

短期ロジスティクス計画策定支援システム

飯田 洋三

1. 短期ロジスティクス計画

(1) リードタイムのギャップ

ビールは消費者が最終需要者となる最終消費財だが、メーカーからは卸店・小売店・飲食店を経て届けるという流通になっている。

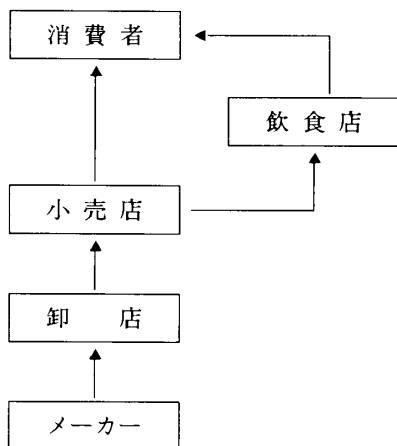


図1 ビールの流通

メーカーは卸店からの発注を受け、卸店へトラックまたは5トンコンテナで届けているが、発注を受けてから出荷するまでの受注・納品リードタイムは約1日である。

一方、製造リードタイムは、原料を仕込み・醸酵させ・熟成させる工程（当社では半製品工程と称している）では最短のブランドでも1カ月強であり、半製品をびん詰め・缶詰めする工程（当社では製品工程と称している）は経済性を考慮したときに平均で1週間のリードタイムとなる。

受注・納品リードタイム（約1日）と半製品工程リードタイム（1カ月強）・製品工程リードタイム（1週間）にギャップがあることから、見込み生産をしてい

る。

見込み生産を成り立たせていくためには、半製品手当てでは1カ月を超える先の時点での短期計画が、製品手当てでは1週間先の時点での短期計画が必要となる。

(2) 出荷期限とサービス率

ビールを含めた加工食品では賞味期限表示を行っているが、購買から消費までの日数・流通での在庫日数を考慮し、当社では、製造後の経過日数の社内基準を賞味期限表示のかなり手前に設定している。

また、消費者・流通に対しては、サービス率（受注・納品率）100%が要請されている。

サービス率100%を実現しながら鮮度を保つことは、消費者・流通へのメーカーの責任であるだけでなく、営業政策としても重要な課題となっている。

(3) ロジスティクス体制

サービス率100%・鮮度期限内出荷とともに、社内ではローコストな製造・物流を実現していく必要がある。

これらの課題を達成するためには、製造・物流・販売という企業の諸活動を商品の流れに沿って括り直すことが効率的であるため、平成5年秋には、本社にロジスティクス部を設置し、昨年秋には、支社（営業拠点）と工場（製造拠点）に分かれていた物流部門を統合した。

(4) 短期ロジスティクス計画

市場・顧客・流通・商品はダイナミックに動いており、過去を基準においた予測はどのような手法であっても完全なものとなり得ないことは自明であるが、ロジスティクスを円滑に運用していく短期ロジスティクス計画は必要であるので、担当者の作業負荷を軽減し、経験と勘とを裏づける計画策定支援システムを開発した。

(5) 開発体制

平成5年秋の本社ロジスティクス部設置と同時に開

いいだ ようぞう サッポロビール(株)

〒150 渋谷区恵比寿4-20-1

発プロジェクトを発足させ、本社内のSEがチームを組み、本社・支社・工場の現業を担っている経験と勘とに優れたエキスパートの作業の聞取り・研究・実証・仕様設計を行った。アプリケーション・ソフトは、自社内開発と外部への開発委託である。

なお、今回の開発プロジェクトの前には平成3年暮れからの需要予測手法の研究プロジェクトがあり、出荷量予測・予算変換についてはこの研究プロジェクトの成果を受け継いでいる。

(6) 短期ロジスティクス計画支援の概要

以下では、当社における短期ロジスティクス計画支援システムの概要を紹介する。

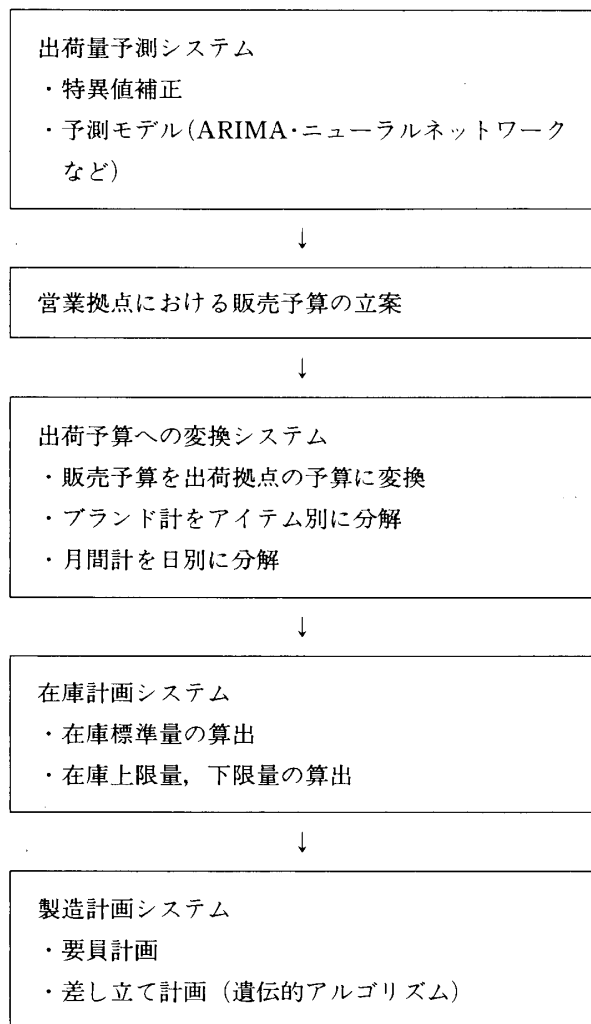


図2 支援システムの流れ

2. 出荷量予測

当社では、販売計画の立案を、市場・顧客・流通・商品の情報が集中する部門（営業拠点の企画担当）の業務としており、販売計画立案の基礎資料として一変量時系列モデルによる営業拠点ごとの出荷量予測結果を提供している。

(1) ビールの時系列データの特徴

ビールの消費は飲酒機会の多寡と体感温度に大きく依存しているため、時系列データには季節変動 (S_t : Seasonality) がはっきりと認められる。一方、ブランドや容器の推移は、長期的な商品力・生活様式の変化とともに変化しているため、傾向変動 (T_t : Trend) が認められる。

(2) 特異値の存在

体感温度に影響を与える気象が特異なときには総消費量は特異値 (I_t : Irregularity) となり、また、税率改訂などで値上げとなるときには総消費量は変わらないものの市場での前倒し需要が発生するためにメーカーからの出荷量は特異値となる。

(3) 特異値の補正

特異値を含んだ原系列をそのまま使って予測をしたときには特異値が予測結果に悪影響を及ぼすので、特異値の影響を排除する必要がある。当社では意思決定を容易にするための観点から、例えば、回帰モデルにおけるダミー変数のような特異値除去機能を内包した予測モデルとはせず、特異値除去・補正を事前に統計的な手法で行い、営業拠点の企画担当に補正結果を提供するとともに、予測モデルに引き渡す外挿方法をとっている。

(4) 予測対象

自社出荷総量・ブランド計(黒ラベル, エビス, ...)・容器計(大びん, 350ml 缶, ...)の出荷数量を月単位に3カ月先まで予測している。

(5) 予測モデル

月単位の時系列データをそのまま予測するモデルと、時系列データを傾向変動 (T_t) と季節変動 (S_t) にいったん分解しそれぞれを予測したうえで合成するモデルとを併用している。また、原系列データでは弱定常ではないが、自社出荷総量に占める比率では弱定常となる場合も観察されるので、自社出荷総量に占める比率の予測も併用している。

(6) 予測手法

過去の時系列データを3カ月先まで引き伸ばす手法としてはARIMA (自己回帰移動平均法) [1] とニューラルネットワーク [2] とを併用している。

(7) 発売直後の新製品の予測手法

発売期間が短く時系列データが十分でない場合は、5. でのモデルが適用できないので、自社の出荷総量に占める比率を一般的な回帰予測の手法で予測し、近似させている。

3. 販売予算の出荷予算への変換

(1) 変換の必要性

販売予算は営業拠点・ブランド・月単位で立案しているが、ロジスティクス部門で取り扱うのは出荷拠点・アイテム・日単位での出荷予算なので、過去のデータを用いて販売予算から出荷予算への変換を自動化している。

(2) 営業拠点予算から出荷拠点予算への変換

前年の出荷拠点からの出荷実績の比率を元に、営業拠点の販売予算を出荷拠点からの出荷予算に展開している。

(3) ブランド予算からアイテム予算への変換

個々のアイテムがブランド計と容器計とに占める直近3カ年の比率から3カ月先までの比率を予測し、ブランド計の販売予算と容器計の出荷予測結果とに掛け合わせるにより、ブランド計の販売予算をアイテムごとの出荷予算に変換している。

(4) 月予算から日予算への変換

直近3カ年の実績を年内週比率要素と週内曜日比率要素に分解した上で標準値を抽出し、月内日比率を合成し、月単位の販売予算を日単位の出荷予算に変換している。

4. 在庫計画

当社の出荷拠点には、全国10カ所のビール製造工場と大都市圏中心に配置した小ロット配送用の約20カ所の物流センターとがある。在庫計画の考え方は、製造工場からの横持ちにより補充する品種（移入品種）と製造することにより補充する品種（自製品種）とで異なっている。

(1) 期間での変動の吸収

在庫計画に乖離見込みを織り込めるようにし、一定期間の合計で起こりうる販売予算の変動と販売予算から出荷予算への変換の際の変動を吸収可能としている。

(2) 日の変動の吸収

日単位の出荷予算の一定日数間での移動平均と移動標準偏差から在庫標準量を算出し、日の変動を吸収可能としている。

(3) 移入品種の在庫計画

移入品種は、在庫標準量に対して計画立案者が指定する在庫基準日数・見込み乖離幅から在庫標準量を算出し、やはり計画立案者の指定する補充ロットから、

受払計画・補充計画を自動計算している。

(4) 自製品種の在庫計画

自製品種も、在庫標準量に対して計画立案者が指定する在庫基準日数・見込み乖離幅から在庫標準量（在庫上限量・在庫下限量）を算出する。算出結果は出荷計画とともに、製造計画立案のために、製造計画シミュレータに引き渡される。

5. 製造計画

ビールの製造工程が半製品工程と製品工程に大別できることは序文で触れたとおりである。当社では、市場に出荷し、消費者との接点となる製品工程の計画立案を支援する製造計画シミュレータを開発した。

(1) ビールの製造計画の特徴

ビールの製造計画は、一般的な最寄り消費財の特徴である見込み製造・連続量製造である。

また、当社のロジスティクスフローのなかでは、これまで触れてきた出荷量予測・予算変換・在庫計画がブランドごと・アイテムごとが独立な関係であるのに対して、製造計画ではアイテム間の組合せ問題の解法であることに特徴がある。

(2) 製造計画での与件と目標

ろ過工程・詰め工程の各設備の能力を与件として、サービス率100%・鮮度期限内出荷の在庫基準を満たしながら、ローコスト製造を実現することが製造計画での目標となる。

(3) 一般的な解法

在庫下限量を下回ったアイテムの製造必要量から順次製造列（ライン）を埋めていく在庫受払を基準にした解法では、製造必要量が設備能力を上回る日が発生しやすく、在庫基準を満たしながらの製造必要量の山崩しに巧妙なルールが必要となるとともに、ローコスト製造が実現しにくくなる。

一方、製造列に在庫上限量未満のアイテムの製造許容量を順次埋めていく製造列を基準にした解法では、ローコスト製造が実現しやすいものの、在庫下限量を下回るアイテムが爆発的に出現する可能性が高い。両方の欠点を補うために、製造必要量と製造許容量それぞれから同時に製造列を埋める解法も工夫されているが、いずれの解法にしても、在庫基準とローコスト製造との調和点を決めるためのルールの初期設定とメンテナンスが必要不可欠である。

(4) ルールベースアルゴリズム

ルールベースによる解法の利点は、AI [3] を組み込めば学習機能が期待できることで、ルールの記述さえ適切であればシミュレーション結果も高い評価を下すことができる。しかし、基本ルールに加えてルールとルールが矛盾するときの調整ルールの初期設定・メンテナンスに際してシミュレータそのものの理解が要求されるので、設備・能力を更新したときやアイテム構成が変化したときの計画立案者のルール（基本・調整）のメンテナンスの負荷が高いという欠点がある。

(5) 遺伝的アルゴリズム (GA)

遺伝的アルゴリズム(GA:Genetics Algorithm) [4] は、初期解の組み (Set) を評価パラメータで評価し、評価の高い初期解から次の世代を進化させる解法である。演算に要する時間は長いものの、一切のルール(基本・調整) のメンテナンスが不要であり、将来にわたっての実運用に適しているため、今回の製造計画シミュレータのエンジンとして採用をした。

なお、計画立案者のシミュレータエンジンに対する知識がなくても運用できるように、システム開発部門がモデル構築・GA エンジンのチューニングを担当し、計画立案者が評価パラメータのチューニングを担当するといった切り分けを行った。

(6) 要員計画と差し立て計画の分離

今回のシミュレータでは、一定時間内でのシミュレーションを実現するために、要員計画と列差し立て計画とを分離している。列差し立て計画の前段で、要員計画をシミュレーションし、要員の確認と作業平準の考慮を済ませる。

列差し立て計画では、設備・能力に加え要員計画をも与件にして、遺伝的アルゴリズムでシミュレーションしている。

要員計画と列差し立て計画の分離により、遺伝的アルゴリズムの探索空間を一挙に圧縮し、演算時間の高速化を図るとともに、実行可能な製造計画案のみを提供することが可能となっている。

6. 最後に

短期ロジスティクス計画策定支援システムの研究・開発は、需要予測手法の研究プロジェクトから計画策定支援システム開発プロジェクトへ引き継いできた。

平成7年に、出荷量予測システムの供用を開始し、今回の製造計画シミュレータでひととおりの完結を迎えることができたのは、出荷量予測ではニューラルネットワーク、製造計画では遺伝的アルゴリズムといったそれぞれの業務分野に優れた解法を紹介していただいた社外のコンサルタント・ソフトハウスの協力があつたからであるとともに、理論的に優れた解法を実用的な価格・時間で実行できるようになったIT (情報工学) の進歩によるところが大きい。

参考文献

- [1] 蓑谷千凰・廣松毅：時系列入門, 多賀出版, 1988
- [2] 那野比古：ニューロコンピュータ革命, 講談社, 1989
- [3] 森文彦・花岡かほる：エキスパートシステム構築技法入門, オーム社, 1990
- [4] 北野宏明：遺伝的アルゴリズム, 産業図書, 1993