

博士(工学) 守谷栄一

学位論文題名

ロジスティクスにおける在庫問題の最適化に関する研究

学位論文内容の要旨

在庫は生産、販売、消費をスムースに行うために一時的におく資源である。ロジスティクスの領域にはさまざまな在庫がある。即ち、製造業においては、原材料、製品、半製品、部品、仕掛品、保全品、治工具類、副資材、用度品などの在庫がある。これらの在庫により安定した生産が可能であり、顧客からのオーダーに対しても即座に出荷、販売が可能である。また、部品の故障や摩耗で機械が休止しても取替用部品在庫があれば機械は休止することなく稼働できる。更に在庫には販売の変動を吸収し、生産部門に独立性を与え、生産部門を独自に効率的に安定的に操業できる重要な機能がある。すなわち在庫は需要と生産のバッファの役割をもっている。このように在庫は企業において重要な働きをしている。しかし一方において過剰在庫はいろいろの弊害をともなう。弊害の主な点をあげると（1）資金不足になる。（2）余分な在庫維持費用がかかる。（3）期待投資利益の損失。（4）保管場所の増大、棚卸しなど管理費用の増大。（5）材料変更、部品変更への即時的対応が困難になる。（6）作業効率の悪化。（7）価格低下の原因などがあげられる。したがって在庫量は経済的、合理的に管理する必要がある。今日のように産業界が不況で長引いている環境では特に在庫問題の研究、検討改善が必要である。

本研究はこのような企業環境および問題認識を踏まえ、次の4点について研究を行った。（1）今まで不明確であった在庫問題のモデル化と科学的解析、シミュレーションによる最適化の研究（2）在庫システム設計に関係の深い需要予測の研究（3）企業モデルにおけるさまざまな要素と在庫のシミュレーションによる動特性の研究（4）実務的側面からの過剰在庫圧縮によるコスト削減方法の体系化と事例研究である。

次に全11章から構成されている本論文の各章の要旨と成果について記述する。（1）在庫問題は製造業による部品、材料の調達から生産・流通・消費者までの全領域に関連するので第1章では先ずその最も重要な関連用語である「Recrematics」、「Logistics」、「Physical Distribution」の3用語について定義を示し、最適化や改善のための管理技法、在庫管理などの諸機能との関連を図示し、これまで明確性を欠いていたロジスティクスとの諸関係を明らかにした。また、在庫問題研究の歴史的過程を述べ、既往論文をレビューし本論文の背景、特徴について記述した。また、定量発注システムの重要な意志決定要素である最適発注量について従来から求められている算式を整理した。

（2）これまでの在庫問題の研究では需要が互いに独立であるかまたは指數型自己相関の場合で総費用との関連についてもほとんど検討がなされていない。そこで第2章では需要系列に指數型または三角型自己相関がある場合に需要予測に指數平滑法を用いたときの定期発注システムにおける総費用、平滑化定数、自己相

関係数、リードタイム、安全在庫等の諸関係をシミュレーションにより研究し最適在庫方針を明らかにした。

(3) 発注点方式による総費用に含まれる品切れ期待数を重積分によりモデル化する。次にリードタイム中の出荷量の確立密度関数を正規分布と仮定したので、Hastingsの近似式を用いて品切れ期待数を求める近似式を展開し、数値解を求めるアルゴリズムを提示しFORTRANプログラムにより年間総費用と最適在庫方針の値を求めた。更に品切れ確率と品切れ個数を標準正規分布で標準偏差の3倍を100として電卓でも容易にiterationで最適解が求められる数表を提示した。(第3章)

(4) 在庫に品切れが発生した場合、受注残(back order)と販売喪失(lost sales)になる点に着目し、その混合モデルを考え、リードタイム中の需要分布がポアソン分布、指数分布、一様分布についての在庫モデルとその理論的解法を明らかにした。(第4章)

(5) 従来リードタイムや需要の分布がガンマ型の場合はあまり研究されていなかったので本論第5章ではリードタイムと需要の分布をそれぞれガンマ型、正規型の2種類を取り上げ最適解の比較研究を行った。

(6) 在庫や発注方式算定の基礎となる需要予測技法については全体を整理し体系化した研究は見受けられないようと思われる。そこで第6章では、独自の観点から需要予測技法を整理して体系化を提案し、在庫計画との関連についても論述した。

(7) 需要予測技法の一つであるGES(一般指數平滑法)はR.G.Brownにより開発された。本論第7章ではGESによって求められた推定式にいくつかの検定方式を用いてパラメータを検定し最適予測式を求め、予測値を求める。予測の結果が実績と異なる残差と遷移行列(transition matrix)からパラメータを自動修正する。さらに残差の結果から分散、標準偏差を求めて在庫システムの設計に結びつける一連のシステム化を提案した。

(8) MCMILLANとGONZALEZは「A Study in "Total" System Simulation」で具体的な企業モデルを作り、プログラムの作成アルゴリズムとその数値列を発表した。このモデルは企業モデルの作成には大変役立つが一方のシミュレーションであり、外部環境(需要)が変化したいときシステムがどのように応答するか、システム条件を変化したとき品切れや在庫変動、利益がどのように応答するかなどの動特性の解析がなされていない。そこで本論第8章では40通りの需要プロセスと予測方式、2通りの発注方式のシミュレーションを実施し、その動特性を研究し諸要因の変化を明らかにした。

(9) 販売会社が2社以上あって、それぞれの販売の需要プロセスが異なり、かつ輸送リードタイムが異なる場合、在庫を少なくして品切れをいかに防ぐかは重要な問題である。更に発注リードタイムが長いと正しい予測値を充分考慮しなければ品切れを起こす確率は高くなる。これらの要素は科学的手法を用いたシステム設計により解決可能である。そこで本論第9章では予備品を仕入工場に発注し全国3箇所の販社で販売する企業モデルを設定し、各販売会社の需要プロセスは非定常、変動は $\chi^2$ 分布にしたがい、輸送機関のリードタイムも異なり、発注リードタイムを長くした「在庫・配送システムシミュレーション」モデルを開発し最適システム設計とその結果を明らかにした。

(10) 製造業にかぎらず卸売業、小売業などいわゆるロジスティクス全域の企業にとって在庫問題は重要な戦略問題である。過剰在庫は企業にとりさまざまな弊害をもたらす。そこで各企業においてはそれぞれの立場から在庫を削減しコストダウンを計っている。本論第10章においては、これらの在庫削減の実例を調査しどのような対策があるか、実例を取り入れながら11項目に整理し、在庫問題を明らかにした。第11章は第1章から第10章までの要約と結論である。

以上本研究では在庫の最適化問題、需要予測技法の体系化と在庫システム設計との関連の明確化、企業モデルにおける在庫の動特性の研究、過剰在庫削減方法を事例にもとづき研究、整理した。その結果、多くの知見が得られ、今後の在庫システムの設計や改善に有益な指摘がえられた。

# 学位論文審査の要旨

主査 教授 五十嵐 日出夫  
副査 教授 佐藤 馨一  
副査 教授 大内 東  
副査 教授 伊達 悅

## 学位論文題名

### ロジスティクスにおける在庫問題の最適化に関する研究

ロジスティクス (Business Logistics) は、財物の生産の起点から消費の終点に至るまでの原材料、仕掛品及び完成品の効率的な流動を計画し、実施し、管理するための一つ又はそれ以上の活動の統合として定義されるが、それらの諸活動の大部分には在庫管理が介在していて、財物の需要と供給の過不足に対する緩衝作用として機能している。この意味で在庫は生産、販売、消費を円滑に行うために一時的に投入される資源であるともいえる。

本研究は在庫問題を以上のように把握して、それぞれの在庫量を経済合理的に管理する新方法を提案し、在庫システムの最適設計及び改善に寄与しようとしたものである。しかして本論文は11章より構成されている。

第1章では、ロジスティクスにおける生産管理と物流管理との関係を示し、それらにおける諸機能を分類整理した機能関連図を作成した。さらに在庫問題研究の歴史的過程を述べ、既往研究のレビューをして、本研究の位置付けを明確にした。

第2章では、需要系列に指指数型または三角型自己相関がある場合の需要予測に一般指指数平滑法 (General Exponential Smoothing: G E S) を用いて、定期発注システムにおける総費用、平滑化定数、自己相関係数、リードタイム、安全在庫等の諸関係をシミュレーションにより分析し、最適在庫方針を明らかにした。

第3章では、発注点方式の総費用に含まれる品切れ期待数を重積分によりモデル化した。これにはHastingsの近似式が用いられ、年間総費用と最適在庫方針の値が求められている。また、品切れ確率と個数が電卓でも用意に計算され得る数表が提示されたのは実用的にも意義あることである。

第4章では、リードタイム中の需要分布がポアソン分布、指指数分布、一様分布になる場合の在庫モデルとその理論的解法が明らかにされた。

第5章では、リードタイムと需要分布をそれぞれガンマ型、正規型とし、最適解の比較研究が行われた。

第6章では、著者の独自の観点から各種の需要予測技法が整理かつ体系化され、

在庫計画との関係から論考されているが、この成果は甚だ有益である。

第7章では、在来法のGESを適用して得た需要推定式に幾つかの検定法を用いてパラメーターを検定し、最適予測式を作成し、これによって予測値を求める方式を案出している。そして、この予測値が実績と異なる場合には、残差と遷移行列からパラメーターを自動修正し、さらに残差から分散、標準偏差が求められる。この方式は在庫システムの設計を一連のシステムとして実行することを可能にしており、本論文中の最重要的創案として高く評価される。

第8章では、40通りの需要プロセスと予測方式及び2通りの発注方式のシミュレーションが実施され、その動態特性が解明されている。

第9章では、予備品を仕入工場に発注し、全国3箇所の販売会社で販売する企業モデルが設定され、各販売会社の需要プロセスは非定常、変動は $\chi^2$ 分布に従い、輸送期間のリードタイムも異なり、発注リードタイムを長くした「在庫・配達システムシミュレーション・モデル」を開発し、そのような場合の最適在庫システム設計と有用な技法が開発されている。

第10章では、全国の幾つかの企業において、在庫削減の実績を調査し、それについてどのような対策があるかを実例を取り入れながら11項目に整理した在庫削減方法が提案されている。これらの提案は、著者の長年にわたる多数の現場研究からしか得られない貴重な提案であるといえよう。

第11章は、本研究の要約と結論である。

これを要するに、著者は、ロジスティクスにおける需要予測技法を改良し、在庫システム及び配達システムと連動する最適在庫システム設計技法を創案し、仕入工場と販売会社から成る企業複合体モデルを設定し、その最適在庫システム設計に関する有用な技法を開発し、さらに貴重な事例研究に基づく過剰在庫削減法を整理・分析して、11項目の有益な提言を得たもので、交通計画学及びシステム工学の進歩に寄与するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。