

類似部品を用いたパラメータ推定と後継部品の追跡管理による 実用的な保守部品の生涯需要予測システムの開発

飯塚 新司[†] 宗形 聡[†] 手塚 大[†]
株式会社日立東日本ソリューションズ[†]

1. はじめに

家電や自動車などの耐久消費財のメーカーでは、製品出荷後十数年にわたって保守サービスを提供している。そのため、部品の生産は保守期間の終了前に終わる。そこでメーカーでは、部品生産打ち切り時にその後の保守サービスで提供する保守部品の生涯需要を予測し、まとめて生産あるいは調達して在庫として管理している。

保守部品の生涯需要の予測手法として、将来の製品残存率や部品故障率などのパラメータを推定して需要を予測するモデルが提案されている[1][2]。しかし保守部品の管理の実態と合わないため、適用が困難であるという課題があった。

本論文では、この課題を解決するため、後継部品の追跡管理と、類似部品を用いたパラメータの推定による生涯需要予測システムを提案する。

2. 保守部品の生涯需要予測モデル

保守部品の需要は、過去に販売された製品のうち、ある時点で稼働し続けているものに故障が発生し、それが修理されるときに発生する。そこで、ある時点 t で部品 p を使用している製品が稼働している確率を製品残存率 $v_p(t)$ 、部品 p が故障する確率を部品故障率 $h_p(t)$ 、この製品が新製品への買い替えやサードパーティ製の代替部品の利用ではなく、メーカー純正部品の交換で修理される確率を部品交換率 $u_p(t)$ とし、この三つのパラメータを推定して需要を予測するモデルが提案されている (図 1) [1][2]。部品の生産は保守部品の需要が減少する前に打ち切られることがあるが、上記のパラメータで終息までの需要の変化をモデル化できるという特徴がある。

部品 p を使用している製品の、製品出荷開始から t 年目の出荷台数を $S_p(t)$ とする。部品 p の t 年目の需要予測値 $\hat{D}_p(t)$ は以下の式で計算する。

$$\hat{D}_p(t) = \sum_{k=1}^t S_p(k) v_p(t-k) h_p(t-k) u_p(t-k) \dots (1)$$

通常この予測モデルを適用するときは、 $\hat{D}_p(t)$ が予測対象部品の実績値に最も近い値になるようにパラメータを推定する。そのため、数年分の保守部品の需要実績が必要となる。

Forecasting System for Lifetime Demand of Service Parts Using Estimated Parameters of Similar Parts and Tracking of Follow-on Parts

[†]Iizuka Shinji, [†]Munakata Satoshi, [†]Tezuka Masaru,
[†]Hitachi East Japan Solutions, Ltd.
E-mail: shinji.iizuka.01@hitachi-to.co.jp

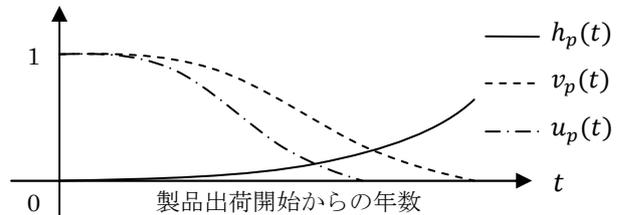


図 1 製品残存率、部品故障率、部品交換率

3. 予測モデルの実務への適用困難性

メーカーへのヒアリングを通して、2 節の予測モデルを実務で利用する際にどのような問題があるか調査した。その結果、以下の二つの原因により予測モデルの適用が困難であることが分かった。

● 部品のモデルチェンジ

製品のモデルチェンジに伴い、部品もモデルチェンジされる。このとき、旧製品の部品（先行部品）が新製品の部品（後継部品）で代替されるようになる。コスト削減のために複数製品の部品が共通化されて後継部品となることもある。そのため、保守部品の需要は後継部品へと移り変わっていく (図 2)。2 節の予測モデルでは、このような部品のモデルチェンジや共通化による需要の変化は考慮されていない。そのため、予測モデルが需要実績に適合しなくなる。

● 生涯需要予測の早期化

2 節で述べたように、予測モデルを適用するときは、パラメータの推定に数年分の保守部品の需要実績が必要となる。一方、保守サービスを実施している完成品メーカーは、部品の生産に必要なパーツのサプライヤから製品出荷開始後 1, 2 年で最終購買を要求される場合がある。このとき、サプライヤから保守部品用のパーツをまとめて調達するため、保守部品の生涯需要を予測する。しかし、この段階ではまだ需要実績がほとんどないため、予測モデルが適用できない。

近年では新製品の市場投入サイクルが短期化しているため、パーツの旧式化も早まっている。そのため、今後はこのような状況が増加すると考えられる。

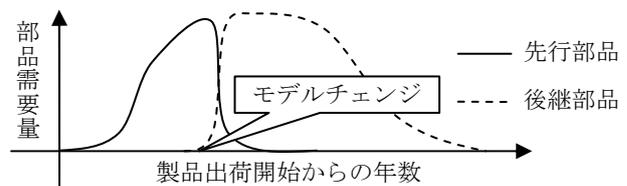


図 2 先行部品と後継部品の需要

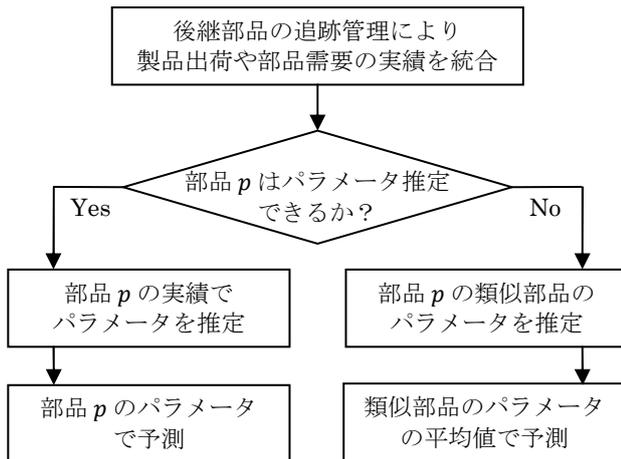


図3 処理フロー

4. 提案システム

3 節の課題を解決するため、生涯需要予測システムを考案した。図3に提案システムの処理フローを示す。3 節で挙げた二つの原因に対応するため、提案システムでは後継部品の追跡管理と、類似部品を用いたパラメータの推定の2手法を用いる。以下、これらの手法について詳細を説明する。

4.1. 後継部品の追跡管理

部品のモデルチェンジに対応するために、有向グラフで先行部品と後継部品の関係を追跡管理して、予測モデルに適合するように製品の出荷実績や保守部品の需要実績を統合する。

先行部品と後継部品の関係は、図4に示すような有向グラフで表現できる。ここで、頂点は部品、辺の始点は先行部品、終点は後継部品を表す。部品のモデルチェンジと共通化による関係のみを対象とすると、グラフは自己ループをもたない木構造となる。

予測対象部品は最新の後継部品であり、木構造のルートに位置する。以下、この部品を r とし、木構造の各頂点に位置する部品全体の集合を V とする。部品 r の需要を予測するときは、 V に属する部品の製品出荷台数と部品需要実績を統合して用いる。

部品 $p \in V$ を使用する製品の集合を M_p とし、製品 $m \in M_p$ の出荷台数を $s_m(t)$ とする。部品 p を使用する製品の出荷台数は $S_p(t) = \sum_{m \in M_p} s_m(t)$ と分解できる。このとき、部品 r が今後修理で使用される可能性のある製品の集合は $\bar{M}_r = \cup_{p \in V} M_p$ となる。そのため、予測では製品出荷台数として $\bar{S}_r(t) = \sum_{m \in \bar{M}_r} s_m(t)$ を用いる。



図4 先行部品と後継部品の関係を表すグラフ

一方、部品実績の統合では「先行部品と後継部品のパラメータが同じである」ことを仮定する。先行部品は後継部品で代替できるため、使用されている製品の種類や特徴、および部品の部位は同じである。そのため、製品残存率や部品故障率はほぼ同じであり、上記の仮定は実用上妥当であると考えられる。このとき、 V に属する部品の需要実績を部品 r の需要実績として読み替えることで、予測モデルが需要実績に適合するようになる。すなわち、 $D_p(t)$ を部品 p の実際の需要実績とし、 $\bar{D}_r(t) = \sum_{p \in V} D_p(t)$ を部品 r の需要実績として用いる。

4.2. 類似部品を用いたパラメータの推定

生涯需要予測の早期化に対応するために、類似部品の過去の実績から推定したパラメータの平均値を使って予測する。

提案手法では、製品の種類や特徴、部品の種類や部位などが同じ部品を類似部品としてグループ化する。「分類の基準が適切であれば、同じグループに属する部品のパラメータは類似する」という仮定のもとで、同じグループに属する部品のパラメータの平均値を使って予測する。

グループ G の部品で、過去の需要実績が十分にありパラメータが推定できる部品の集合を Q_G とする。需要実績がなく、パラメータが推定できないグループ G の部品 p に対して、製品残存率 $v_p(t)$ を

$$v_p(t) = \sum_{q \in Q_G} v_q(t) / |Q_G| \dots (2)$$

で推定する。ここで $|\cdot|$ は集合の要素数を表す。同様に部品故障率 $h_p(t)$ と部品交換率 $u_p(t)$ も Q_G の平均値で推定する。需要予測値の計算は式(1)を用いる。

この手法により、需要実績のない部品でも予測モデルが適用できる。

5. おわりに

本論文では、保守部品の需要について、将来の製品残存数や部品故障率などを推定して予測するモデルを実務で適用する際の課題を示し、それを解決するための生涯需要予測システムを提案した。

現在、提案システムで用いている手法を家電メーカーの実データで評価中である。また、手法の中で用いている仮定の検証も今後の課題である。

参考文献

- [1] E. Ritchie, et al.: Renewal theory forecasting for stock control, European Journal of Operational Research, Vol.1, pp.90-93 (1977).
- [2] S. Munakata, et al.: Demand forecasting model of service parts with different failure rate, 2010 IEEE Region 10 Conference, pp.1427-1431 (2010).