7. 今後の展望

7.1. 方法論の定番化

本研究で構築した一連の作業のための方法論を定番化することが有意義であると考える。その理由として、以下の事が考えられる。

各施設や病棟にはそれぞれの入院患者の特性や業務に対する姿勢、業務遂行方法の違いが存在するため、どこの施設でも活用できるような普遍性を持つ必要看護業務量を算定することは難しい。また一定の値を全ての施設に適応することは危険な場合や、良質な特性を失わせることにつながる場合もある。その病棟の持つ特性を守りながら、その病棟にあった業務管理を考えていく上では、まず当該病棟でタイムスタディを行い、既存の蓄積情報と共に、当該病棟の実際の真似た擬似環境を作り、試行実験を行うという一連の作業を踏むことが望ましい。

7.2. 他情報との併用

7.2.1. インシデント、アクシデントとの関連性

報告されたインシデント、アクシデント情報を元に、さまざまな観点から医療過誤と業務時間の関連性を探索することができると考えられる。近年、医療訴訟が増加する中、看護師の医療過誤に対する意識の高まりを見せ、ヒヤリハットに関する報告書を書くことを義務付ける看護部が増加している。患者の安全を守ることは、看護を含めた医療業務で最低限保障しなくてはならないことであり[26) 27)]、その意義は重要である。藤田ら[28)]は、忙しさに関連する過誤と忙しさとは関係ない過誤があることを指摘している。このことは、業務時間の増加とともに増えるシンシデントやアクシデントの種類は何か、あるいは報告件数が増加し始める業務時間はどれくらいか、何時間以上の残業がどれだけの日数続くと報告件数が増加し始めるのかなどの、分析結果から導き出せる可能性がある。また、医療過誤を最小限にするための、業務配分や看護師の人員配置を検討する重要な資料となるであろう。

7.2.2. 患者の満足度

看護師の業務時間、特に‘患者へのケア時間’と患者の満足度の関係を探索することができ、看護ケアの向上にとって重要な意義を持つと考えられる。一部では、これからは患者が病院を峻別する時代とも言われ、患者がプライバシーを保持した入院生活が送れるよう個室を増やし、院内の景観やアメニティの充実を図る病院も増えてきている。しかし患者にとってより重要なのは、施設などの物的要素のみならず、医療従事者との信頼関係を基本とし、人との関わりの中で満足できるケアを受けられることであると考える。患者は病気という特殊な状態にあり、必要なときには時期を逸せず、心暖かい支援を必要とする。とりわけ、医療従事者の中で最も長い時間を患者と接する看護師が大きな役割を担っており、患者の満足に答えうる人員配置実現の糸口となるであろう。

7.2.3. 疲労度

今回は日勤帯のみの解析であったが、他の勤務帯も考慮した病棟擬似環境の構築とシミュレーションを行うことで、業務時間と看護師の疲労の関係を明らかにできる可能性があると考えられる。看護師業務における疲労は準夜勤後の疲労徴候がもっとも大きく、深夜勤では勤務体制上、勤務前から疲労が大きいことが指摘されており[29) 30)]、夜勤における看護師の心身疲労が業務に及ぼす悪影響が懸念されている。看護師の負担を少なくし、効率的な看護体制を作りは長きにわたって行われている。その代表的なものは、2 交替制の導入であるが、そのメリットやデメリットが、病棟特性とどう関係しているのかなど、具体的な勤務体制のあり方の検討については言及できていない[31)32)]。このような現状を含め、看護師の勤務体制を再検討することも重要である。

7.2.4. 看護度推移パタンとクリニカルパスのリンク

本研究における看護度推移パタンをクリニカルパスと見立て、患者の重症度を一定条件に固定した上での実際的な看護業務時間の試算を行うことができる。近年、医療の効率化がうたわれ、その具体的な方法論としてクリニカルパスを導入する施設が増加している。一般市中病院や個人経営の総合病院などでは、ほぼ完全にクリニカルパスに乗り、殆どバリアンスのない状態で計画的な入院をマネジメントできている施設や病棟が存在する。このような病院施設では、病院経営に大きな影響を与えている看護師人件費の試算なども含めた有効活用が可能であると考える。

以上のように構築した擬似環境による実験結果とその他の情報を併用することで、各々の目的に合わせた看護業務管理への一助となると考える。

謝辞

本研究の開始時点より本論文完成に至るまで研究全般にわたり、御指導、ご助言を賜りました大阪大学大学院医学系研究科、大野ゆう子教授に心より深く感謝申し上げます。

貴重な御指摘、ご助言を賜りました大阪大学大学院医学系研究科、城戸良弘教授、荻野　敏教授に心より感謝申し上げます。

本研究は、門田守人教授、左近賢人先生、松村泰志助教授をはじめ、ご協力いただきました病棟関係者の皆様のお力添えなしには、成し遂げることは出来ませんでした。改めまして、心より感謝申し上げます。

この研究を支持していただき、細やかなご指導と温かい励ましを賜りました、統計数理研究所の中村　隆教授に深く感謝いたしますとともに、厚くお礼申し上げます。

研究活動中、終始ご協力、ご助言、励ましを賜りました大阪大学大学院医学系研究科、笠原聡子講師、大野研究室の皆様に感謝申し上げます。

末筆になりましたが、常時、心身ともに私を支えてくれた夫の中条　均氏に深く感謝いたします。

参考文献

[1] 上泉和子(1998),看護必要量導入のあり方に関する研究,*平成 10 年度厚生省科学研究費補助金(医療技術測定総合研究事業)総括研究報告書*,1-27.
[2] 星野桂子,野寺香織(1999),看護業務量と患者分類の試み,*病院管理*,36(3),17-26.
[3] 筒井孝子(2000),急性期病棟の看護業務実態と患者の病態との関係(第一報),*病院管理*,37(2),15-24.
[4] Meyers F.E. & Stewart J.R.(2002),Motion and Time Study for Lean Manufacturing(3rd ed.),*New Jersey*,Prentice Hall.
[5] LISBETH FAGERSTOM, ANNA-KAISA RAINIO(1999), Professional assessment of optimal nursing care intensity level:A new method of assessing personnel resources for nursing care, *Journal of Clinical Nursing*, 8, 369-379.
[6] Linda McGillis Hall, Diane Doran, George H. Pink et al(2004), Nurse Staffing Models, Nursing Hours, and Patient Safety Outcomes, *JONA*,34(1),41-45.
[7] Daniel C.Vinson, Carrie Paden, Amelia Devera-Sales(1996),Impact of Medical Student Teaching on Family Physicians' Use of Time,*The Journal of Family practice*,42(3),243-249.
[8] S Le P Langlois, RC Vytialingam, NA Aziz (1999),A time-motion study of digital radiography at implementation,*Australasian Radiology*,43,201-205.
[9] A Roy Magnusson, Jerris R. Hedges, Pamela Ashley et al,Resident Educational Time Study:A Tale of Three Specialties,*Academic Emergency Medicine*,5(7),718-725.
[10] Thomas A. Burke, Jerry R.McKee,Helen C.Wilson et al(2000),A Comparison of Time-and-Motion and Self-Reporting Methods of Work Measurement,*JONA*,30(3),118-125.
[11] Melissa R. Caughey, Betty L. Chang(1998),Computer Use and Nursing Research Computerized Data Collection:Example of a Time-Motion Study,*Western Journal of Nursing Research*,20(2),251-256.
[12] 笠原聡子,石井豊恵,沼崎穂高他(2004),タイムスタディの実施,*看護研究*,37(4),23-30.
[13] 石井豊恵,笠原聡子,沼崎穂高他(2004),タイムスタディを円滑に進めるための実践的な諸課題とその対応,*看護研究*,37(4),59-72.
[14] 齋藤いずみ(1998),分娩時の看護時間測定,*病院管理*,35(4),31-39.
[15] 渋下友貴子,矢野ゆかり,佐藤圭子他(2003),当院における看護業務量調査報告－看護必要度の今後の報告を探る－,*住友病院医学雑誌*,30,78～84.
[16] 笠原聡子,石井豊恵,沼崎穂高他(2004),タイムスタディとは その背景と特徴,*看護研究*,37(4),11-22.
[17] 沼崎穂高,笠原聡子,石井豊恵他(2004),タイムスタディにおけるデータ管理,*看護研究*,37(4),33-46.
[18] 飯島佐知子(2003),病院における看護の資源消費量の測定と原価計算の必要性,*看護管理*,13(8),598-605.
[19] 松藤三千代(1990),応用可能な看護度測定法の試み,*看護*,42(1),79-88.
[20] 石井豊恵,大野ゆう子,笠原聡子他(2000),看護ケア提供量把握の為の業務時間分析,*JAMI-NS 第 1 回看護情報研究回論文集*,45-46.
[21] 須古博信(2000),【クリニカルパスの導入と実践に向けて】 クリニカルパスとは その概念と導入の意義,*薬事*,42(1),15-19.
[22] 長谷川敏彦(2001),知っておきたいクリニカルパス リスクマネジメントとクリニカルパスの意義,*外科治療*,85(3),260-265.
[23] KELVYN JONES(1991),Specifying and estimating multi-level models for geographical research,*Trans.Inst.Br Geogr*.N.S,16,148-160.
[24] Harvey Goldstein(2003),Multilevel Statistical Models Third Edition,*Oxford University Press Inc.*,New York.
[25] 石井豊恵,大野ゆう子,笠原聡子他(2000),病棟業務実態調査に基づく看護必要度の検討(1)業務実態調査と看護度との比較検討,日*本公衆衛生雑誌(第 59 回日本公衆衛生学会総会抄録*

集),47(11),806.
[26] 飯田修平(2002),質管理原理,*J.Natl.Inst.Public Health*,51(4),245-250.
[27] 長谷川友紀(2002),臨床指標ベンチマーキング,*J.Natl.Inst.Public Health*,51(4),251-256.
[28] 藤田 茂(2003),心身分析による看護職員の「忙しさ」とヒューマンエラーの関係 人員増で防げるもの,防げないもの,*看護管理*,13(2),120-123.
[29] 古川紀子,田口由紀子,廣瀬慶子他(1997),3 交代制勤務における看護婦の疲労,*日本看護学会論文集 28 回看護管理*,86-88.
[30] 石川貴美子,山田美保子, 村岡宏子他(1999),看護婦の疲労と職務満足度に影響する要因の検討 地方都市における総合病院の実態調査,*日本看護学会論文集 29 回看護管理*,161-163.
[31] 伊藤研(1993), 日勤夜勤完全分離型 2 交替制のメリット・デメリット モデル事業を終えて, *看護展望*, 18(11), 55-60.
[32] 千葉享江(1991), 夜勤体制の改善をめぐって 当施設における夜勤体制:その現状と課題 2 交替制 仮眠がとれるか否かが 2 交替制勤務のポイント,*看護展望*, 16(8), 879-883.

付録 1

看護業務分類コード表

大項目	中項目	小項目	業務コード
療養上の看護	食事	食事の援助	10101
		準備･片付け	101J1
		その他	101T1
	清潔	清潔の援助	10201
		準備･片付け	102J1
		その他	102T1
	排泄	排泄の援助	10301
		準備･片付け	103J1
		その他	103T1
	環境整備	療養環境	10401
		準備･片付け	104J1
		その他	104T1
	その他の日常生活の援助	コミュニケーションの援助	10501
		準備･片付け	105J1
		その他	105T1
	移動援助	移動援助	10601
		準備･片付け	106J1
		その他	106T1
	心理的ケア	精神的安楽	10701
		準備･片付け	107J1
		その他	107T1
	安全	危険予防	10801
		準備･片付け	108J1
		その他	108T1
	安楽	安楽	10901
		準備･片付け	109J1
		その他	109T1
	お迎え･お見送り	お迎え･お見送り	11001
		準備･片付け	110J1
		その他	110T1
	終末期看護	死後の処置	11101
		準備･片づけ	111J1
		その他	111T1
	その他	その他	112T1

大項目	中項目	小項目	業務コード
診療支援看護	診察	診察時の看護	20101
		準備･片付け	201J1
		その他	201T1
	治療的 看護行為	看護処置	20201
		準備･片付け	202J1
		その他	202T1
	与薬管理	与薬管理	20301
		準備･片付け	203J1
		その他	203T1
	全身観察･測定とその評価	全身観察･測定とその評価	20401
		準備･片付け	204J1
		その他	204T1
	説明･指導･相談･訓練	説明･指導･相談･訓練	20501
		準備･片付け	205J1
		その他	205T1
	情報収集	情報収集	20601
		準備･片付け	206J1
		その他	206T1
	情報交換	情報交換	20701
		準備･片付け	207J1
		その他	207T1
	ナースコール	ナースコール	20801
		準備･片付け	208J1
		その他	208T1
	訪問看護･在宅ケア	訪問看護･在宅ケア	20901
		準備･片付け	209J1
		その他	209T1
	その他	その他	210T1

大項目	中項目	小項目	業務コード
その他の看護業務	記録	記録	30101
		準備･片付け	301J1
		その他	301T1
	教育･指導	教育･指導	30201
		準備･片付け	302J1
		その他	302T1
	病棟事務業務	病棟事務業務	30301
		準備･片付け	303J1
		その他	303T1
	組織運営管理	組織運営管理	30401
		準備･片付け	304J1
		その他	304T1
	連絡	連絡	30501
		準備･片付け	305J1
		その他	305T1
	感染予防	感染予防	30601
		準備･片付け	306J1
		その他	306T1
	移動･待機	移動･待機	30701
		準備･片付け	307J1
		その他	307T1
	その他	その他	308T1
業務外	研究･学習	研究･学習	40101
		準備･片付け	401J1
		その他	401T1
	休憩	休憩	40201
		準備･片付け	402J1
		その他	402T1
	その他	その他	403T1
エラー	Error	無記入	E1E1E1

付録 2

偏相関係数表（他要因の影響を除去したもの）

	担当患者	それ以外の患者	その他	休憩
担当患者	1.000	−0.756	−0.554	−0.641
それ以外の患者		1.000	0.019	−0.539
その他			1.000	−0.294
休憩				1.000

2 次偏相関係数の算出式

変数 k と変数 m の効果を取り除いた上での変数 i と変数 j の偏相関を r_{ijkm} とすると

$$r_{ijkm} = \frac{r_{ij.k} - r_{im.k} r_{jm.k}}{\sqrt{(1 - r_{im.k}^2)(1 - r_{jm.k}^2)}}$$