



Title	最大エントロピー法によるセグメント時系列解析を用いたタイムスタディ解析の評価 : シミュレーションデータと実データの比較
Author(s)	寺下, 貴美; 佐藤, ひとみ; 遠藤, 晃; 石井, 英樹; 上杉, 正人; 西本, 尚樹; 谷川, 琢海; 孫, 芹先; 小笠原, 克彦; 櫻井, 恒太郎
Citation	医療情報学, 27(3), 289-296
Issue Date	2007-09-28
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/44376
Type	article
File Information	JJM127-3_289-296.pdf



[Instructions for use](#)

最大エントロピー法によるセグメント時系列解析を用いたタイムスタディ解析の評価 —シミュレーションデータと実データの比較—

寺下 貴美¹⁾ 佐藤 ひとみ¹⁾ 遠藤 晃²⁾ 石井 英樹¹⁾ 上杉 正人¹⁾
西本 尚樹¹⁾ 谷川 琢海¹⁾ 孫 芹先¹⁾ 小笠原 克彦³⁾ 櫻井 恒太郎¹⁾

我々はこれまでに、看護師のタイムスタディデータより新たな情報を抽出することを目的として、業務の周期に着目して時系列データに周波数解析を行い看護業務に内在する周期的特徴を抽出し報告した。今回我々は特定の業務が時間的に連続しているかまたは分散しているかを想定したシミュレーションデータを作成して同様の解析を行った。この結果を基に、実際の業務改善の前後に行ったタイムスタディの分析結果を比較することにより、この分析手法が業務改善の評価に有効であるかどうかを検討した。シミュレーションデータは1分単位で記録された実際の業務の項目別の量に基づいて作成した。セグメント時系列解析はシミュレーションデータ、実データともにセグメント区間を24時間(1,440点)、セグメントのシフトを1時間(60点)として2日分(2,880点)のデータに対し行った。パワースペクトルの算出には最大エントロピー法を用いた。シミュレーションデータの分析の結果、得られた周期は短周期領域と中・長周期領域に分けられ、短周期領域では周期の変化を詳細に認識することで、中・長周期領域では中・長期の傾向として認識することができるなど、想定した病棟での業務の連続化を反映する変化を読み取ることができた。時間的な集中や分散を目的とする業務改善の場合、業務改善前後に収集したタイムスタディを本法で解析し比較することで、業務の変更による周期的な変化を視覚的に観察することが可能である。今後、この分析手法は業務変化の影響を観察するシミュレータとして応用を拡大することも期待できる。

キーワード: タイムスタディ, 最大エントロピー法

Evaluation of time study analysis by segment time series analysis using maximum entropy method : Terashita Takayoshi¹⁾ Satoh Hitomi¹⁾ Endoh Akira²⁾ Ishii Hideki¹⁾
Uesugi Masato¹⁾ Nishimoto Naoki¹⁾ Tanikawa Takumi¹⁾ Son Qinzian¹⁾
Ogasawara Katsuhiko³⁾ Sakurai Tsunetaro¹⁾

In our previous study, we applied frequency analysis on the sequential time study data of nurses in a busy in-patient ward, in order to extract periodic feature of the nursing service. In this paper, we prepared and analyzed a pair of simulated data of time study, in which either continuous or fragmented work schedule are assigned. Comparison of these simulated data with a pair of actual data, taken before and after the change of work schedule, was performed to examine whether the effect of the schedule change could be recognized and evaluated by the analysis. The simulated data was generated based on the total amount of classified items observed in the actual time

¹⁾北海道大学大学院医学研究科 医療情報学分野

²⁾北海道大学病院 医療情報部

³⁾北海道大学医学部保健学科 放射線技術科学専攻

〒060-8638 北海道札幌市北区北15条西7丁目

TEL: 0117066064

FAX: 0117005608

E-mail: terapist@med.hokudai.ac.jp

^{*1)}Department of Medical Informatics, Hokkaido University Graduate School of Medicine

^{*2)}Department of Medical Informatics, Hokkaido University Hospital

^{*3)}Department of Radiological Technology, Hokkaido University School of Medicine and Health Science
N15, W7, Kitaku, Sapporo

study. The segment time series analysis was performed at the range of segment time series of 24hours and the shift of segment time of one hour for two days. The maximum entropy method (MEM) was used to calculate the power spectrum. The result of segment time series analysis of the simulated data featured a short cycle area and a medium to long cycle area. In the short cycle area, detailed variation of the cycle was clearly recognized, while the long term trend appeared in the medium to long cycle area. It is expected that the analysis of simulated data provides the visual assessment of the change of cycles of nursing service when applied to the data of actual time studies before and after the change of work schedule, as reported in our previous work. The simulation data analysis may be applied to evaluate the effect of other causes of interest.

Keywords: Time Study, Maximum Entropy Method

1. はじめに

タイムスタディは生産管理などで用いられている業務改善のための評価手法であるが^{1,2)}、医療分野、特に看護領域では業務量調査の測定手法として用いられてきた。しかし、これまで行われてきた研究では単純な時間集計を算出することのみで行われることが多く、その他の情報抽出はほとんど行われていない³⁻⁶⁾。医療分野では、医療従事者・作業環境・患者状態などの複雑な要因を考慮する必要がある、目的を達成するためには単純な時間集計だけでは不十分である。さらに医療業務でのタイムスタディを十分に解釈し活用するための手法はまだ確立していない。

我々はタイムスタディデータより新たな情報を抽出することを目的として、業務の周期に着目し、時系列データに周波数解析を行うことで業務に内在する周期的特徴を抽出し報告した⁶⁾。さらにセグメント時系列解析を行うことで周期の時間的変化を視覚的に認識することが可能であった⁷⁾。これまでの研究では実際に業務改善を行った病棟におけるタイムスタディデータを対象に解析を試みたが、収集期間における患者要因や突発的な出来事による要因を把握できなかったため、得られた周期的特徴の変化が業務改善による影響かどうかを断定することはできなかった。

業務改善やその他の介入により、業務が連続されたまたは分散されたというような時間的変化が起これば、出現する周期のピークの数や鋭さの変化を分析結果として観察することができるはずである。そこで今回我々は連続した業務と分散した業務を想定したシミュレーションデータを作成して比較し、

得られた結果と実際のタイムスタディの分析結果を比較することで、業務改善の効果を評価することができるかを検討した。

2. 対象と方法

2.1 対象

対象は某大学病院で行われたタイムスタディのうち外科系1病棟について2004年11月25日～12月1日(第1期)と2006年3月24日～3月30日(第2期)のデータ(計14日間)を用いた。タイムスタディのデータ収集は1分間を単位として業務分類コードを記録する自己記載方式で収集され、業務分類は日本看護協会看護婦職能委員会が作成した看護業務分類に対して対象大学病院による独自の修正を加えたものを使用した。また業務分類は対象科の看護師長により149の分類項目から業務に合わせた33個の業務カテゴリに再編成されたものを集計して用いた。表1に33個の業務カテゴリを示す。

表1 業務改善に合わせて再編成した業務カテゴリ

1. 直接的日常生活の世話	18. クラーク業務
2. 安楽への援助	19. 訪問業務
3. 精神的援助	20. 看護過程記録
4. 安全対策	21. インフォームドコンセント
5. 環境整備	22. 記録からの情報収集
6. 観察測定	23. 看護の連携に関する行為
7. 指導・オリエンテーション	24. 師長業務
8. 精神科領域リハビリテーション	25. スタッフ・学生指導
9. 移動・移送	26. 研修・研究
10. 患者の用事	27. 会議
11. 看取りに関する業務	28. 休憩
12. 医師との連絡	29. 感染対策
13. 注射業務	30. 検診
14. 注射以外の薬剤管理	31. 待機
15. 診察・検査介助	32. 調査時間
16. 助産行為	33. その他分類不能なもの
17. 物品・薬剤管理	

対象とした病棟では第1期と第2期の間に以下の業務改善を行っている。

- 1) 患者の入院に関して、「手術前数日間に分散入院」から「手術前日に入院」へとの変更
- 2) クリティカルパスを3種類から7種類へ拡大
- 3) 点眼・手術の準備・保清等を患者担当業務から専任処置係へ分離

これらの改善により分散されていた業務の統合が行われ、有効であったことがわかっており、改善による効果の詳細はすでに報告されている⁸⁾。

2.2 セグメント時系列解析

セグメント時系列解析の方法はまず業務カテゴリごとに、横軸を分単位の時刻、縦軸を業務を行った人数の割合とした2日間連続(2,880点)の人員グラフを作成した。次にその人員グラフより24時間分(1,440点)のデータを1時間ずつずらして抽出し、複数のセグメント時系列を得た。それぞれのセグ

メント時系列に対して横軸を周期としたパワースペクトルを算出し、セグメントスペクトルとした。最後にそのセグメントスペクトルを時間順に並べ3次元スペクトルアレイとして表示した⁹⁾。パワースペクトルの算出には最大エントロピー法を用いた¹⁰⁾。なお通常用いられる斜め上方から鳥瞰した3次元表示ではラインの重なりなどからピークを正確に追うことが困難であるため、真上から見た視点の3次元スペクトルアレイを作成した。スペクトル密度の強弱は画像の明暗として表示した(図1)。セグメント時系列解析の結果は縦軸がセグメント時系列、横軸が周期を表している。周期は図の左から右へ長い周期から短い周期に変化する。これは周期と周波数の関係が逆数であることによる。また本研究では真上から見た視点の3次元スペクトルアレイで結果を表示していることにより、ピークの立ち上がりが鋭いものは幅の細いピークの列、ピークの立ち上がりが緩やかなものは幅の広いピークの列として観察できる。

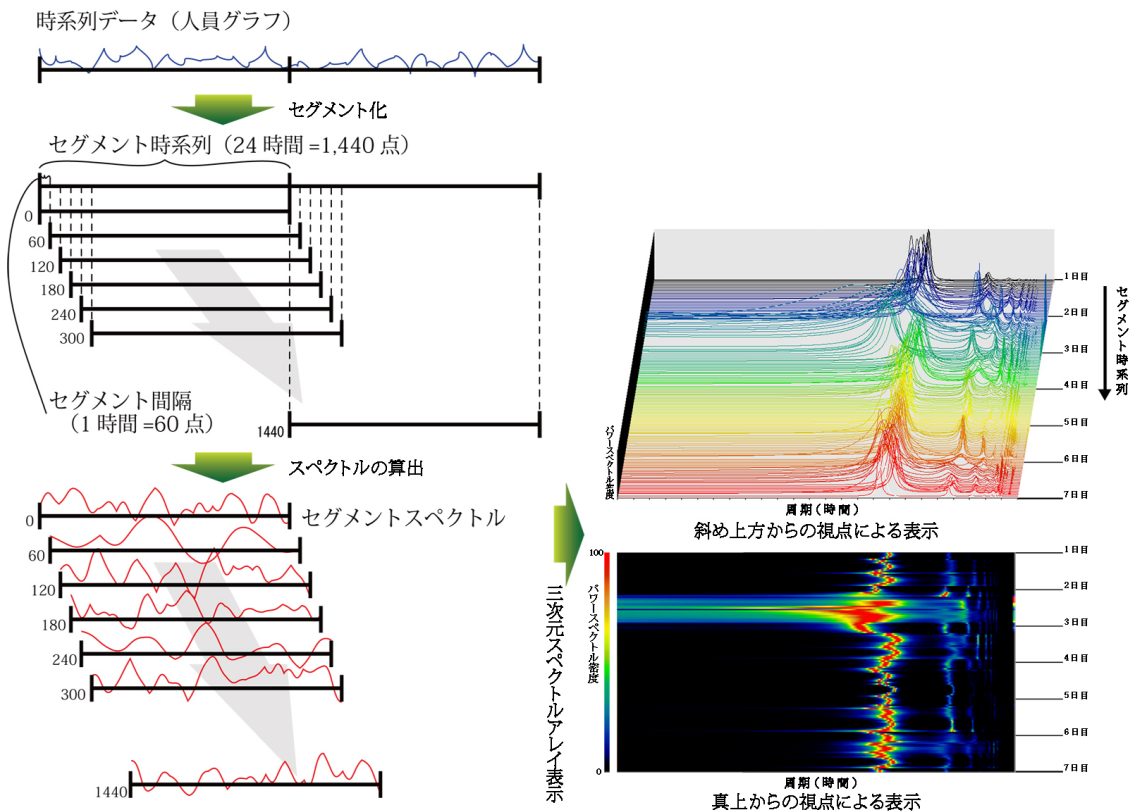


図1 セグメント時系列解析

3. シミュレーション

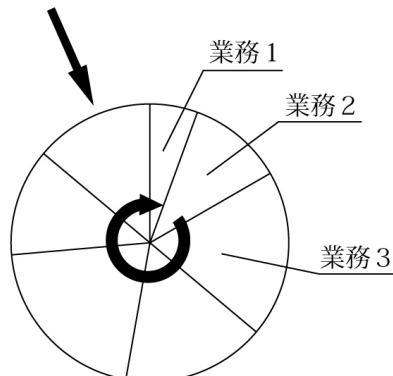
3.1 シミュレーションデータの作成

シミュレーションデータを作成するため、第1期調査のデータを用いて、それぞれの時間(分単位)における業務の発生頻度分布を作成した。さらに業務ごとにおける連続時間の頻度分布も作成した。データ作成は、まず業務を行う対象看護師のある時間を決定し、その時間における業務の発生頻度分布を面積に対応させたルーレットを作成し、一様乱数を与えることでそのルーレットを回して、その時間に行われる業務を決定する(図2①)。次にその決定された業務における連続時間の頻度分布を基に、面積に対応させたルーレットを作成し、再度一様乱数を与え、その発生した業務の連続時間を決定する(図2②)¹²⁾。それらを「その時間から業務が連続時間の間発生した」として業務分布図にあてはめた(図2③)。この操作を模擬病棟での看護師勤務スケ

ジュールに従って繰り返すことでタイムスタディのシミュレーションデータを得る。模擬病棟における看護師の勤務スケジュールは日勤6名、準夜勤2名、深夜勤2名(計10名)とし、9時間業務を想定し、日勤、準夜勤、深夜勤の交代によるオーバーラップは1時間とした。1日分の周期変動をセグメント時系列解析で分析するため、全部で2日間(2,880点)のデータとした。また統計誤差を抑えるため上記の操作は100回の施行を行った。一様乱数の生成はメルセンヌ・ツイスタ¹¹⁾により行い、初期値はコンピュータのマイクロセックを用いた。

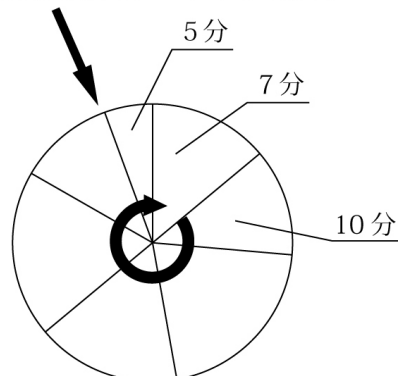
次に散在した業務がまとまった業務へと変化していく様子を「短い周期」から「長い周期」への変化と定義し、意図的に周期を持たせた人員グラフを作成した。意図的な周期は観察が容易であるサイン波を選択し、1時間から24時間まで1時間ずつ周期を変化させ比較した。業務カテゴリの「20.看護過程記録」を対象に行い、業務時間の合計値が保存されるように波形を作成した。

①それぞれの時間における業務の発生頻度分布よりルーレットを作成



一様乱数を与えルーレットを回し
その時間の業務を決定

②業務ごとにおける連続時間の頻度分布よりルーレットを作成



再び一様乱数を与えルーレットを回し
その業務の連続時間を決定

③業務と連続時間を業務分布図にあてはめる

看護師 A							
看護師 B							
看護師 C							

図2 シミュレーションデータの作成

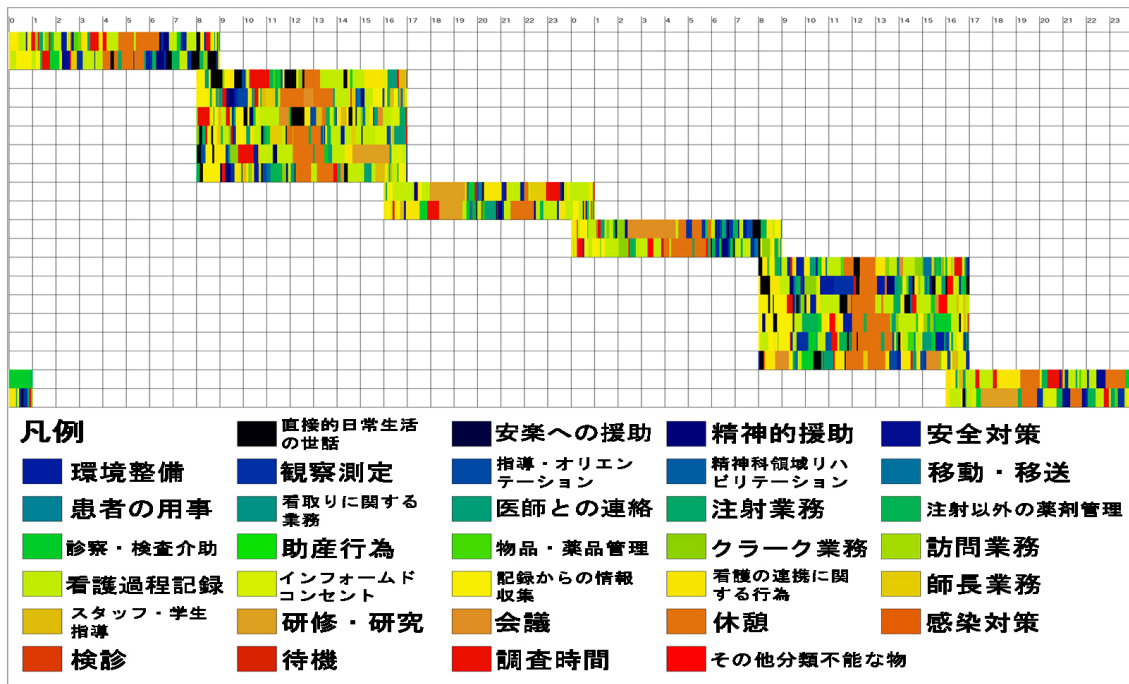


図3 シミュレーションデータの業務分布図

3.2 シミュレーションデータの解析

シミュレーションデータからの業務分布図(図3)、業務分布図から作成した業務カテゴリごとのセグメント時系列解析の結果(図4)を示す。業務分布図(図3)は模擬病棟の2日間の看護師の勤務状況を示しており、看護師の業務時間帯のほぼ中央に「28.休憩」が位置し、日勤帯の午前中には「1.直接的日常生活の世話」が多く分布しており、「20.看護過程記録」が全体的に配置されている。セグメント時系列解析の結果(図4)は上から業務カテゴリ順に結果が並べられており、単一の幅の狭いピークの列が観察できるもの、幅の広いピークの列が観察できるもの、複数のピークが観察できるものが見受けられた。

「5.環境整備」、「14.注射以外の薬剤管理」、「15.診察・検査介助」では5時間の周期、「22.記録からの情報収集」、「28.休憩」では8時間の周期に単一の幅の狭いピークの列が観察された。

「1.直接的日常生活の世話」、「3.精神的援助」、「7.指導・オリエンテーション」、「19.訪問業務」、「25.スタッフ・学生指導」、「26.研修・研究」では周期が16時間以上の周期領域に幅の広いピークの列

が観察され、「6.観察測定」、「10.患者の用事」、「17.物品・薬品管理」、「18.クラーク業務」、「27.会議」、「29.感染対策」では周期が16時間から8時間の領域に幅の広いピークの列が観察された。

「2.安楽への援助」、「4.安全対策」、「9.移動・移送」、「12.医師との連絡」、「13.注射業務」、「20.看護過程記録」、「21.インフォームドコンセント」、「23.看護の連携に関する行為」、「24.師長業務」、「32.調査時間」、「33.その他分類不能なもの」では複数の周期ピークが観察された。

また第1期調査において「8.精神科領域リハビリテーション」、「11.看取りに関する業務」、「16.助産行為」、「30.検診」、「31.待機」に関する業務は一度も発生しなかったため、頻度分布を得ることができず、解析不能であった。

以上の結果よりピークの視覚的な特徴から周期領域を次の3つに分けることができた。

- 1) 短周期領域(周期が8時間以下の領域)
- 2) 中周期領域(周期が8時間から16時間の領域)
- 3) 長周期領域(周期が16時間以上の領域)

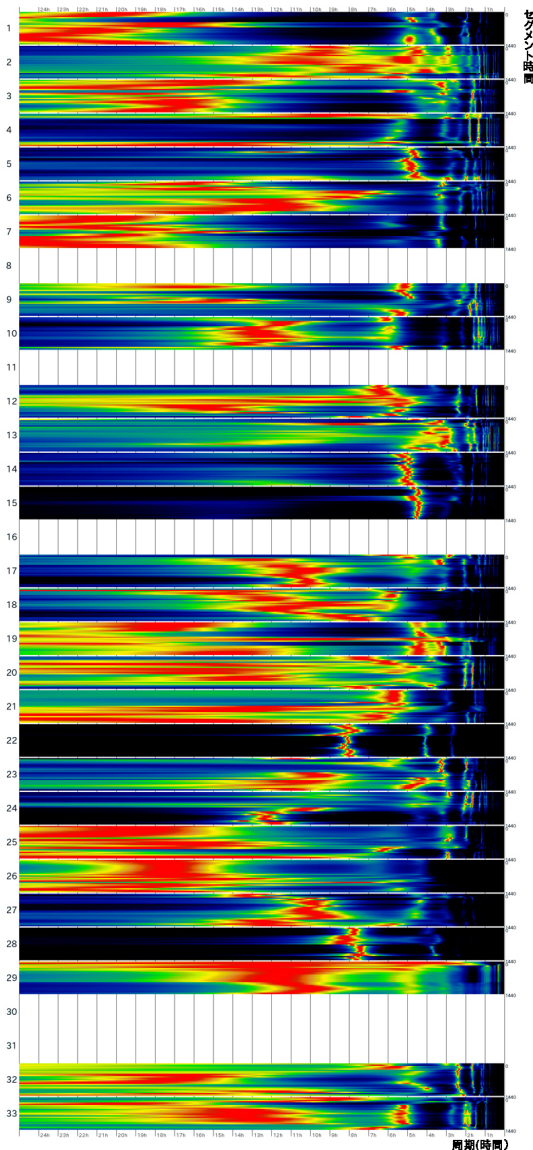


図5 シミュレーションデータのセグメント時系列解析

3.3 周期を変化させたシミュレーションデータの解析

意図的に周期を1時間から24時間まで1時間ずつ変化させたときのセグメント時系列解析(図5)を示す。

図5では一番上の段は意図的な周期を与えていない結果で、次の段から順に想定周期の変化で並べられており、想定周期の変化に伴いピークの位置がシフトする様子が観察できる。想定周期が8時間

以下の解析結果では想定周期と同じ周期に幅の狭いピークの列が出現し、ピークの列もほぼ一直線上にならび揺れが少ない。想定周期が8時間から16時間の結果ではピークの列はほぼ想定周期周辺に集まっているが、揺れは大きくなっている。想定周期が16時間以上の場合には幅の広いピーク列が観察できる。

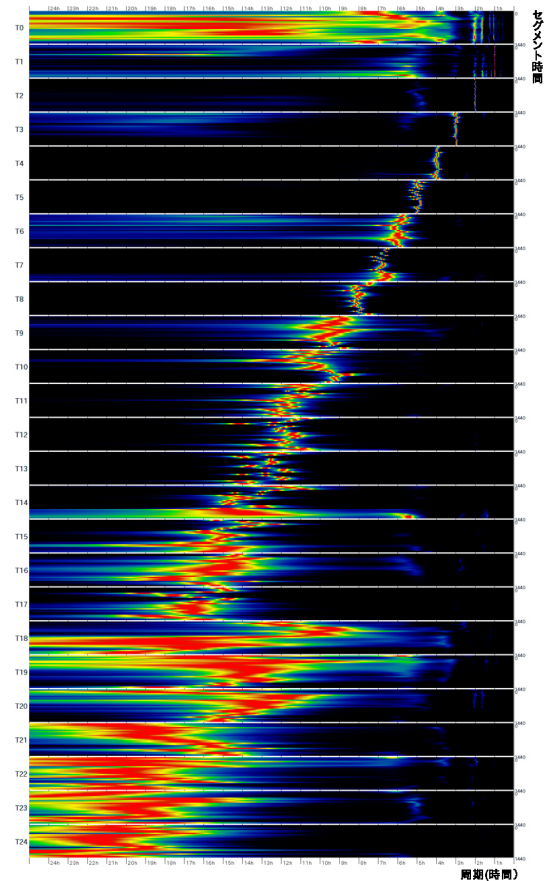


図6 「20. 看護過程記録」における周期を変化させたセグメント時系列解析

4. 実データの比較

佐藤らの報告に基づき、第1期調査の2004年11月30日～12月1日と第2期調査の2006年3月26日～3月27日における「20. 看護過程記録」のセグメント時系列解析結果を比較した(図6)。第1期調査のセグメント時系列解析(図6b)では中・長周期領域に幅の広いピークの列を認め(矢印1)、第2

期調査では周期が約4 時間の位置に幅の狭いピークの列が観察された(矢印2)。佐藤らによれば、業務変更の結果、第1期調査では入院患者の受け入れに関する記録業務が午後に集中し、第2期調査では午前と午後に分散して行われたと報告している⁸⁾。人員グラフ(図6a)では、業務が第1期調査の日勤帯において午後に連続的に分布してい

るが(矢印3)、これに対して第2期調査の日勤帯では間欠的に業務が行われている(矢印4)。セグメント時系列解析ではこれを反映し、第1期調査は業務が一時期に集中しているため中・長周期領域に幅の広いピークの列として観察され、第2期調査では午前と午後に分散しているため短周期領域に幅の狭いピークの列が観察された。

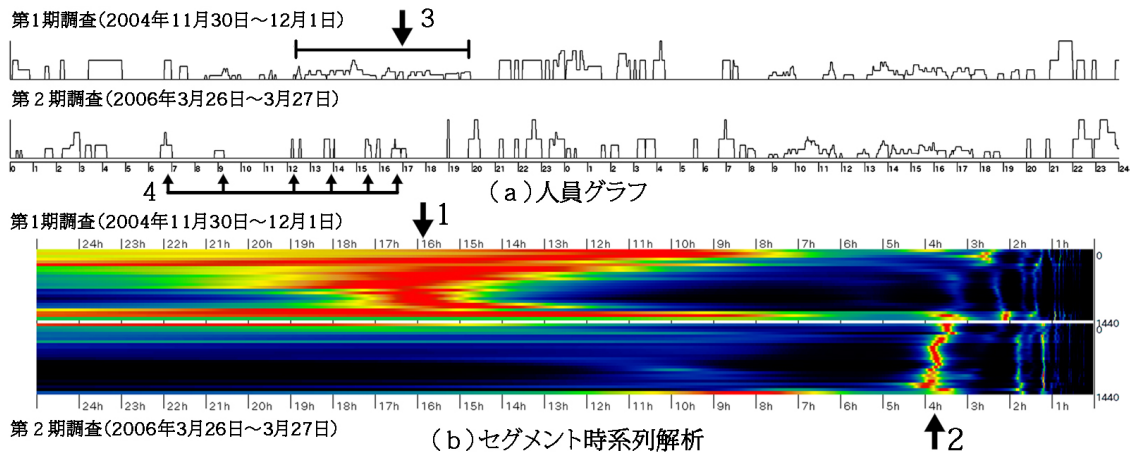


図6「20. 看護過程記録」におけるセグメント時系列解析の第1期調査と第2期調査の比較

5. 考察

5.1 シミュレーションデータの妥当性

単一の幅の狭いピークの列が観察された周期5時間のものは患者に由来し、周期8時間のものは看護師の勤務に由来する業務であり、両者とも業務の持つ特有の周期である。中・長周期領域に幅の広いピークの列が現れた業務カテゴリは主に日勤業務のみで発生する業務や、もともと頻度が少ない業務、どの時間帯でも一定に発生している業務で、中・長期の傾向として観察されたものである。複数のピークがあったものは、上記の2つと同様の理由により、業務の持つ特有の周期と中・長期の傾向として観察されたピークが合わさったものと推測される。これらのことからシミュレーションデータの発生を実データの頻度分布と一様乱数から行い、想定した病棟を反映するおおむね妥当なデータが得られたと考えられる。業務が発生せず解析不能であったものや頻度が少ないものがあつたが、タイムスタディの収集期間を延長したり、タイプの似た病

棟のものを使用することで改善できると考えられる。

5.2 短周期と中・長周期の領域

セグメント時系列解析ではピークの視覚的な特徴から周期領域を短周期領域、中周期領域、長周期領域に分けて結果を認識する必要がある。短周期領域では結果を幅の狭いピークの列で視覚的に捉えることができ、得られた周期の変化を詳細に認識することができる。中・長周期領域では結果を幅の広いピークの列で捉えることができ、得られる周期は中・長期の傾向として認識することができる。しかし周期領域の境界は固定しているわけではなく、設定したセグメント区間によると考えられる。今回の解析ではセグメント区間を24時間として解析したが、最大エントロピー法による周波数解析では有限データからスペクトルを推定するため、セグメントの区切り方によっては推定スペクトルの結果が一定にならない場合がある。そのため周期領域の境界はセグメント区間の1/3であつたと考えられる。意図的に周期を与えたシミュレーションデータの解析にお

いて想定周期が8時間以上の解析結果ではピークが想定周期周辺に集まらず、ピークの列が大きく揺れていたが、これもセグメント区間の設定によるものであると考えられる。これは目的にあったセグメント区間を設定することで解消すると考えられる。また最適なセグメント区間の設定は今後の課題である。

5.3 業務改善評価のための利用

業務改善の目的が業務の時間的な集中や分散を目的とするものなら、業務改善前後に収集した実データにおける分析結果より周期の変化を比較することで、改善の効果を視覚的に観察することが可能であると考えられる。

また、シミュレーションの結果から意図的に周期を作成し解析したが、業務改善の対象外業務にその影響を与えるアルゴリズムの構築にはいたらなかったため、改善の波及効果を評価することはできなかった。今後、対象外業務にその影響を与えるアルゴリズムを構築すれば、対象業務に対して意図的に周期を変更したとき、対象外業務への影響を観察できるシミュレータとしても開発することが可能である。

6. まとめ

本手法では業務の周期的特徴を視覚化することができ、業務の集中や分散による影響を観察できる。また解析結果は短周期領域と中・長周期領域に分けて扱う必要があり、目的にあわせたセグメント区間の設定が必要である。さらにシミュレータとして使用することも期待できる。

参考文献

- [1] 嶋本康夫.実践現場シリーズ2 IE7つ道具.日刊工業新聞社,2004,105-125.
- [2] 平野裕之.「新IE」入門シリーズ3 新作業研究 一現代ものづくりの基本技術一.日刊工業新聞社,

2004,89-118.

- [3] 大野ゆう子,稲邑清也,井上俊彦,他.タイムスタディに基づく医療費原価計算の試み 第一報 病棟多職種職員および患者のタイムスタディ結果.第18回医療情報学連合大会論文集,1998,708-709.

- [4] 窪田英明,河田由紀子,田中初美,他.病棟看護業務タイムスタディによる病棟間の業務特徴比較.第20回医療情報学連合大会論文集,2000,244-245.

- [5] 角谷知恵美,宇城靖子,村松由美子,他.看護情報システムの導入による業務分析ー1分間タイムスタディによるシステム導入前後の比較ー.第2回看護情報研究会論文集,2001,45-46.

- [6] 寺下貴美,佐藤ひとみ,遠藤晃他.看護業務タイムスタディにおける最大エントロピー法を用いた時系列分析.第25回医療情報学連合大会論文集,2005,25,404-407.

- [7] 寺下貴美,佐藤ひとみ,遠藤晃,他.看護業務タイムスタディのセグメント時系列解析ー業務改善の効果の3次元スペクトルアレイによる視覚化ー.第26回医療情報学連合大会論文集,2006,26,414-417.

- [8] 佐藤ひとみ,遠藤晃,寺下貴美,他.業務分布図を用いた業務改善の評価.第7回看護情報研究会論文集,2006.

- [9] 前田倫,田中幸雄,杉田義郎,他.南極大陸における越冬・暗夜期のヒトの体温・行動量の概日リズムー第34次観測越冬隊の記録からー.最大エントロピー法による時系列解析の最近の進歩ー医学・生物学への適用ー,北海道大学図書刊行会刊,1994,73-103.

- [10] 日野幹雄.スペクトル解析.朝倉書店,1977.

- [11] MAKOTO MATSUMOTO,TAKUJI NISHIMURA.Mersenne twister: a 623-dimensionally equidistributed uniform pseudo-random number generator.ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation,1998,1,3-30.

- [12] 安居院猛.ジェネティックアルゴリズム.株式会社昭晃堂,1993.