

線形回帰分析を用いた保守部品の生涯需要予測

飯塚 新司† 宗形 聡† 手塚 大† 浦邊 信太郎†

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では、製品修理などの保守サービスが顧客満足に大きく影響する。耐久消費財の場合、保守サービスの提供期間（保守期間）は製品出荷後十数年にわたる。そのため部品の生産は保守期間の終了前に終わる。そこでメーカーは、部品生産打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する。これをまとめて生産・まとめて調達と呼ぶ。欠品による顧客満足の低下や、過剰在庫による余分な保管コストと部品廃棄コストの発生を防ぐため、保守部品の生涯需要を高い精度で予測する技術が望まれている。

本論文では、類似部品の過去実績に対する線形回帰分析を用いた保守部品の需要予測手法を提案する。また、ある家電メーカーの実績データで評価実験を行い、従来の手法が適用できない部品でも、提案手法により予測可能となることを確認する。

2. 従来手法の課題

保守部品の需要には、図1に示すように、需要が増加傾向にある「序盤」、一定の需要が続く「中盤」、需要が減少して終息する「終盤」の3つのフェーズがある。従来、保守部品の需要予測には以下の手法が用いられてきた。

- (1) 移動平均法、指数平滑法などの時系列手法
 - (2) クロストン法¹⁾
 - (3) ブートストラップ法²⁾
- これらの手法は需要の各フェーズ内で予測するものであり、フェーズを超えた予測はできない。

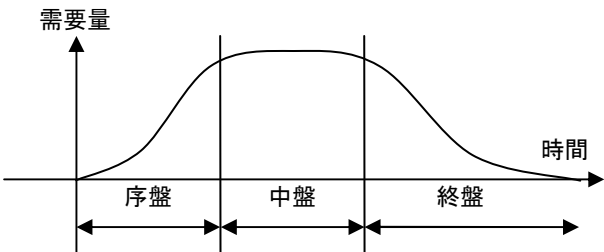


図1 需要のフェーズ

Lifetime Demand Forecasting of Service Parts Using Linear Regression

† Iizuka Shinji,
 † Munakata Satoshi,
 † Tezuka Masaru,
 † Urabe Shintaro,
 † Hitachi East Japan Solutions, Ltd.

近年、多くの部品でまとめ生産・まとめ調達の時期が早期化している。これは、新製品の市場投入サイクルが短期化していることや、技術革新に伴い部品の陳腐化が早期化していることが原因である。そのため、まだ需要が増加傾向にある序盤の部品の生涯需要予測が必要となっている。このような部品には、上記の手法を適用できないという課題がある。

3. 線形回帰分析を用いた予測手法の提案

上記の課題を解決するため提案手法では、類似部品の過去の部品出荷実績もとに、製品出荷開始からの経過年ごと、部品需要量の経年変化を予測する線形回帰式を構築する。

保守部品は間欠需要となることが多い。その場合、部品出荷実績が0のデータが多数含まれ、線形回帰式の適合度合が低くなる。そこで線形回帰分析では、部品出荷実績が0のデータは除外し、部品出荷台数が正の場合の部品需要量の条件付き期待値を求めることにする。

線形回帰式の説明変数と目的変数は、製品1台当たりの部品出荷台数を、分散不均一性を低減するため対数で変換した値（対数部品需要量）とする。構築する線形回帰式は以下の形式となる。

$$X_t = \sum_{j=1}^k \beta_j^{(t)} X_{t-j} + \alpha^{(t)} \dots (1)$$

ここで k は何年前の需要まで考慮するかを表す定数であり、モデルの次数と呼ぶ。 X_{t-j} ($j = 0, \dots, k$) は経過 $(t-j)$ 年目の対数部品需要量である。 $\beta_j^{(t)}$, $\alpha^{(t)}$ は回帰係数であり、類似部品の過去の実績から最小二乗法で推定する。図2に $k = 1$ の場合の例を示す。実線は経過5年目の対数部品需要量を予測する線形回帰式、点は類似部品の過去実績を表す。

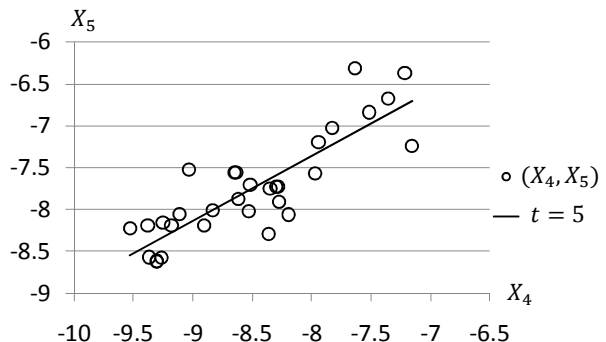


図2 線形回帰式の例

予測対象部品の経過 t 年目の対数部品需要量の予測値を \hat{x}_t とする. \hat{x}_t は予測対象部品の経過 $(t-j)$ 年目の対数部品需要量 x_{t-j} ($j = 1, \dots, k$) を式(1)の X_{t-j} に代入したときの X_t の値とする. x_{t-j} には実績データを用いるが, 経過 $(t-j)$ 年目が将来にあたるか, もしくは実績データが欠損しているときは, 代わりに予測値 \hat{x}_{t-j} を用いる.

線形回帰式の予測値は, 部品出荷台数が正の場合の対数部品需要量の条件付き期待値である. そのため, 経過 t 年目に部品出荷台数が正になる確率 Q_t を推定し, 部品出荷台数が 0 になる場合も考慮した予測値を求める必要がある. Q_t は

$$\hat{Q}_t = \frac{\text{経過}t\text{年目の部品出荷実績が正の部品数}}{\text{経過}t\text{年目の部品出荷実績が取得できる部品数}}$$

で推定する. 最後に部品出荷台数の予測値 \hat{d}_t を以下の式で求める.

$$\hat{d}_t = \hat{Q}_t S_t \exp(\hat{x}_t)$$

ここで S_t は, 予測対象部品を使用する製品すべての経過 t 年目までの累計製品出荷台数である.

4. 提案手法の評価

提案手法が序盤や中盤の部品に対しても適応できること, 従来手法と同等以上の実用的な精度で生涯需要を予測できることを確認するため, 評価実験を行った. 実験にはある家電メーカーの 2001~2008 年における部品出荷データと, 1979~2008 年における製品出荷データを用いた. 予測期間は 2006~2008 年の 3 年間とする. 予測精度の評価指標は, 予測期間の累積予測値と累積実績値の絶対誤差率 (APE) を用いる. そのため, 予測期間の累積実績値が 0 である部品は予測精度の評価対象外とする. 予測方法を以下に記す.

● 提案手法

モデルの次数を $k = 1$ として, 3 節で述べた手順で予測する. 家電メーカーのノウハウをもとに類似部品のグループを 35 グループ用意する. 予測対象部品ごとに所属するグループを選択し, 予測対象部品の実績を除いて線形回帰式を構築する. ただし, 以下の場合には提案手法を適用できないと判断する.

- (1) 予測期間前の予測対象部品の出荷実績が 0.
- (2) 予測期間内に部品出荷実績を取得できる類似部品が 10 件未満の経過年がある.

● 従来手法

予測対象部品の y 年の部品出荷台数を d_y とする.

- (1) $d_{2004} > d_{2005}$ のとき

需要が減少している終盤であり, 従来手法による生涯需要予測が可能と判断する. 予測には時系列手法の一種である指数モデルを用いる. これは需要量が一定の減少率で毎年減少すると仮定して予測するモデルである. 減少率は d_{2005}/d_{2004} で推定する.

表 1 生涯需要予測が可能な部品の件数と APE

部品の種類	部品件数	(A) 生涯需要予測が可能な部品件数		(B) 予測期間中のAPE			
		指数モデル	提案手法	APE平均		APE標準偏差	
				従来手法	提案手法	従来手法	提案手法
室内製品 外装部品	872	411	749	119.6%	65.2%	123.3%	60.4%
室外製品 電子部品	364	218	350	46.7%	34.5%	72.4%	63.7%
室内製品 電子部品	346	192	328	55.4%	44.5%	39.5%	52.1%
室内製品 付属部品	101	56	62	105.2%	86.7%	341.6%	196.1%
総計	1,683	877	1,489	81.5%	52.0%	119.4%	72.2%

(2) $d_{2004} \leq d_{2005}$ のとき

まだ終盤ではなく, 従来手法では生涯需要を予測できないと判断する. 予測期間中は中盤であることを仮定して, 移動平均法で予測する. 予測前 2 年間の平均 $(d_{2005} + d_{2004}) / 2$ を年間の予測値とする.

実験では以下の 2 つの評価を行った.

(A) 生涯需要予測が可能な部品件数の評価

(B) 予測期間中の APE の評価

評価結果を部品の種類ごとに表 1 に示す. APE 平均は, APE が 5σ を超える部品を外れ値として除外して比較した. 有意水準 5% の t 検定で有意差が見られない場合は, 灰色の囲みで示した.

生涯需要予測が可能な部品の件数は, 従来手法が部品全体の 52.1% であるのに対し, 提案手法は部品全体の 88.5% であり, 従来手法の約 1.7 倍である. そのため, 従来手法が適用できない序盤や中盤の部品も提案手法により予測できていることが分かった.

また提案手法の APE 平均は, どの種類の部品でも従来手法と同程度かより小さい値である. そのため, 提案手法により従来と同等以上の実用的な精度で予測ができるといえる.

5. おわりに

本研究では, 序盤で保守部品の生涯需要を予測するという課題を解決するため, 類似部品の過去実績をベースに線形回帰分析を使用した保守部品の需要予測手法を考案した. 家電メーカーの実データを使った実験により, 提案手法が序盤や中盤の部品に対しても適応できること, 実用的な精度で生涯需要を予測できることを確認した.

今後は提案手法をもとに理論的な安全在庫を計算して最適な在庫水準を決定する手法を確立することが課題である.

参考文献

- 1) J. D. Croston, Operational Research Quarterly, Vol.23, No.3, pp.289-303 (1972).
- 2) Thomas R. Willemain, et al., International Journal of Forecasting, Vol.20, July-September, pp. 375-387 (2004).