

SaaSによる物流最適化とその応用について

伊倉 義郎

サプライチェーンの運用を取り上げ、日々の在庫や輸送に関する基礎と解くべき実務上の問題について解説する。複雑な意思決定を支援すべく、混合整数計画を使った最適化モデルを構築し、それがどのように活用できるかを紹介する。さらに最近のクラウド技術を利用してSaaSとしてのシステムとして提供した場合のメリットや注意点を報告する。

キーワード：サプライチェーン、最適化、在庫問題、輸送問題、クラウド・コンピューティング、SaaS

1. はじめに

効率的なサプライチェーンの設計に数理計画法が使われ始めて久しくたつ。様々な産業で、全体的サプライチェーンの設計から部分的な配車問題の解法まで数理的な手法が活用されつつある。その一方で、本来効率化されるべき分野がいまだに手付かずの状態になっていることも見受けられる。

この論文では、そのような一分野に焦点を当てて、まずその現状と問題点を解説する。次に、関連したサプライチェーン運用上の複雑な意思決定問題を効率よく解くために、数理計画法を用いた最適化モデルを構築する。最後に最近のクラウド技術を使ってSaaS (Software as a Service) という新しい仕組みを作り、早期立ち上げと利便性を増す工夫ができるることを簡単に紹介する。

2. サプライチェーンの運用問題と基本構造

一般に製造業で工場や倉庫、配送センターを使って製品の製造から販売までを行う物流ネットワークのことをサプライチェーンと呼ぶ(図1を参照)。この論文では、このようなサプライチェーン上で行う企業活動、すなわち、原材料調達、製品の製造、製品の輸送・在庫・出荷などをどのように効率的に行うのかということを考える。サプライチェーンの運用問題を記述する前に、サプライチェーンそのものの構造と自身について、まず簡単に説明を行う。

2.1 拠点倉庫と拠点間輸送

一般的な製造業の生産・物流・在庫活動を念頭において、その効率化を目指すサプライチェーンをモデル化すれば図1のような物流ネットワークとして表現できる。図の左から右へ、原材料の調達、原材料の貯蔵、工場での製品の生産、作られた製品の一次倉庫(貯蔵倉庫)や配送センターへの輸送、一次倉庫から二次倉庫(出荷倉庫)への輸送、二次倉庫から顧客への出荷という一連の企業活動を示している。

このネットワークのノード(点)は、工場や倉庫などの拠点を表す。アーカ(弧)は、原材料や製品などのフロー、つまり物の移動を示している。図1では一つの拠点から別の拠点への輸送は一つのアーカで示されているが、実際には複数の輸送手段に対応している。例えば、ある工場から下流の倉庫に輸送する場合、複数の輸送モード(トラック、海上、鉄道、航空)が存在して、それらのうち複数モードを使用していることが多い。また単にトラック輸送といつても、車型(4トン車、10トン車)の違いや、同じ車型でもサービス内容の違い(路線便に対して専用車)までも含める

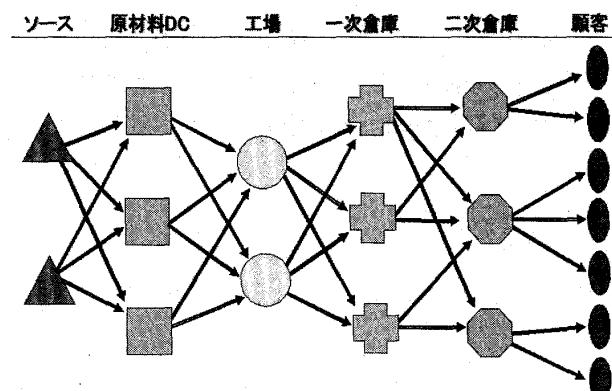


図1 サプライチェーンモデル

と、さらに使われている輸送モードの数は増える。図1のネットワークでは、そのような複数の輸送モードが一つのアーケーの中に存在するという意味で簡略化してある。

2.2 階層構造と倉庫の役目

一次倉庫と二次倉庫との違いであるが、一次倉庫(貯蔵倉庫)は工場から輸送された製品が直接顧客へ出荷されずにいったん貯蔵されるような倉庫を意味する。例えば、工場での製品在庫スペースが無いので、製造された製品をとりあえず貯蔵しておくために使われる工場近接の倉庫のこともある。また戦略的にある地域全体の在庫を抱える目的で作られた大型倉庫で、同じ地域の二次倉庫に適宜配送をする場合もある。いずれにしても、通常一次倉庫は工場隣接か、特別な役割を持っていることが多い。

それに対して二次倉庫(出荷倉庫)は顧客への出荷が主な役目の倉庫で、主要な顧客が集まっている地域の近くに設置されることが多い。なお、顧客といつても他社の工場であったり配送センターであったりするので、サプライチェーンとしてはさらに拡大して考える場合もある。

このような二層構造をもつサプライチェーンでは、工場で生産された製品はまず一次倉庫に納められて、時期を見計らって二次倉庫に配送される。顧客から逐次注文が入るに従って、二次倉庫から製品が顧客へ出荷され、二次倉庫で欠品が起こらないように一次倉庫から二次倉庫へ製品が補充される。

ただし、このような二段構えの配送センターを設定するのが常にベストであるともいえないことを注記したい。事業の規模や生産する製品の事情にもよるが、顧客と工場間に一つの倉庫しか存在しないサプライチェーンや、逆に二重三重に倉庫があることもある。どれかが常に正しいということないので、ここでは複数の倉庫を経て顧客に到達するというネットワークを前提とすることにする。

2.3 輸送モードとリードタイム

各輸送モードには、移動時間(トランジットタイム)という概念が付随する。これは輸送を始めてから完了するのに必要な時間のことである。近距離であれば数時間のこともありうるし、遠距離の場合であれば数日から数ヶ月かかるケースも考えられる。この場合、始点と終点を指定しそれら拠点間の輸送モードを決めれば移動時間は一意的に決まるとして考えることができる。

また下流の拠点が上流の拠点に発注をする際には、いつ納入されるべきかという納期があるが、発注からの発注元納入までにかかる時間をリードタイムという。例えば顧客が担当倉庫に発注をして翌日には必ず納入する場合には、リードタイムは1日となる。また遠距離による輸送時間が数日間で、納入に7日かかるときにはリードタイムは7日となる。リードタイムは上下の拠点と製品の組み合わせにより異なってくる。また季節によって納期が変わることもある、その際にはリードタイムも一定ではないと考えられる。

2.4 顧客への出荷、品切れと横持ち

顧客から注文が入ると通常その顧客を担当している倉庫から出荷が行われる。倉庫に注文された製品の在庫が十分あるか入庫予定であればよいが、もし無い場合には緊急に製品の調達や別途出荷を考えなければならない。このような欠品処理としては次のようの方策が考えられる(図2も参照)。

- 工場から顧客へ直接出荷する
- 別の倉庫から顧客へ出荷する
- 別の倉庫から製品を当倉庫が入手し(横持ち)、その後顧客へ出荷する
- 顧客と納期を再度調整し、その間に工場から仕入れて出荷する

他にも手段は考えられるが、実際は場合に応じて大体上記のどれかが選択されることが多い。

この中で多いのが別倉庫からの緊急入手(横持ち)のケースである。一点留意すべきは、納入伝票がどこで発行できるかによって上記のパターンが決まることがある。例えば納入伝票が担当倉庫からしか発行できない場合には、製品はいったん担当倉庫に入荷させてその後そこから出荷を行う。もし伝票がどこでも発行

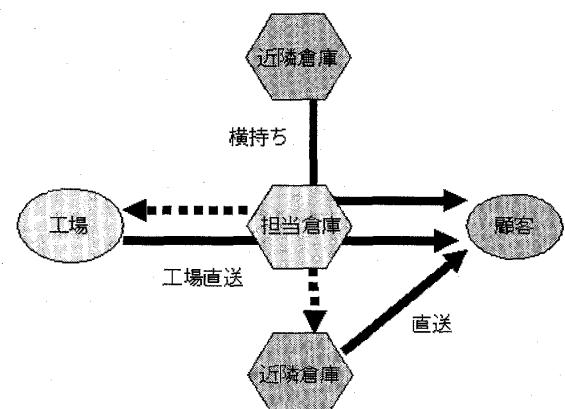


図2 欠品処理のパターン

できる場合には、工場なり別倉庫で使える在庫がある場所から出荷することができる。

いずれにしても、現実ではこのような品切れが頻繁に起きていて、その都度横持ち輸送や工場直出荷などの行為が行われることが多い。しかも緊急出荷の場合は、輸送コストが度外視される可能性も高くなる。なお、担当者はこのような対策が講じられれば欠品があったとは認識しないので、理論上の欠品と区別する必要がある。

また欠品対応ではなくても、工場からの直出荷を頻繁に行う場合もある。特に大型の顧客への配送に関しては、工場直送が採用されることが多い。これは往々にして大型顧客からの注文がトラック1台分以上の量であることによる。もしいったん倉庫を介して倉庫から出荷をすれば、満載したトラックの荷積荷降しが二度手間になってしまふ。工場からの直出荷をすることによって輸送コストを最小に抑えることができる。また同じように一次倉庫から顧客へ直接出荷することも見受けられる。特に一次倉庫が大量に在庫を抱えている場合や、その顧客の位置が一次倉庫にごく近い場合など、一次倉庫という性格からは逸脱するがそこから顧客へ製品を直送することも行われる。

2.5 安全在庫について

完全な受注生産のサプライチェーンを除いて、大抵の倉庫や工場では日々の在庫を抱えている。その中には、注文に引き当たっている在庫もあるし、不意の注文に備えての「安全在庫」である場合もある。適切な在庫のレベルについては、これまで多くの教科書や論文が発表されているので、ここではその詳しい計算方法は省略する（例えば文献[2][4]を参照）。拠点での在庫には最適な安全在庫レベルというものが存在し、倉庫は日々その量を下回らないように、適宜上流に発注を行わなければならない。

安全在庫の目的は、上流に発注をした後、実際に製品が入庫するまでの需要を十分充たすようにしたいということである。簡略な数理的表現としては、入庫リードタイム間の品切れ確率が一定の値以下になるよう持つべき在庫量と定義されるが、実際にはそのような正確な運用をしているケースはあまり無く、何日か分の平均需要量とか、これまでの経験上決められている量を安全在庫としていることが多い。

2.6 ロットについて

配送する製品が食料品や一般消費財の場合には、ロットの管理が必要となってくる。これは製品について

輸送や在庫の際には、数量だけではなくてロット番号（製造年月日）も管理することを意味する。下流の倉庫に対して、過去に送ったロット番号よりも古いロットを輸送することは、「ロット反転」と呼ばれる現象となり禁止事項となる。このため常に在庫情報の中にロット番号も記録する必要があるし、輸送履歴にもそれを含める必要がある。さらに将来のロットの動きも予測してロット反転を防ぐ工夫が必要となる。

2.7 物流コストについて

サプライチェーンを運用していく際の主な物流コストとしては、輸送費用、入庫費用、出庫費用、保管費用が挙げられる。輸送費用は拠点ごと、輸送会社ごと、車型ごと、サービス内容ごとに異なった契約をしている場合が多く、それぞれの会社ごとに運賃表が準備されている。ただしその内容は複雑な場合が多く、現場の担当者がわずかの運賃差を把握してより効率的な輸送モードを選択することは難しい。

入出庫費用と保管費用については倉庫ごとにそのレートが決められているが、やはり完全な外部の倉庫なのか自社の倉庫なのか、レートの詳細によっても考え方方が違ってくる。同じ地域にあっても高めの倉庫と安い倉庫があるので、輸送費用も含めてより経済的な倉庫を使うことが必要である。

3. サプライチェーンの問題点

上記のような特徴を持つサプライチェーンには運用上様々な問題が起こる。ここでは問題点のうち比較的短期的なものを中心に考える。中長期的な問題としては、サプライチェーンのネットワーク構造そのものをどう設計するかという問題になるがこの論文では省略する。

3.1 需要予測の問題

サプライチェーン運用の出発点は需要予測である。需要予測がなければ、そもそもサプライチェーンの運用計画もできないので、需要予測は必須である。予測期間としては当面の数日から数週間、数カ月程度を対象とする。また日々の運用を考える場合は、需要予測は最低でも日単位で必要となる。

需要予測の問題は、日単位の予測はできたにしても正確に当たることはまずないということである。しかし当たらないからといって予測をしないわけにはいかないし、何らかの予測に基づいて全体の運用計画を作る必要がある。問題はズレが含まれる予測値を用いて、どのように運用計画を作るか、また予測からのズレが

生じた際にどのように対応するか、さらに予測の精度を上げるためににはどのような工夫が必要であるか、ということである（例えば文献[1]を参照）。

3.2 在庫の問題

上記2.4節でも説明をしているが、在庫が切れる（欠品）というのは重大な問題である。理由としては種々考えられるが、十分な安全在庫量の確保を怠っている場合や、予想外の需要が発生した場合、顧客と倉庫の紐付けを変えたが安全在庫にそれが反映されていない場合、など様々考えられる。需要予測が著しく外れた場合はいかんともし難いが、それ以外の場合であれば過去データから需要分布を推測して十分な安全在庫を用意することが望ましい。

欠品とは逆に在庫が溢れる場合もある。これは需要予測の間違いというような予期せぬ場合もあるが、繁忙期に備えてあらかじめ作り置きすることもある。その場合何日に溢れ始めるのか、またどの倉庫に溢れた分を在庫すべきか、またいったん貯蔵した倉庫から何日くらいに出荷を始めるべきか、などの正確な予測はできていないことが多い。結果として、余分や輸送やさらなる溢れが起こりうる。

3.3 輸送の問題

サプライチェーン内部での輸送コストを最小化したいという願望は一般的に存在すると考えられる。サプライチェーンの輸送は大きく分けて2種類あり、一つは顧客への出荷で、もう一つは工場や倉庫間の拠点間輸送である。このうち顧客への輸送に関しては通常納期が決まっているので、その納期に合うように当日配達を行なうべくあらかじめ配車をしたり、運送業者に手配をしたりする。今ではそのような顧客への配送処理は比較的容易にシステム化ができる。これは顧客への配送については納期や時間指定がついていて、そのような制約条件の存在から明確に最適なスケジュールを作ることができるという事実による。

逆に顧客への輸送を含まない拠点間輸送については、その輸送コストの管理やデータ化も不十分で、数理手法の適応が遅れている分野である。理由としては、安全在庫に合わせてダイナミックに拠点間輸送を行うという概念があまり無く、受注に合わせて担当者の勘と経験で在庫を動かしている場合が多いということにあると思われる。結果的に単価の高い輸送モードを使っていたり、コスト高のルート（例：工場→一次倉庫→二次倉庫→顧客）を選んでいたりすることがある。

さらに拠点間輸送については、安全在庫のレベルに

よってはそれほど緊急性が無く、今日でも明日でも輸送は間に合ってしまい、ネットワーク全体での最適化を考える必要性を見失ってしまう。

3.4 発注点と輸送タイミングの問題

各倉庫に上流から配達を行う際に、どの時点で配達を掛けるかという問題がある。上流と下流の倉庫が同じ会社の管理下にある場合には、輸送のタイミングは自社の判断で決められ、各倉庫の安全在庫レベルの維持と、より効率的な輸送モードを利用した大量輸送を行うべくタイミングを計ることが望ましい。逆に、間違ったタイミングで輸送をすると、在庫過多、後の横持ち移動、ロット反転、輸送コストの増加というような事態が起こりうる。

上下の倉庫が別会社である場合には、上記のタイミングは発注点という形で管理され、上流倉庫からのリードタイムを考慮して発注点まで在庫が下がった時点で発注が行われる。この場合、品切れになるリスクは下流の倉庫が請け負うことになるが、欠品リスクを恐れて余分に在庫を持つと在庫維持費が余分にかかる結果となる。現実的に妥当なリスクの度合いを定めて、それに見合った安全在庫を持つような運用が望ましい。

3.5 出荷の問題

各顧客に対して、どの倉庫から出荷をするかという問題がある。これは中長期的には拠点配置問題として扱われるが、日々の運用の場合でもこの問題は存在する。新規顧客が入ったり、一部の顧客を除外したりすることは頻繁に起きるので、そのたびにリバランスの必要が出てくる。割当てを考える際には、一番距離の近い倉庫を担当とすることが一般的であるが、大型顧客への工場直送や、倉庫の処理能力が超えてしまう場合など、全体的に見て効率的な顧客と倉庫の割り当てが必要となる。

4. 問題を解決する方策

上記のような種々の問題を抱えるサプライチェーンを日々運用していくには、隨時起る意思決定問題を効率的に解決していく必要がある。通常このような運営には物流専門のチームが存在して、担当者の判断で問題は処理され運営されている。しかしながら、PC上の簡易ツールによる分析や勘と経験による判断だけでは、余りにも複雑すぎるケースが多い。特に大規模なサプライチェーンで効率化を求めて全体最適な意思決定をしようとするときらかの意思決定支援システムが必要となる。

問題が複雑になる理由としては、判断のために必要とするデータ量が膨大であること、一つの決定が後日他の部分にどのような影響を及ぼすかの推測が難しいこと、需要予測が確率的で大なり小なり外れる可能性が高く、外れた場合の影響を予知することが難しいこと、などの点が挙げられる。

この運用問題の効率的な解法にはシステム的なアプローチが必要となり、最適化を使った数理モデルの導入とそれに基づいたサプライチェーン運用支援システムの導入が望ましい。そのような観点から、次にサプライチェーン運用問題を最適化モデルとしたものを紹介する。

4.1 多期間最適化モデル

数日から数カ月の運用問題を考慮するためには、モデルには多期間の概念が必要となる。例えば日々の運用問題では1期間は1日と設定できるが、計画期間が数カ月から1年に及ぶ際には、1期間が1週間とか1カ月と設定することも考えられる。ここでは1期間が何であるかは特定せずに記述をする。

1期間中の物流は、上記図1のサプライチェーン上のネットワークフローとして表現される。多期間のサプライチェーンモデルとしては、図1のサプライチェーンを期間分だけコピーした図3の多品種ネットワークフロー問題として考えることができる。

ここで、期間 t から期間 $t+1$ へ延びているアーケーク上のフローは、それぞれの拠点での期末在庫と見なすことができる。

このようなネットワークを定義すれば、在庫や輸送

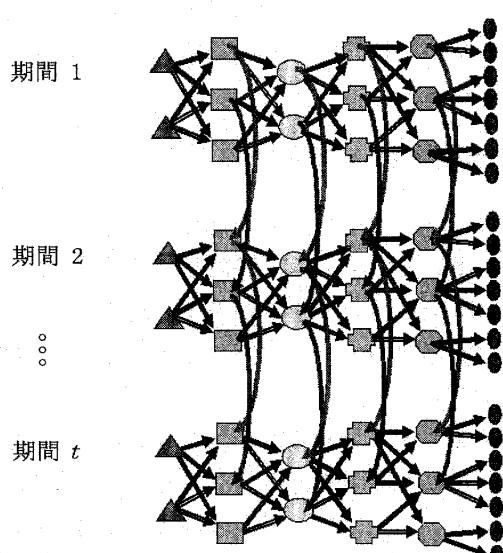


図3 多期間のサプライチェーンモデル

に関する物量はすべてこのネットワーク上のフローとなり、モデル変数が設定できる。例えば、拠点 a から拠点 b へ製品 p を期間 t に輸送モード m を使って送る場合は、その輸送量を $X[a, b, p, m, t]$ とする。さらに、拠点 a で製品 p が期間 t の初めにある在庫量は変数 $I[a, p, t]$ とする。在庫変数で注意すべきは、期間 t の初期在庫量と期間 t の最終在庫量を区別することで、期間 t の最終在庫量が期間 $t+1$ の初期在庫と一致する。

輸送変数と在庫変数が設定されれば、各拠点での製品在庫数は入庫、出庫、在庫でバランスするはずなので、フローバランスの式が書ける。例えば、出荷倉庫 a で、期間 t に顧客への製品 p の出荷予定（需要予測）合計を $o[a, p, t]$ とすれば、つぎのようなフローバランスの式が書ける。なお、出荷倉庫 a からは他倉庫への輸送はないとする。

$$\sum_{c} \sum_{m} X[c, a, p, m, t] + I[a, p, t] \\ = I[a, p, t+1] + o[a, p, t]$$

ここでは、拠点 a から顧客への出荷予定をすべて合計しているが、個別顧客についての出荷予定（需要予測）値を導入することや、それを変数化することも可能である。

工場での製品フローバランスを表現するには、生産計画の値を導入する必要がある。このモデルでは生産計画は入力とし既知の値として見なされるが、これを変数化することも可能である。工場 a で製品 p が期間 t に生産される量を $w[a, p, t]$ とすると、工場でのフローバランスは次のようになる。

$$I[a, p, t] + w[a, p, t] \\ = \sum_b \sum_m X[b, a, p, m, t] + I[a, p, t+1]$$

フローバランス以外の制約式としては、拠点の在庫能力が考えられる。これは単純に在庫変数の上限として設定できるが、製品ごとに設定する場合と製品群として設定する場合や、すべての製品に対しての総在庫能力として制約とする場合もある。個々の製品に上限が設定される場合には、以下の式になる。ここで、 $u[a, p]$ は、拠点 a での製品 p の在庫上限を示す。

$$I[a, p, t] \leq u[a, p]$$

また在庫の下限は、安全在庫を示す式となる。安全在庫は別途過去実績や欠品率などから計算される必要があるが、それが決まっているという仮定のもとで、在庫の下限を示す式は以下のようになる。

$$I[a, p, t] \geq l[a, p]$$

日々の安全在庫に加えて、期末のターゲット在庫を設定することも考えられる。これは例えば月末に目標とする在庫量がある場合とか、週末にかけての在庫量などを設定する場合で、それが通常の安全在庫と異なる値の場合には別途設定する必要がある。これは、上記の下限式で t が最終期間のときに変更すればよい。

輸送に関しては、毎回の輸送量単位が決められていることが多いので整数変数の導入が必要となる。例えば 10 トン車で拠点間の輸送を行う場合には、満載で運ぶことが原則であろうから、満載以外での輸送を禁止する制約を設定する必要がある。このような制約は例えば輸送回数を整数変数として導入すれば表現できる。期間 t における拠点 a から拠点 b への輸送モード m の使用回数を $Y[a, b, m, t]$ とし、1 回あたりの輸送量を $f[m]$ とすれば、製品による混載を認めた拠点間の輸送に関して次のような関係が成り立つ。

$$\sum_p X[a, b, p, m, t] = Y[a, b, m, t]^* f[m]$$

ここで、変数 $Y[a, b, m, t]$ が整数変数となることから、全体のモデルが混合整数計画問題となることが判明する。

上記以外にも、種々の運用上の制約条件が課せられる場合が多い。また、目的関数は総物流コストであるが、これらの詳細については省略する。これらをまとめて整数計画問題として定式化すればサプライチェーンの多期間最適化問題が定式化できる。

5. 何故 SaaS か

上記の多期間モデルを設定し、数理計画ソルバーを使って解くシステムを開発した。入力データ量や解法のパラメータ値が多量になるので、入力データを管理するデータベースを使用することが必要となる。さらに最適化モデルの実行と結果の表示、レポートの作成など、意思決定支援システムとして必要な種々の機能も開発することが必要となる。

このようなデータベースや GUI、最適化エンジンを備えた意思決定支援システムはこれまでにも多数開発され活用されているが、今回はさらにそれを進めて、ネット上でもアクセス可能にするべく、SaaS として開発した。

これにより、ユーザーはネット上のサイトにログインするだけで最適化ソフトの利用ができ、次のようなメリットが生まれる。

- 最適化モデルの管理が容易になる

- ユーザー側でのシステム設置や管理が無い
- 多部署で同時に複数ユーザーをサポート可能
- システムの立ち上げが早くできる
- 何時でもどこからでもアクセス可能になる
- 情報の共有がしやすくなる
- バグ対応やバージョンアップが簡便になる

一方で SaaS ならではの問題点や注意点もある。

- データの安全性を確保する必要がある
- 24 時間・7 日の連続サービスを期待される
- ユーザー数とサーバー数の能力管理
- ユーザーのアクセス権の管理

ただしこれらについては、すでに種々のクラウドサービスや開発ツールが存在するので、それらを組み合わせることによって実務的に解決することができる。

計算ログの表示について一点だけ付け加えたい。最適化モデルによる意思決定支援システムの特徴として計算時間の問題がある。これは、通常普及している SaaS では、サーバー上での処理時間がミリセカンド単位のケースがほとんどであるが、数理計画モデルをリモートサーバー上で解く場合は、1 回の処理に数秒から数分の計算時間がかかることが多い。デスクトップで計算を行う場合には、ユーザーは計算経過を順次目視できるが、クラウドサーバー上で解く場合にはリアルタイムで計算経過を出力することは大変難しい。しかしながら、数分間何もレスポンスがないと、ユーザーは不安になってしまう。特にいつ終了するのかも分からないと、使い勝手が悪いという印象を与えてしまう。この問題を解決するために、計算ログを一定時間ごとにユーザーのブラウザ上に表示するような工夫が必要となる。ただしあまり頻繁にそのようなログを表示するのはサーバーに負荷がかかるので、適当な間隔（例えば 30 秒に一回）を置けばログを表示しても十分実用に耐えうるものとなる。

幾つかの実例をもとに作成した疑似問題を解いた例を図 4 に示す。これは一つの倉庫での 30 日分の在庫の動き（折れ線）を示していて、下の方に入庫（折れ線下の棒グラフ 2 階部分）と出庫（折れ線下の棒グラフ 1 階部分）が示される。このような図が簡単に表示できることは現場の意思決定者にとって大変参考になる。ちなみにこの例では、工場数 3、倉庫数約 30、期間 30 日、製品数 2 で、整数計画問題の変数約 1 万、整数変数 3 千、制約式 5 千で、計算時間は 4 分程度（数理ソルバー SOPT[3] 使用）、最終解は LP 解から目的関数值 1% 程度の乖離であった。

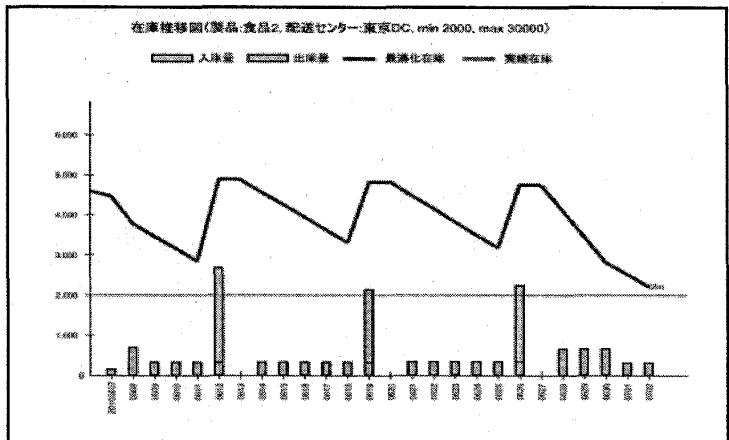


図4 計算結果表示の一例

6. 最適化による投資効果について

このような多期間サプライチェーン最適化モデルを使用して実際のサプライチェーンネットワークの物流管理に役立てたケースがある。現場でのデータ管理や制約条件は複雑に絡み合っており、一つ一つ分析をしてモデルの修正や計算結果の解釈などにより帰結する必要があったが、いくつかの実例から、一般的には数%の物流コスト削減が可能という結論が導かれている。その他、期待される効果としては次のようなことが挙げられる。

- 無駄な輸送の削減
- 在庫レベルの適正化（多くは削減）
- 戦略的な倉庫活用による倉庫費用の削減
- 種々の管理データの見える化

最後に、最適化システムを導入した場合の投資効果をどのように推定するかという議論が必ずユーザーとの話し合いの中で起こる。直接実際に最適化結果を現実に反映した場合、最適化結果を使わなかつた場合の総物流費用は不明であるので、最適化システム導入による投資効果は不透明になりがちである。

そのような場合には、次のような測定を導入以前から導入後にかけて行い、その推移を見れば最適化効果がより明確に判明するものと考えられる。その測定とは、過去のある期間（2週間とか1カ月とか）の実運用コストを C_1 とし、その期間の最適化されたコストをシミュレーションにより計算して C_2 とし、その差

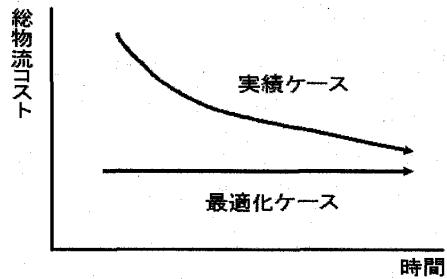


図5 実績改善の例

を相対的に計測することである。最適化の結果は需要が完璧にわかっているという非現実的な仮定なので、当然 $C_1 > C_2$ となるが、このコスト差の割合を一定期間プロットする。その結果、もし現実が最適化の結果を反映し徐々に改善されていくとすれば、この差の相対的割合が徐々に下がるはずである。つまりこれをプロットすれば、図5のようなグラフになるはずである。これにより、どの程度の投資効果が生まれているのかが客観的に計測されるであろう。

7. まとめ

サプライチェーンの現状と運用上の問題点を概説した。意思決定を支援すべく多期間の最適化モデルを作成し、それに基づいた意思決定支援システムを構築した。さらにクラウド技術を用いて、インターネット上からのアクセスを可能にすることにより、より利用しやすいシステムを実現することができた。

参考文献

- [1] 特集 需要予測、オペレーションズ・リサーチ, Vol.55, No.4, 2010.
- [2] 勝呂隆男, 「適正在庫の考え方・求め方」, 日刊工業新聞社, 2003.
- [3] SOPT 4.2 ユーザー・ガイド, 株サイテック・ジャパン, 2010年8月.
- [4] 湯浅和夫, 「物流管理のすべてがわかる本」, PHP研究所, 2004.