

病院における新生児患者の病棟間移動に対する Markov 連鎖モデル

筑波総研株式会社 * 家内祐太 KANAI Yuta
01306000 筑波大学名誉教授 高木英明 TAKAGI Hideaki

1. はじめに

我々は、筑波大学附属病院医療情報部より、2010年4月1日から2012年3月31日までの731日間における全ての入院患者について、入院から退院までの病棟間の移動に関するデータの提供を受け、病床の効率的な利用に関する研究を行っている。

これまでに産科入院患者について、待ち行列ネットワークによりモデル化し、在院患者数の分布について、モデルから得られる理論的な確率分布とデータから計算される実際の在院患者数の分布が一致することを確認した [1].

本稿では、新たに新生児患者に焦点を当てモデル化を行う。

2. 新生児病棟の概要

データの該当において、筑波大学附属病院では、新生児患者用の病棟は、新生児特定集中治療室 (NICU) の 200 病棟 (9 床), 回復治療室 (GCU) の 30G 病棟 (12 床), さらにベビーコートを収容可能な限り設置することができる 300 病棟の 3 つの病棟が存在する。以上に加え、新生児患者は他の診療科の患者も利用する集中治療室 (ICU) の 430 病棟 (10 床), 小児科患者が利用する 500 病棟 (24 床) でも治療を受けている。

新生児が利用する病棟における移動に関する各種指標は表 1 の通りである。

3. 200・30G 病棟の Markov 連鎖によるモデル化

各日において最終的に 200 病棟に滞在する患者数を i , 30G 病棟に滞在する患者数を j とし、当日の状態 (i, j) を行に、翌日の状態 (i', j') を列に取り、データから推移確率行列 $\{P\{(i, j) \rightarrow (i', j')\}\}$ を求める。データから 17 個の状態が得られ、200 及び 30G 病棟に滞在する患者数も $7 \leq i \leq 9$, $5 \leq j \leq 12$ の範囲に限られる。

ここで状態確率を次のように定義し

$$\pi(i, j) = P\{N^{200} = i, N^{30G} = j\}, \quad (1)$$

平衡方程式 (2) 及び規格化条件 (3) を解き、その結果を利用することにより 200 病棟及び 30G 病棟、あるいは 200・30G 病棟いずれかの病棟に滞在する患者数の確率分布が得られる (図 1).

$$\pi(i', j') = \sum_{i=7}^9 \sum_{j=5}^{12} \pi(i, j) P\{(i, j) \rightarrow (i', j')\} \quad (2)$$

$$\sum_{i=7}^9 \sum_{j=5}^{12} \pi(i, j) = 1. \quad (3)$$

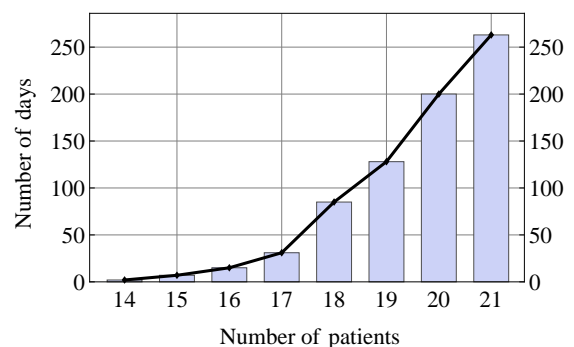


図 1: 200 病棟あるいは 30G 病棟に滞在する患者数の分布 (折れ線は理論値, 棒グラフは観測値)

4. 300・430・500 病棟への M/G/∞ モデルの適用

300 病棟ではベビーコートを収容可能な限り設置できること、430 及び 500 病棟は他の診療科の患者も利用するため新生児患者を受け入れるのに十分な病床があることから、待ち行列理論の M/G/∞ モデルを適用する。このモデルでは、各病棟への

表 1: 新生児患者の各病棟における移動に関する各種指標

病棟, w	200	30G	300	430	500	全体
病床数, B^w	9	12	-	10	24	-
患者の在院日数の総和, PD^w	6,514	7,871	4,297	507	3,012	22,201
平均在院患者数, N^w	8.9111	10.7674	5.8782	0.6936	4.1204	30.3707
病床利用率, U^w	99.01%	89.73%	-	-	-	-
患者の到着数, A^w	339	516	789	29	57	1,132
患者の到着率, λ^w	0.4637	0.7059	1.0793	0.0397	0.0780	1.5486
平均在院期間, LoS^w	19.2153	15.2539	5.4461	17.4828	52.8421	19.6122

患者の到着率 λ , 各病棟での平均在院期間 b が与えられれば, $\rho = \lambda b$ を平均に持つ Poisson 分布として, 次の式により各病棟内に滞在する患者数 N の確率分布を計算することができる (図 2).

$$P\{N = k\} = \frac{\rho^k}{k!} e^{-\rho} \quad k \geq 0. \quad (4)$$

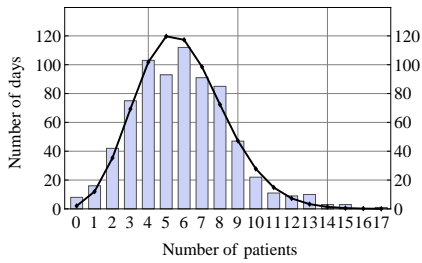


図 2: 300 病棟における在院患者数の分布 (折れ線は理論値, 棒グラフは観測値)

なお, M/G/ ∞ モデルを適用するに当たり, 各病棟への患者の到着数がパラメータ λ の Poisson 分布に従うこと, 連続する 2 日間の患者の到着数の自己相関係数の絶対値が十分に小さいことを確認した.

430・500 病棟についても同様に在院患者数の分布を計算することができる. さらに Poisson 分布の再生性により, 300・430・500 病棟のいずれかに滞在する患者数の確率分布は $\rho_{345} = \rho_{300} + \rho_{430} + \rho_{500}$ として (4) 式で計算することができる.

5. 全病棟における新生児患者数の分布

Markov 連鎖モデルから得られた 200 病棟あるいは 30G 病棟に滞在する患者数の確率分布, 及び M/G/ ∞ モデルによって得られた 300・430・500

病棟のいずれかに滞在する患者数の確率分布について, (5) 式の畳み込みにより全病棟における新生児患者数の確率分布を計算することができる (図 3).

$$P\{N^W = k\} = \sum_{j=0}^k P\{N^{23G} = j\} P\{N^{345} = k - j\}, \quad k \geq 0 \quad (5)$$

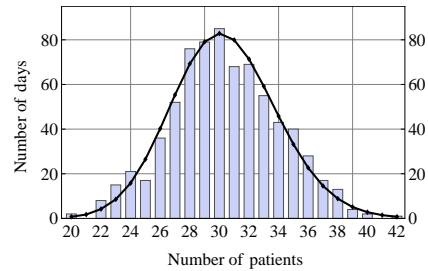


図 3: 全病棟における新生児患者数の分布 (折れ線は理論値, 棒グラフは観測値)

6. おわりに

粗い方法ではあるものの, 新生児患者数の確率分布を確率モデルによって計算することができたのは一定の成果である.

参考文献

- [1] H. Takagi, Y. Kanai, and K. Misue, Queueing network model for obstetric patient flow in a hospital, *Health Care Management Science*, Vol.20, No.3, pp.433–451, September 2017 (Published online: 03 March 2016).