原 著

看護提供方式の基本特性に関する数理モデルによる 解析：パートナーシップ・ナーシング・システムの特徴

Analysis of the Fundamental Character of Nursing Care Delivery System Based on
Mathematical Models: Character of the Partnership Nursing System

犬塚裕樹^{1),2),*}, 藤丸清佳³⁾

Hiroki Inutsuka, Sayaka Fujimaru

キーワード：看護提供方式, パートナーシップ・ナーシング・システム, 患者待ち行列, 看護ケア効率, 看護管理

Key words : nursing care delivery system, Partnership Nursing System, patients' queue, care efficiency, nursing management

Abstract

Objective: This study aimed to evaluate quantitatively some of the fundamental characters of the Partnership Nursing System (PNS) as a nursing care delivery system.

Method: Using the mathematical model of Stochastic process we investigated the influence of the difference in the number of care delivery for patients at a time (the number of reception windows) on the number of patients waiting for nursing care (patients' queue length). Furthermore, we investigated the care efficiency when an expert nurse and a beginner nurse provided nursing care together as a pair.

Results: The average number of patients waiting for nursing care increased about 10 times, depending on the traffic density as the number of reception windows decreased by half from two to one. This result showed that the PNS imposed severe burden on patients. Further, when an expert nurse and a beginner nurse provided nursing care together as a pair, the care efficiency decreased compared to the case of each nurse providing care alone.

Conclusion: The two structural characters of PNS made PNS disadvantage compared to the case where each nurse gave nursing care separately. It was suggested that for PNS to be effective, the possibility remains which the joint co-operation is necessary, accompanied by intense communication.

要 旨

目的：看護提供方式としてのパートナーシップ・ナーシング・システム（PNS）の看護特性を数理モデルによって定量的に評価した。

方法：確率過程の数理モデルを使い、看護提供の受け口数の違いが患者の看護待ち行列数に及ぼす効果を調べた。さらにベテランナースと新人ナースがペアを組み看護ケアを分担する場合の看護ケア効

受付日：2021年4月7日 受理日：2021年8月24日

1) 久留米大学医学部看護学科 Kurume University School of Nursing 2) 現：熊本県立大学環境共生学部（非常勤講師） Prefectural University of Kumamoto, Faculty of Environmental and Symbiotic Sciences (Adjunct instructor lecturer) 3) 久留米大学大学院医学研究科博士課程 Kurume University Graduate School of Medicine, Doctor Course

* E-mail: hinutsu01@gmail.com

率を調べた。

結果：看護待ち行列の平均人数は、看護提供の受け付け口数が2から1に半減すると、トラフィック密度に依存し、およそ10倍に増え、患者に厳しい負担を与えることになった。さらに、ベテランナースと新人ナースが看護ケアを分担すると、単独で行う場合に比べ、看護ケア効率が落ちた。

結論：PNSの2つの構造的特性は、ナースが単独での看護提供に比較して不利な結果となった。PNSが患者に、より安全で質の高い看護サービスを効率よく提供するためには、ナース間で高度なコミュニケーションを図り、互いを補完し協働することが必要である可能性が残された。

I. 緒 言

安全で質の高い看護を患者に提供することを目指して、長年をかけてチームナースングやプライマリナースングなどの看護提供方式が開発され、施行されてきた。これらは、基本的には1人の看護師が特定の複数の患者を担当し、担当患者のすべてに責任をもつ自己完結型看護方式と呼ばれる。この方式では、患者観察、臨床判断、及び患者に提供される看護に、ナースの看護経験年数や力量の差などによりナース間で差がでるなどの問題が提起されてきた(橘, 2012)。

これらの問題に対処するために、2009年に福井大学病院で、2人の看護師がペアとなって同一の患者に対してサポートする新しい看護提供方式が開発された(上山ら, 2012; 橘, 2012)。これは、パートナーシップ・ナースング・システム(PNS: Partnership Nursing System)と呼ばれ、看護師が安全で質の高い看護を提供するとともに、ワーク・ライフ・バランスの改善にも効果的といわれ、多くの共感を得て多くの病院に短期間のうちに普及した。その後、看護師や患者へのアンケート調査が行われ、PNSに対する看護師の認識や様々な成果、患者からみたPNSに対する満足度調査などの評価、及び課題が明らかにされてきた(上條ら, 2015; 丸岡ら, 2015; 村田ら, 2014; 橘, 2014)。

一方、看護提供方式の良し悪しを検討する上で、定量的な評価も有用である。医療スタッフに対するアンケート調査を基にしてPNSに対する定量的な評価が、最近、なされた(高田ら, 2019)。その他の定量的評価方法として、数理モデルによる研究が考えられる。

数理モデルによる解析では、明確な結論を得るためには、本質的な要素を含み、できるだけ簡単な数理モデルでなければならない。単純化した数理モデルに基づく研究方法では、現実の複雑な看護提供状況を忠実に再現し、看護提供方式が包含するすべての重要な特性を同時に調べることは、必然的に不可能である。しかし、簡単な数理モデルをうまく利用することによって、看護提供方式の特定の側面における重要な特性を

明らかにできる可能性があり、新しい看護提供方式を導入する前に、その効果、利点欠点を予想することができ、導入後にいろいろな変更を場当たり的に行うことがなくなる。数理的モデルによる研究は基礎的な資料として重要な役割を果たすかもしれない。

一般に、看護提供方式の基本的特性は、大きく次の2つに分類できるかもしれない。1つは、医療スタッフの業務上の動線及び患者の歩行の動線、医療資材の病棟内配置及び看護提供受け付け口数などの構造的特性である。もう1つは、ナース間及びナースと患者間のコミュニケーションなど、人と人との相互作用を伴う機能的特性である。

本研究において、数理モデルを基に、PNSと従来の自己完結型看護方式(以後TNSと記す: Traditional Nursing System)の特性の1つである構造的特性が、患者の看護提供待ち状況に及ぼす影響や看護ケアの効率に及ぼす効果の違いを定量的に明らかとすることを目的とする。これにより、患者の負担を軽減でき、さらにナースの時間的余裕を生み出すことができる、医療現場に即した看護提供方式に改善することを目指す。そこでは、より適切なフィジカルアセスメントが行え、あるいは観察漏れを抑えるような、安全で質の高い看護提供ができるだろう。

PNSの構造的特性として、(1)看護提供受け付け口数(窓口数)と(2)PNSにおいてベテランナースと新人ナースがペアとなりケアを分担することが、それぞれ、看護ケア待ち行列患者人数と看護ケア効率に与える影響について検討した。(1)では、確率過程の数理モデル(Neuts, 1981)を適用し看護の待ち行列を解析した。

この確率過程の数理モデルは、電話交換機、スーパーマーケットのレジ、病院の診察などで客が偶然に行列をつくって待つ現象に対して研究された(Neuts, 1981; 紀ら, 2010)。待ちの発生メカニズムをこの数学モデルによって表現し、待ちを減らすための分析などに利用されてきた。本研究では、この確率過程を、患者の看護ケア提供待ち問題へ適用した。

Ⅱ. 方 法

1. 看護提供受付け口数の影響

特定の2人のナースに注目し、かれらがTNSにおいて各自がそれぞれ分かれてケアを行った場合と、ペアを組みPNSにより共にケアを行った場合を考える。2人のナース当たり、TNSでは患者に同時に提供できる看護提供の受付け口数が2つであるのに対してPNSでは1つに半減することになる。

患者は看護が必要な時、ナースによる看護提供を受けるが、すでに他の患者がナースによる看護提供を受けている場合には、その提供が終了するまで待たなければならない。ナースコールが鳴るような、患者がナースより看護を必要とする時点が、時間的に独立にランダムに生じると仮定する。このような状況は、患者が看護提供を受ける際の「待ち行列」と捉え「確率過程」(Neuts, 1981; 紀ら, 2010)の数理モデルで捉えることができる。確率過程の理論を看護提供の状況に適用し、患者への看護提供受入れ口数が2つから1つに半減することが看護提供の待ち行列の人数へ及ぼす効果を調べた。

次のようにモデルを設定する。平均して、単位時間に λ 人の患者が看護を必要とする。そして、看護提供では1つの受付け口では単位時間あたり μ 人のケアを完了できるとする。したがって、TNSではケア完了人数は単位時間あたり 2μ 人である。単位時間に、待ち行列の患者を処理する人数に対して、待ち行列に加わる人数の比はトラフィック密度と呼ばれ、次のように定義される：

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}.$$

看護提供の受付け口数の違いの効果をみるために、患者のケア待ちの初めと終わりが影響する境界のノイズを除くように、患者数は多く、時間的に一定の待ち患者の流れがあるとした定常状態を考えた。PNSとTNSの2つの方式で、トラフィック密度が看護提供を待つ「平均待ち患者人数」に及ぼす影響を求めた。

2. ベテランナースと新人ナースがペアを組みケアを分担する影響

同じケアを行うのであっても、経験豊かで要領よく短い時間で処置できるベテランナースと、それに比べて長い時間を要する新人ナースがペアとしてケアを分担して行う場合を考える。ペアでのケアは、詳細に見ると同一時刻にはどちらか一方がケアをしていて、交

互に交代し、全体としては、ベテランナースと新人ナースは同じケア数となっていると仮定する。

このPNSの看護ケア効率を求めた。本研究では、看護ケア効率とは、ナースが「単位時間当たり処置するケア数」と定義した。この看護ケア効率と、各々のナースが別々に全体のケアを行うTNSの場合の看護ケア効率の期待値（平均看護ケア効率）とを比較した。同様な n 個のケアがあり、この1ケアに必要とする時間が、ベテランナース N_1 では、 s_1 、新人ナース N_2 では s_2 であるとする。

Ⅲ. 結 果

1. 看護提供受付け口数の影響

看護提供を必要とする患者の発生過程に、確率過程の待ち行列の理論を本研究の目的に適用すると、看護提供の受付け口が1つであるPNSの場合、患者の平均待ち行列人数 L_q は

$$L_q = \frac{\rho^2}{1-\rho} \quad (1)$$

である。

一方、受付け口が2つであるTNSでは、患者の平均待ち行列人数 L_q は

$$L_q = \frac{\rho^3}{(2-\rho)^2} P_0 \quad (2)$$

である。ただし、

$$P_0 = \frac{1}{1 + \rho + \frac{\rho^2}{2-\rho}}$$

である。

上の(1)と(2)式において、トラフィック密度 ρ が患者の平均待ち行列人数 L_q にどのように影響するかをわかりやすく見るため、トラフィック密度 ρ に対する患者の平均待ち行列人数 L_q を図1にグラフで示した。

図1から次のことがわかった。患者の看護待ち行列の平均人数は、看護提供受付け口数と看護待ちのトラフィック密度の両方に強く依存した。また、受付け口数にかかわらず、いずれもトラフィック密度が増えれば、看護待ち行列の平均人数は増加した。実際の看護現場ではトラフィック密度はナース、時刻及び部署によって大きく異なると思われる。およそ一般的と思われる単位時間当たりのケア処理人数に対して4割ぐらいの人がケアを必要とする場合、すなわち、 $\rho = 0.4$ の時は、TNSでは患者の看護待ち行列の平均人数は0.017

図1 トラフィック密度に対する待ち行列の平均患者数

A: TNS の場合: 看護提供受け口数が2つ.

B: PNS の場合: 看護提供受け口数が1つ.

人に対して、PNS ではおよそ 14.7 倍の 0.25 人であった。トラフィック密度が大きくなって、 $\rho = 0.6$ では、TNS において、患者の平均待ち行列人数が 0.06 人に対して PNS では、およそ 16.7 倍の 1 人、そして、 $\rho = 0.8$ でのトラフィック密度の大きさでは、TNS において、0.15 人に対して PNS では、20 倍の 3 人となった。

PNS における、看護提供受け口数が半分となる影響は、待ち行列の平均待ち人数に対して、2 倍どころではなく、トラフィック密度に依存して、10 倍から 20 倍程の増加となることがわかった。

2. ベテランナースと新人ナースがペアを組みケアを分担する影響

看護ケア効率、すなわち単位時間当たりの処置ケア数は、ベテランナース N_1 と新人ナース N_2 において、それぞれ $1/s_1$ と $1/s_2$ である。

TNS の場合では、 N_1 と N_2 がそれぞれ独立に全ケアを処置したときの、全体の看護ケア効率の期待値（平均看護ケア効率） γ_T は、

$$\begin{aligned}\gamma_T &= \frac{\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2}}{2} \\ &= \frac{s_1 + s_2}{2s_1s_2}\end{aligned}\quad (3)$$

となる。

一方、PNS で、ベテランナース N_1 と新人ナース N_2

がペアでケアを行う場合、2 人のケアの合計は n とし、各ナースに $n/2$ ずつに均等に分担されているとする。さらに、お互いの影響はないとする。ここで、 n が奇数の場合、 n は十分に大きいと仮定して、2 人のケアの分担数は n を実数と見なして $n/2$ とした。

この状況で、全ケアに 2 人が費やす時間 S は

$$S = \frac{n}{2}(s_1 + s_2)$$

となる。したがって、全体の効率 γ_p は

$$\gamma_p = \frac{n}{S} = \frac{2}{s_1 + s_2} \quad (4)$$

である。こうして、 γ_p と γ_T の比は、(3) と (4) より

$$\frac{\gamma_p}{\gamma_T} = \frac{4s_1s_2}{(s_1 + s_2)^2} \quad (5)$$

となる。

ここで、正の実数 s_1 , s_2 に対して、「相加相乗平均の不等式」により

$$\frac{s_1 + s_2}{2} \geq \sqrt{s_1s_2} \quad (6)$$

が成り立つ。ただし、等号は $s_1 = s_2$ の時である。

(6) の両辺を二乗して

$$\frac{(s_1 + s_2)^2}{4} \geq s_1s_2.$$

これを变形して

$$\frac{(s_1 + s_2)^2}{4s_1s_2} \geq 1.$$

この両辺の逆数をとると

$$\frac{4s_1s_2}{(s_1 + s_2)^2} \leq 1 \quad (7)$$

が得られる。

そこで、(5) と (7) より

$$\frac{\gamma_p}{\gamma_T} \leq 1.$$

すなわち、

$$\gamma_p \leq \gamma_T$$

が得られる。等号は $s_1 = s_2$ の時に成り立つ。

したがって、ベテランナースと新人ナースがペアとなり分担してケアをすると、TNS において期待される看護ケア効率に比べて看護ケア効率が悪いことがわかった。

さらに、この効率の悪さに対して、ベテランナースと新人ナースのケアをする時間の違いで、どの程度効率が下がるかを求めた。ベテランナースの s_1 が新人

ナースの s_2 の $1/a$ 倍であるとする。すなわち、

$$s_1 = \frac{s_2}{a}.$$

すると、

$$\gamma_T = \frac{1+a}{2s_2},$$

$$\gamma_p = \frac{2a}{s_2(1+a)}$$

となる。

したがって

$$\frac{\gamma_p}{\gamma_T} = \frac{4a}{(1+a)^2}.$$

図2は、この式をグラフ化したもので、 γ_p/γ_T が a にどのように依存するかを示している。この図から、 a が1から減少するにつれて、 γ_p/γ_T は単調に減少することがわかる。 $a=1$ のとき、すなわちベテランナースと新人ナースのケア時間が等しいとき、看護ケア効率はTNSに対して等しい。現場では多少極端と思われる状況で、新人ナースのケア時間がベテランナースのケア時間の2倍である場合では、すなわち $a=0.5$ のとき、ペアでケアを分担すると、ベテランナースと新人ナースがそれぞれ独立でケア行う場合に期待される看護ケア効率に対する比は0.89となり、約1割減少することがわかった。

IV. 考 察

本研究では、PNSと従来の自己完結型看護提供方式TNSの基本的特性の1つである構造的特性が、患者の看護提供待ち状況と看護ケア効率に及ぼす効果を定量

図2 PNSとTNSの看護ケア効率の比のケア処理時間比との関連

a はベテランナースと新人ナースのケア処理時間の比。

的に比較するために、数理モデルを使い検討した。その結果、PNSでは看護提供の受け口数が2つから1つに減少するために、待ち行列の人数が数倍どころではなく、トラフィック密度に依存し10倍から20倍ほどに増えて、看護提供を求めている患者に対して、すぐに対応することが困難になることがわかった。また、同じケアに対して処置時間が異なるベテランナースと新人ナースがペアとなるPNSの看護提供方式では、看護ケア効率がTNSに比べて悪くなることがわかった。

ここで用いた数理モデルでは、状況の簡単化のためいくつかの仮定がなされた。看護提供受け口数の患者待ち行列人数に及ぼす影響の計算では、TNSとPNSの場合で受け口数の違いだけの効果を明らかにするために、担当する患者数の違いと、待ち行列の始めと終わりの境界の影響を除く目的で患者数は非常に多いとして、待ち行列の定常状態を考えた。しかし、実際は、有限の患者数である。その下では、PNSの方が、看護提供受け口数の違いから、TNSより2倍の対応すべき患者数となり、PNSの方が患者に負担を強いることになり、さらにPNSは不利になる方向に偏ると考えられる。

看護受け口数の影響を調べる際には、特定の2人のナースに注目して計算を行った。これは、ナース数を一定のままでのTNSとPNSの比較をしていることを表している。PNS移行の際に看護提供受け口数を一定にするために、ナース数を倍とすることも可能性としては考えられるが、このナースの数の一定の仮定は、2006年、厚生労働省による医療報酬改正による看護師配置数の基準が示されたことがあり、各医療機関はPNS変更の際もこの基準に沿い、ナース数一定となっていると思われる。

TNSでは、ナースの経験年数や力量によって、患者の観察、状況判断などにナース間で差が生じるという欠点が指摘されてきた。これに対してPNSではペアを組むために平均化され患者に対する看護提供では改善すると思われてきた(上山ら, 2012; 橘, 2012)。しかし、本研究では、構造的特性が及ぼす看護ケア効率の観点では、そうではなくむしろ逆であることが定量的に示された。

本研究では、TNSとPNSの構造的特性の違いのみについて検討した。看護提供方式に関する先行研究では、ほとんどが機能的特性の研究であった。2人のナースがペアとなり協働作業を行う場合の利点があるのは、これまでの先行研究からも明らかである(上山ら,

2012; 橘, 2012). TNS では、体位変換など 1 人では困難なケアをする際、応援を呼びに行くなどの時間がかかっていた。PNS では、ナース間でうまくコミュニケーションをとることで、効率良い協働作業ができ、相手の技術や知識を実践的に学びながら処置をスムーズにでき効率が上がるという利点の可能性がある。PNS の導入効果を調べた研究では、「看護師間で患者情報の共有や確認」、「業務の進捗確認と相互補完」、「パートナーや勤務者への協力依頼が軽易」の効果があつたことが報告されている(丸岡ら, 2015)。機能的特性により PNS に対する肯定的な影響については、特に PNS の特徴である「ペアで働くことに対する肯定感」を、尺度を用いて測定し、定量的な研究がなされた(高田ら, 2019; 鈴木ら, 2018)。

定量的研究としては、構造的特性に加え、機能的特性についても数理モデルによる解析が可能であると考えられる。数理的モデルは、複雑な状況下であっても、うまく重要な要因を取り出すことにより機能的特性の特定の因子が看護ケア効率などの諸量にどのように影響を与えるかを直接的に調べることができる。

1 年目の新人ナースに対する研究調査で、看護実践能力不足がストレスに強く影響されることが示唆された(眞鍋ら, 2014)。一方、定量的研究から、看護実践能力が低いナースほど、PNS の特徴であるペアで働くことに対して肯定的であることが示唆された(高田ら, 2019)。この状況に数理モデルを適用することで、PNS により新人ナースのストレスがどの程度軽減できるか、PNS はどの程度、新人教育に有益となるか等についても定量的に検討できるかもしれない。

V. 結 論

看護提供方式の数理モデルを用い定量的に比較したところ、看護提供の受け口数が半減する PNS の待ち行列の平均患者数が、10 倍から 20 倍に多くなり、PNS は TNS よりも患者を待たせることがわかった。ベテランナースと新人ナースがペアとなり看護提供を行う PNS では、TNS に比べ看護ケア効率が悪いことが示唆された。このことから、PNS が患者に、より安全で質の高い看護サービスを効率よく提供するためには、ナース間で高度なコミュニケーションを図り、互いを補完し協働することが必要である可能性が残された。

付記: 本論文の一部は第 37 回日本看護科学学会学術集会以て報告した。

謝辞: 久留米大学・的場恒孝名誉教授には、研究の初期段階から有益な助言と継続して多大な励ましをいただき感謝いたします。また、久留米大学医学部環境医学講座の石竹達也教授には、いつも励ましを頂戴し研究に対する意欲を高めていただきました。久留米大学医学部看護学科、森本紀巳子教授には看護提供方式に関して多くの有益な助言をいただきました。感謝申し上げます。

倫理委員会名称(承認番号): 本研究は数理モデルに基づくものでヒトのデータは扱っておらず、倫理委員会の承認は必要とされない。

利益相反: 本研究における利益相反は存在しない。

著者資格: HI は研究の着想、デザイン・計算の実施、及び草稿の作成、SF は原稿への示唆、研究全体への助言に貢献した。すべての著者は最終原稿を読み承認した。

文 献

- 上條優子, 長沼元美, 神宮寺美千代, 他 (2015): パートナースHIP・ナーシング・システム導入に伴う看護師の時間外勤務時間および看護師の仕事に対する意識の変化, 日看評価会誌, 5(2), 53-60.
- 上山香代子, 吉田隆司, 斎藤仁美, 他 (2012): パートナースHIPを取り入れた新看護方式 PNS の効果, 第 42 回日看会論集: 看管理, 511-513.
- 紀永儒, 柳川佳也, 宮崎茂次 (2010): 待ち行列理論を用いた病院の外来患者待ち時間短縮の一提案, 日本経営工学会論文誌, 60(6), 297-305.
- Neuts, M. F. (1981): Matrix-Geometric Solutions in Stochastic Models, Johns Hopkins Press, Maryland.
- 鈴木美寿穂, 高田望, 酒井敬子, 他 (2018): 看護師に対する PNS の影響 (第 3 報) —ペアで働くことの肯定感と職務満足度, 離職意向との関連—, 第 5 回 PNS 研究会抄録集, 40.
- 高田望, 鈴木美寿穂, 門間典子, 他 (2019): PNS で働く看護師のペアで働くことに対する肯定感の実態と影響因子, 日看管会誌, 23(1), 168-176.
- 眞鍋えみこ, 小松光代, 岡山寧子 (2014): 新人看護師における就業 3 年までの職務ストレスとストレス反応に関する研究. 看護学士博士課程卒業後の縦断調査による分析, 日看研会誌, 37(1), 123-131.
- 丸岡直子, 田村幸恵, 田甫久美子, 他 (2015): パートナースHIP・ナーシング・システムの導入効果と定着への課題, 石川看誌, 12, 75-83.
- 村田美穂, 酒井則子, 辻美佐江, 他 (2014): 看護に関する患者の満足度調査——PNS の患者満足度への影響, 第 44 回日看会論集: 看管理, 208-211.
- 橘幸子 (2012): パートナースHIP・ナーシング・システムの構築と成果 (Partnership Nursing System), 日看評価会誌, 2(1), 42-47.
- 橘幸子 (2014): PNS の特徴とパートナースHIP・マインド, 看管理, 24(9), 820-824.