

気象庁委託調査

天候リスクマネジメントへのアンサンブル予報の活用に関する調査

報 告 書

平成 15 年 3 月

みずほ第一フィナンシャルテクノロジー株式会社

はじめに

平成 13 年度は、気象情報の利用促進及び企業リスクマネジメント普及の観点から、経済産業省と連携し、気象庁が『企業の天候リスクと中長期気象予報の活用に関する調査』を実施した。この調査において、企業の意思決定のプロセスに応じた気象情報の活用や企業の天候リスクマネジメントに対するアンサンブル予報等の活用策が、将来的に展開可能な概念として示された。

今年度（平成 14 年度）の調査においては、昨年度の調査結果を受けて、天候リスクを抱える実際の企業を対象に、アンサンブル予報から得られる確率情報を天候リスクマネジメントに活用した場合の効果に対して実証を試みることとなった。また、アンサンブル予報の利用を促進する観点から、経済的な価値として同予報の効果について算出してみることを目的に掲げた。そこで、今年度の調査テーマを『天候リスクマネジメントへのアンサンブル予報の活用に関する調査』と定めた。

気象庁は、平成 8 年から力学的手法すなわち数値予報モデルによる 1 か月予報を発表しているが、3 か月以上の長期の気象予報に関しても、予報モデルの開発・改良をすすめるため、力学的手法を平成 15 年 3 月には 3 か月予報に、9 月には寒候期予報に順次導入する計画である。長期の気象予報は、断定的な予報として行うことは（気象学的に）不可能であり、確率的な予報とならざるを得ない。力学的手法による適切な予報を行うため、異なる初期値を用いて数値予報を行うアンサンブル予報を行っており、これにより確率的な予報結果が得られる。そこで、この長期のアンサンブル予報を導入することにより、確率的な気象情報がより充実し、気象情報のユーザーである民間気象事業者や天候リスクを抱える企業、天候リスクを扱う金融機関において、多様な予測情報の作成や利用が可能になると考えた。

今年度の調査を進めるにあたっては、天候リスクを抱える実際の企業を対象に行うことから、最初に協力会社を選定することから始まった。天候と関わりの深い企業の事業モデルを検証しながら、アンサンブル予報の活用可能性を検討するといった本調査の趣旨を理解し、企業活動に対するヒアリングや開示について前向きに受けとめて頂ける企業を探すことは、予想されたものとはいえ時間と労力のかかる作業となった。しかしながら、今回ご協力頂いた 2 社においては、本調査の趣旨を快くご理解頂き、これにより始めて今年度の調査を開始することができた。調査を実施するにあたり、関係各機関の有識者にご意見を頂くため、委員会を設置した。委員長は、刈屋武昭 京都大学経済研究所教授に依頼し、弊社及び財団法人日本気象協会が事務局を務め、2002 年 12 月から、2003 年 3 月まで運営した。委員会には、学識経験者（経済関係及び気象関係）は

はじめ、民間気象事業者や天候リスクを抱えている企業（エネルギー、衣料、流通・小売業、食品）や金融機関から委員を募り、各委員から貴重なご意見を賜った。（委員一覧は添付資料参照）

本報告書をまとめるにあたっては、企業における天候リスクマネジメントの重要性を認識しつつ、アンサンブル予報をリスクマネジメント手法にどのように取り込めるかといった点を考察した。その中で、金融技術の一つとして市場リスク分析に用いられる Earnings at Risk 手法の応用を考えた。通常、同手法は市場価格の変動リスク等を対象に行われる分析であるが、今回の調査では、販売量等の経済活動における数量変動リスクの定量手法として適用し、更に企業活動における他のリスクと統合的に把握・管理する手法として応用を試みた。また、企業のリスクマネジメントに対して当該手法を用いる展開可能性についても、各委員から貴重なご意見を頂いた。更なる技術的な課題の検討や検証は残るものの、今後の企業リスクマネジメントに関する分析手法として、一定の可能性や方向性を示す機会になったと考える。また、天候リスクを抱える産業や経済分野において、従来からの1か月のアンサンブル予報に加え、3か月以上のアンサンブル予報が長期の企業活動にも活用され、本調査を契機に様々な応用や工夫が広まることを今後も期待したい。

なお、本報告書には、気象及び金融工学の専門的な用語や概念を多く用いている。本報告書の巻末には、アンサンブル予報や Earnings at Risk に関する基礎的事項やこれらの具体的な計算手順などについて解説した資料を掲載したので、参照頂きたい。

最後に、同委員会の刈屋委員長をはじめとする各委員、並びに事業モデルの検証にご協力頂いた各企業及び関係各位に対して改めて感謝したい。

以 上

（事務局）みずほ第一フィナンシャルテクノロジー株式会社
金融工学第2部
部長 鮫島 隆太郎

目次

サマリー	5
I. 平成 13 年度調査の概要.....	9
II. 今回の調査内容	11
1 . 調査の目的	11
2 . 調査の前提	11
3 . 調査の課題	12
4 . 調査体制	13
5 . 調査の手順	14
(1) 協力会社の事業構造の整理.....	15
(2) 気象要因の影響検討	16
(3) 気象要因の定量的分析.....	16
(4) 気象以外の要因の影響と定量的分析.....	17
(5) アンサンブル予報を活用した将来予測	18
(6) E a R を用いたリスク評価.....	18
(7) リスクを減少させる手法の検討 (オペレーション)	19
(8) リスクを減少させる手法の検討 (金融商品の活用)	20
(9) アンサンブル予報活用の経済的効果.....	20
6 . 用語の説明	20
(1) 天候.....	20
(2) 天候リスク.....	21
(3) 天候リスクマネジメント	21
(4) アンサンブル予報.....	21
(5) E a R	22
III. 実証調査	23
1 . エネルギー会社	23
(1) 事業構造の整理.....	23
(2) 気象要因の影響検討	24
(3) 気象要因の定量的分析.....	25
(4) 気象以外の要因の影響と定量的分析.....	35
(5) アンサンブル予報を活用した将来予測	41
(6) E a R を用いたリスク評価.....	43

(7) リスクを減少させる手法の検討 (オペレーション)	48
(8) リスクを減少させる手法の検討 (金融商品の活用)	48
(9) アンサンブル予報活用の経済的効果	53
2 . 衣料品販売会社	54
(1) 事業構造の整理	54
(2) 気象要因の影響検討	55
(3) 気象要因の定量的分析	55
(4) 気象以外の要因の影響と定量的分析	71
(5) アンサンブル予報を活用した将来予測	72
(6) E a R を用いたリスク評価	76
(7) リスクを減少させる手法の検討 (オペレーション)	80
(8) リスクを減少させる手法の検討 (金融商品の活用)	82
(9) アンサンブル予報活用の経済的効果	84
IV. アンサンブル予報の活用に係る課題と活用拡大のための提言	89
(1) 天候リスクを抱える企業	89
(2) 天候リスクマネジメントに係る金融機関	93
(3) 気象情報を活用した天候リスクマネジメント普及のための行政、金融機関、民間気象事業者、企業等のあるべき姿	94
V. まとめ	97
(1) 本調査における課題 (事務局作業を通じた課題認識)	97
(2) 本調査における新しい試み	98
(3) 2 年間にわたる調査の意義	99
(4) 企業におけるリスク管理の重要性の高まり	100
(5) アンサンブル予報の広範な活用可能性	100
資料 1 「天候リスクマネジメントへのアンサンブル予報の活用委員会」委員一覧	103
資料 2 中長期予報を活用するにあたっての基礎事項	104
資料 3 天候リスク分析への格子点値 (G P V) の活用方法	110
資料 4 アンサンブル予報による気温予測等の確率分布の算出方法	113
資料 5 E a R (Earnings at Risk)	117
【解説】 本編で採用した E a R 計算の手順について	120
資料 6 気象庁の季節予報の精度評価	123

サマリー

平成 13 年度は、企業が保有している天候リスクについて分析し、天候リスクを把握することの重要性や、天候リスクマネジメントへの気象情報の活用可能性について『企業の天候リスクと中長期気象予報の活用に関する調査』を行った。これに続き、平成 14 年度は、天候リスクを抱える実際の企業を対象に、アンサンプル予報から得られる確率情報を天候リスクマネジメントに活用した場合の効果に対して、Earnings at Risk の手法（以下、E a R）を応用することで実証を試み、アンサンプル予報を利用する際の実務的な作業や課題、及び将来性を検討する。

調査の目的を、天候リスクを抱える企業の業務運営や、天候リスクマネジメント運営の中で、アンサンプル予報から得られる確率情報を活用した場合に、どのような効果が期待されるかといった点について考察することとする。その前提を、対象となる企業を異なるタイプの 2 社に絞ること、調査趣旨に照らして適切な過去の時点に遡った予報時点を設定をすることの 2 つとする。

また、調査の課題を、協力会社におけるリスク構造の分析及び天候リスクの定量化、定量化した天候リスクに対して、アンサンプル予報から得られる確率的な情報を活用した天候リスクマネジメントを検討し、その有効性を実証、アンサンプル予報から得られる確率的な情報の天候リスクマネジメントへのさらなる活用可能性と活用拡大のための提言とする。

更に、調査を進める手順を、協力会社の事業構造の整理、気象要因の影響検討、気象要因の定量的分析、気象以外の要因の影響と定量的分析、アンサンプル予報を活用した将来予測、E a R を用いたリスク評価、リスクを減少させる手法の検討（オペレーション）、リスクを減少させる手法の検討（金融商品の活用）、アンサンプル予報活用の経済的効果といったステップに分類し、実証的に調査を行うものとする。

まず、ガスの販売を中心業務としているエネルギー会社について実証調査を行う。対象協力会社の事業構造について、L N G 及び L P G を購入し、「家庭用」、「業務用」、「工業用」、「卸供給」といった 4 種類の用途に分類し、ガスの販売を行っている企業として整理する。また、その他の附帯事業や金利関連での収益があることも認識する。

ガスの月間販売量と地域月平均気温との相関は、家庭用は気温が下がればガスの販売量が上がり、気温の上昇とともに販売量は低下し（決定係数は 96%）、業務用は冬期に気温が下がるほど、また夏期に気温が上がるほどガスの販売量は増加し（決定係数は 71%）、工業用は無相関であり（決定係数は 0%）、卸供給は家庭用、業務用、工業用として供給されることから、これらを複合した関連（決定係数は 65%）で

ある。更にこの結果を踏まえ、ガスの月間販売量と地域月平均気温との関係式を求める。また、参考のために、経常利益に影響を与える要因の影響度分析を行う。結果は、ガスの販売数量要因 69%、ガスの原料価格要因 45%、為替要因 37%、金利要因 9%である（互いの相関要因のため、合計は 100%にはならない）。ここで求める関係式から、アンサンブル予報による気温の確率分布を、ガスの予測販売量の確率分布へと展開し、要因分析の結果も加味した損益計算書のモデルを用いて経常利益の確率分布へと展開する。ただし、工業用については無相関であること、また卸供給については量的に少ないことから、販売量の分析対象から除外する。

アンサンブル予報に基づいて展開された経常利益の確率分布について、E a Rを用いて分析することで、リスクの定量化を行う。実証例として、2001 年 11 月の予測では、99% E a R（続く 3 か月間に 1%の確率で発生する最低利益）は 531 百万円である。すなわち、アンサンブル予報を活用した経済的効果の一つは、リスクの定量化である。

3 か月アンサンブル予報に基づき原料の仕入れ調整を行うことは現状難しく、また原料の貯蔵設備建設計画に利用できるほど長期のアンサンブル予報が存在しないことから、オペレーションによりリスクを回避することは困難であるが、経常利益の確率分布が示す損失発生の可能性を天候デリバティブで削減（ヘッジ）することは可能である。例として、予想経常利益の確率分布は変化し、99% E a Rは 8 百万円改善することを示す。また、ヘッジによる経済的効果は、対経常利益比で 3.0%、対売上高比で 0.38%である。

次に、衣料品販売の専門店チェーンについて実証調査を行う。当社の事業構造については、仕入れ先からの製品の買取りとその販売として整理する。また、金利関連での収益があることも認識する。

売上データは 1 週間単位のデータを用いる。また、気温との関連性が高いと認識されている商品として、気温上昇との相関分析に「ショートパンツ」と「Tシャツ」、気温低下との相関分析に「秋冬物」、「アウター」、「手袋」の 5 品目を採用する。これら季節商品の売上は全売上の 25 ~ 30%を占めており、週の 30 ~ 40%程度の売上が週末に稼いでいる。また売上は、気温だけではなく雨によって大きく影響されることが、協力会社から証言されている。

分析期間は売上のシーズンを考慮して、ショートパンツとTシャツでは 2 月中旬 ~ 8 月上旬頃、秋冬物、アウター、手袋では 9 月中旬 ~ 12 月中旬頃とし、各販売量と週平均気温との相関を分析する。気温の上昇に対して、ショートパンツ（決定係数は 93%）とTシャツ（決定係数は 77%）は相関しており、また気温の低下に対して、秋冬物（決定係数は 77%）、アウター（決定係数は 78%）、手袋（決定係数は 91%）は相関している。しかし、分析の結果、雨が降ることが売上減に直接繋がるとは一概には言えない。また、経常利益に影響を与える要因の影響度を調べると、本業に対する営業利益の規模

がそのまま経常利益に反映されており、その他事業や営業外の活動は本業の大きさからすると相対的に小さな規模となっている。そこで、損益計算書のモデル化では、販売価格が変動することを想定して、商品毎の粗利率(=売上総利益/売上高)が変動するモデルを採用する。ただし、運営資金に対する金利変動要因については、モデルの中に組み込むこととする。ここで求めた関係式から、アンサンブル予報による気温の確率分布は、商品別の予測販売量の確率分布へと展開し、要因分析の結果を加味した損益計算書のモデルを用いて、夏物を対象とした経常利益の確率分布と、秋冬物を対象とした経常利益の確率分布へと展開する。

アンサンブル予報に基づいて展開された4週合計の経常利益の確率分布をE a Rで分析し、リスクの定量化を行うと、夏物を対象とした2002年7月の95% E a R(5%の確率で発生する最低利益)は198百万円、秋冬物を対象とした2002年10月の95% E a Rは69百万円であることが分かる。

アンサンブル予報をオペレーションに活用することの可能性として、適正在庫管理への応用を考察する。過去3年の販売実績に基づいた仕入れ量、アンサンブル予報に基づく予測販売量の平均値に対応する仕入れ量、アンサンブル予報に基づく予測販売量の最大値に対応する仕入れ量を在庫として持つ3つのケースを想定する。結果として、選択肢のE a Rに較べではリスクが減少するが、はに較べリスクは増加する。

アンサンブル予報を活用した経済的効果は、上記選択肢では、対経常利益比で4~8%、対売上高比で2~3%である。またのE a Rに較べでは改善していることから、ではより手堅い経常利益を享受できることが予想される。更に、に較べでは、最大利益が増加し、E a Rが低下したことから、収益を追及する一方で、悪いシナリオが生じた際の損失の増加を受容れる戦略となっている。

また、夏期の分析においては、気温が大きく下がる場合の天候デリバティブを使用したヘッジ効果について、ストレス・シナリオを用い、最悪時に備えるシミュレーションを行う。

最後に、アンサンブル予報から得られる確率的な情報を天候リスクマネジメントに活用するための課題や可能性について、委員会における各委員のコメントや意見を参考に事務局が集約する。

天候リスクを抱える企業を分析する場合における最初の課題は、企業が自らの企業におけるリスク構造についてモデル化することを意識し、日頃から売上や販売量のデータを収集、整理、保存する努力が必要なことである。二つ目の課題は、事業構造のモデル化の難しさにある。モデル化においては、リスク要因の抽出、定量化可能なリスク要因の特定から始まり、影響度の大きいリスク要因を更に特定し、定式化していくことを行う。しかしながら、セールの開催やファッションの推移など、企業活動に対する影響度が大きくても定量化に馴染まないリスク要因も多々ある。三つ目の課題は、気象要因と

企業の経済活動との良好な関係式の導出である。十分な説明力を持ち、かつ誤差を小さくするために、素データを実態に即して加工する必要がある。良好な関係式が得られると、企業における最終的な経常利益の予測確率分布が実感を伴い、より経営判断やリスク管理に利用されやすい姿になる。四つ目の課題は、どのような期間や地域を対象に分析することが、期待される結果や目的を達することになるか、考えて分析することが必要となる点である。その他、心理的要素が働く場合、単なる気温と販売量の関係に止まらず、人々の季節感が対象になってくるため、日照時間との関連性を分析することも必要である。ライフサイクルが短い商品の場合、昨年用いた分析モデルが今年では使えない、あるいは、適切なデータが不足しているといった状況もある。

これらの課題を解決しながら、アンサンプル予報を企業が活用する可能性として、在庫水準の調整や仕入れ・販売戦略に対する適用、天候デリバティブ導入、エネルギーなどの需要予測、来客数予想、各種季節性商品の地域別の商品販売戦略や営業費用等のコスト管理などの例が挙げられる。また更なる発展的な応用として、E a R分析の枠組みを通すことで、事業ポートフォリオ¹の分析、事業投資判断に資するリスクリターン分析と評価、商品構成の評価や見直し、販売時期・タイミングの事前評価、地域的収益性評価や事後的な販売戦略の評価及びモニタリング等がある。

天候リスクマネジメントに関する金融機関の課題としては、現状、過去データの統計処理に基づきプライシングされている天候デリバティブに対して、同予報が示す将来の予報を織り込んでプライシングを考えたり、ポジションの評価に利用したりすることである。これは、アンサンプル予報の精度に対する人々の信頼の程度に依存する。

気象情報を活用した天候リスクマネジメント普及のため、行政、金融機関、民間気象事業者、企業等に求められることは、アンサンプル予報の精度に関する気象庁の更なる情報提示、金融機関等におけるプライシング手法やポジション評価への取り込み、

企業の経営層や企業内の財務部門に対する天候リスクや天候デリバティブに関する啓発、多様なニーズに対応する民間気象会社の情報提供力の増強、誤差の少ない関係式を導出するために、直接的にG P Vデータを企業活動に関連付ける研究や努力である。

¹ ポートフォリオとは、元来「紙ばさみ」を意味し、証券を紙ばさみに挟んで保管することが多かったことから、この用語が使われるようになった。通常は、複数の有価証券を中心に構成される投資資産を意味する。事業ポートフォリオとは、複数の事業から構成されるポートフォリオとして企業の収益構造を把握する概念である。

1. 平成 13 年度調査の概要

平成 13 年度、企業の天候リスクマネジメントへの気象情報（中長期の気象予報及び観測データ等）の活用法等について調査・研究するため、気象庁と経済産業省との共同による「企業の天候リスクと中長期気象予報の活用研究会」（委員長：刈屋武昭 京都大学経済研究所教授）が設置された。同研究会の運営については、みずほ第一フィナンシャルテクノロジー株式会社（当時は、興銀第一フィナンシャルテクノロジー株式会社）が事務局を務めた。研究会には、学識経験者（経済関係及び気象関係）、民間気象事業者、天候リスクを抱えている企業（エネルギー、家電製造業、衣料、小売・流通業等）並びに金融機関の方々に委員として参加頂いた。研究会は、2001 年 12 月から翌年 3 月までに計 5 回開催し、参加各委員から、毎回設定されたテーマに沿って、それぞれの立場でプレゼンテーションが行われた。また、研究会の一環として、天候リスクを抱えている企業 19 社に対してヒアリングを実施し、ビジネスと気象との関係、気象情報の利用状況、天候リスクへの取組みなどの話を伺った。これら研究会や調査を通じて、企業が保有している天候リスクについて分析し、天候リスクを把握することの重要性や、天候リスクマネジメントへの気象情報の活用可能性について報告書に取りまとめた。

研究会においては、天候リスクを抱えている企業の各委員から、ビジネスと気象との関係や企業における気象情報の活用事例などが報告された。販売、生産等の現場や経営において、気象とビジネスの関係が経験的に、あるいは客観的に把握されており、気象情報はビジネス判断への貴重な材料として活用されていることが報告された。（例えば、6 月末から 7 月末の晴れ日数や真夏日動向に関するエアコン業界の事例や、おでんの販売量と気温との関係を利用し、機動的な運営を行うコンビニエンスストア業界の事例、最高気温と最低気温を意識して季節の変わり目を境に店頭の品揃えを調整する衣料品業界の事例等が紹介されている。）しかしながら、こうしたきめ細かな分析や運営を行っているケースであっても、活用している気象情報は、今日から 1 週間先までの短期、中期的な予報が中心で、1 か月以上の長期予報の積極的な活用はあまりなかった。予報精度が十分でない、もしくは分からない、「平年並」、「平年より低い（少ない）」、「平年より高い（多い）」の 3 階級の出現確率で表される季節予報²の使い方が分からない、などが活用されない主な理由であった。また、多くの企業は、気象現象とビジネスの関連性分析すら十分にできていない、あるいは、むしろ課題としているという現状であった³。

² 気象庁が発表する 1 か月予報、3 か月予報、暖候期予報、寒候期予報を季節予報という。

³ 詳細は、『企業の天候リスクと中長期気象予報の活用に関する調査』（平成 14 年 3 月、気象庁）参照。（<http://www.kishou.go.jp/chousa/index13-1.html>）

当該報告書においては、天候リスクマネジメントに向けた気象情報の活用可能性も調査した。その結果、アンサンブル予報から得られる気温等の確率分布を用いて、企業の収益構造に関する確率分布をシミュレーションできる可能性があることが分かり、将来的な活用可能性を示唆するに至った。そこで、今回設置された委員会や報告書においては、当該シミュレーションを実際の企業活動に適用し、アンサンブル予報を利用する際の実務的な作業や課題、及び将来性を検討することとなった。

II. 今回の調査内容

昨年からの経緯は前章で述べた通りであるが、本章においては、今回の調査課題を確認するとともに、今回の調査の進め方や調査対象企業等について述べる。

1. 調査の目的

先に述べた通り、今回の調査では、天候リスクを抱えた企業における業務運営や天候リスクマネジメント運営の中で、アンサンブル予報から得られる確率情報を活用した場合に、どのような効果が期待されるかといった点について考察することを目的とした。同考察においては、アンサンブル予報を利用した場合、利用しなかった場合とに分け、いくつかのシミュレーションを用いて、当該予報の有効性に対する検証を行う。また、季節予報等の利用促進の観点から、今回提示されるアンサンブル予報の活用手法について、その効果を経済的な価値として算出することも課題とした。更に今次調査を通じて、アンサンブル予報を利用するステップや課題を明らかにすることを目指した。

これらによってアンサンブル予報の利用方法が広く理解され、同予報を始めとする各種気象情報を活用した天候リスクマネジメントが普及することが期待される。

2. 調査の前提

今回の調査を進めるにあたって、事務局は2つの前提を置いた。

一つ目は、協力頂く企業を2社に絞ることである。今回の調査では、企業活動や財務データとの関連性に言及する可能性があることから、調査の主旨をご理解いただき、ご協力いただける協力会社を選定する必要があった。結果として、気象との関係が比較的明瞭と思われるエネルギー会社と、気象の状況等に応じたオペレーションが想定される衣料品販売会社の2社に、ご協力いただけることとなった。両社とも今回の調査の趣旨や目的を、深く、また快くご理解頂いた。

二つ目は、活用する予報時点の設定である。この調査では、現在の企業判断に実際のアンサンブル予報を活用するということで実証するのではなく、例えば1993年の冷夏の年に、事前にアンサンブル予報を活用できた場合、どのような効果があったかといった観点で検討を行うこととした。

気象庁では、業務実験のため、過去に遡ってアンサンブル予報を再計算しており、

今回、気象庁から、過去のある時点に遡って再計算されたアンサンブル予報の提供を受けた。

ただし、現在、アンサンブル予報は、数値予報モデルの予測結果そのものである格子点値（Grid Point Value；以下G P V）として、気象庁から民間気象事業者等に提供されており、利用者はG P Vデータから、天候リスクマネジメントに必要な個別の気象要素を算出する必要があるが、今回の調査では、その算出は気象庁が行った。

3 . 調査の課題

今回の調査を行うにあたっては、次の3つの課題を設定した。

課題1 協力会社におけるリスク構造の分析及び天候リスクの定量化

(1) 調査の視点

- ア 協力会社について、金融工学的なリスク管理の視点で、リスク構造を分析する
- イ 分析したリスク構造における天候リスクについて、気象の要素、値、期間、地域等に着目して、定量化する

(2) 調査方法

- ア 協力会社の過去の売上、及び開示された財務データの分析
- イ 気象データとの相関分析
- ウ 協力会社へのヒアリング
- エ その他

課題2 課題1で定量化した天候リスクに対して、アンサンブル予報から得られる確率的な情報を活用した天候リスクマネジメントを検討し、その有効性を実証

課題1の調査結果を踏まえ、アンサンブル予報から得られる確率的な情報を活用して協力会社に適した天候リスクマネジメントを検討し、その有効性を実証する。調査の視点及び方法は以下の通り。

(1) 調査の視点

- ア 課題1で定量化した天候リスクに対して、金融工学的なリスク管理の視点で天候リスクマネジメントを検討する
- イ アの検討にあたっては、アンサンブル予報から得られる確率的な情報を活用する
- ウ 天候リスクマネジメントとしては、生産計画、販売計画等の内部的な

- 手段のほか、天候デリバティブの活用等の金融的な手段を対象とする
- エ 検討した天候リスクマネジメントについて、実施可能性や、メリット、デメリットを可能な限り定量的に評価する

(2) 調査方法

- ア 協力会社の定量化した天候リスクに対して、アンサンブル予報から得られる確率的な情報を活用した場合の効果を実証する

課題3 アンサンブル予報から得られる確率的な情報の天候リスクマネジメントへのさらなる活用可能性と活用拡大のための提言

課題1及び2の調査結果を踏まえ、アンサンブル予報から得られる確率的な情報について、天候リスクマネジメントにおける更なる活用の可能性も考慮し、活用拡大のための方策を提言としてまとめる。調査の視点及び方法は以下の通り。

(1) 調査の視点

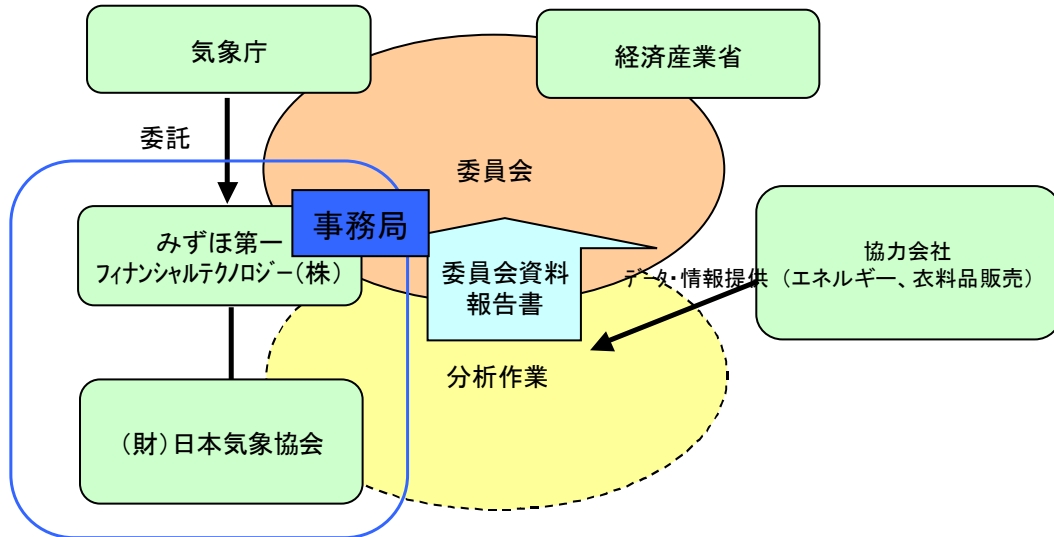
- ア アンサンブル予報から得られる確率的な情報が、天候リスクを抱える企業の天候リスクマネジメントに活用されるための課題、活用拡大のための方策を考察する
- イ アンサンブル予報から得られる確率的な情報が、天候リスクマネジメントに係る金融機関等に活用されるための課題、活用拡大のための方策を考察する
- ウ 気象情報を活用した天候リスクマネジメント普及のための行政、金融機関、民間気象事業者、天候リスクを抱える企業等のあるべき姿を考察する

4. 調査体制

調査体制については、気象庁がみずほ第一フィナンシャルテクノロジーに調査業務を委託し、その中で気象データのハンドリングや企業活動との関連性分析等で日本気象協会が参加する形をとった。また、同協会は事務局にも参画し、委員会等を共同運営することとなった。協力会社に対するアンサンブル予報の利用可能性を検討したり提案したりする際や、気象情報の活用方法に対して議論を行う際に、同協会の経験に基づくアイデアを盛り込むことにした。(図1参照)

実際の調査を進めるにあたっては、今回の調査の趣旨や目的に沿って両協力会社の公開データを整理しつつ、分析調査の内容や進め方について両企業と連絡をとりながら追加的情報を入手して分析を進めた。

図 1 調査の体制



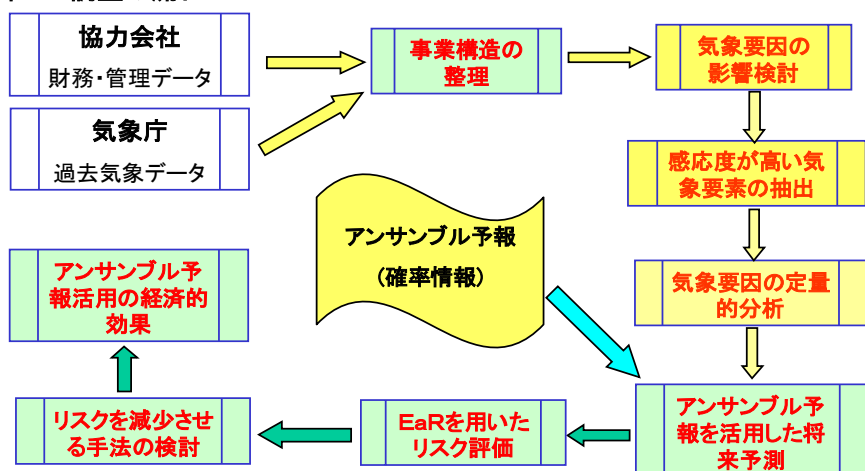
出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

5 . 調査の手順

具体的には、次のような手順で調査を行った。まず最初に、気象と実際の企業データ、例えば、売上げ等の関連性を調査する。次に、天候リスクを抱える企業のリスク構造を分析する際に必要な手法の調査を行う。その中で天候リスクの定量的な把握を行う。その後に、分析した天候リスクに対して、分析対象企業に適したリスクマネジメント手法を提示し、アンサンブル予報を活用した場合の経済的効果について実証を図る。主要な作業ステップは以下の通りである。（図 2 参照）

- (1) 協力会社の事業構造の整理
- (2) 気象要因の影響検討
- (3) 気象要因の定量的分析
- (4) 気象以外の要因の影響と定量的分析
- (5) アンサンブル予報を活用した将来予測
- (6) E a Rを用いたリスク評価
- (7) リスクを減少させる手法の検討 （オペレーション）
- (8) リスクを減少させる手法の検討 （金融商品の活用）
- (9) アンサンブル予報活用の経済的効果

図 2 調査の流れ



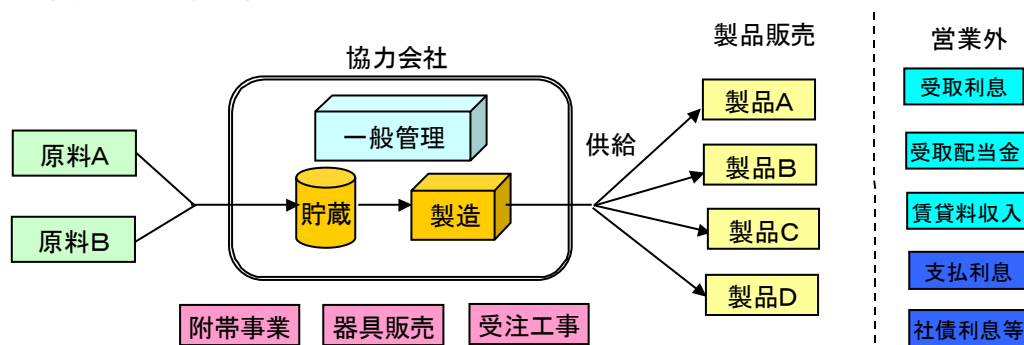
出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

次に、各ステップの概要を説明する。

(1) 協力会社の事業構造の整理

協力会社の事業構造について概要を整理し、今回の報告書作成にあたっての協力会社のモデル化を行う。下のケースは、商品の製造と販売を行う企業の事業を図式化している。最初に、原料を企業が購入する。一旦、同企業はこれらを貯蔵した後、製品用途や製品需要に合わせて製品の製造を行う。営業活動の中でも、以上の基本的事業以外に、関連器具の販売や関連工事の受注、その他附帯事業がある。また、営業外収益にも受取利息や受取配当金等協力会社の収益構造に関連する企業活動が考えられる。このようにして、分析を進めるにあたっては、分析の趣旨に沿った協力会社のモデル化を図る。これらは、公開された財務情報やディスクロージャーから収集できるものであるが、協力会社には適宜ヒアリングを実施し、企業の事業構造について確認しつつ、分析対象となる企業活動と気象要素との関係について理解を深める。

図 3 協力会社の事業構造の整理

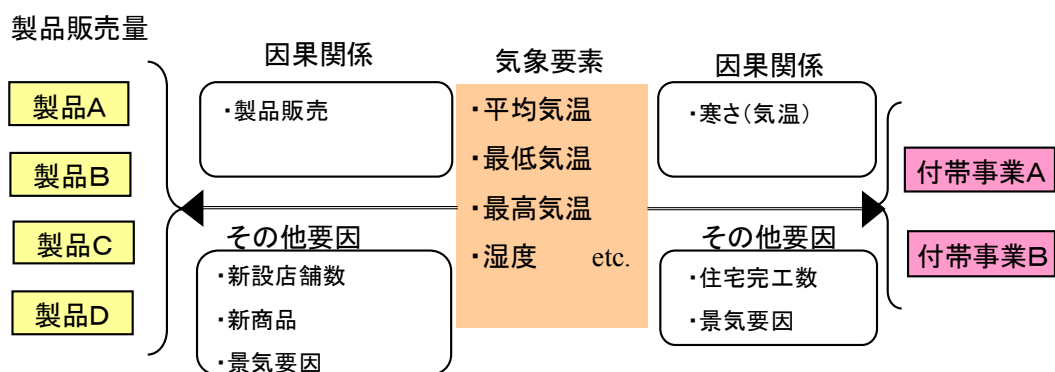


出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

(2) 気象要因の影響検討

作成した企業のモデルにおいて、気象要因の影響を受ける可能性のある部分の検討を行う。企業活動に関連性の高い気象要素が、例えば、最高気温、最低気温、あるいは平均気温なのかといった点を確認しつつ、製品別の販売量にどのような理由からそのような気象要素が影響を与えているのかといった因果関係を明らかにする。その一方で、主要な事業活動以外にも気象やその他の要因が影響する企業活動があることを認識し、その因果関係を明らかにする。このような過程で、協力会社へのヒアリングを必要に応じて実施していく。その際、協力会社自身が既に行っている分析や分析結果で提供可能な知見等も確認しながら進めていく。また、分析に必要な関連データやその種類（商品、期間、地域、価格）を確認する。

図 4 気象要因の影響検討



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

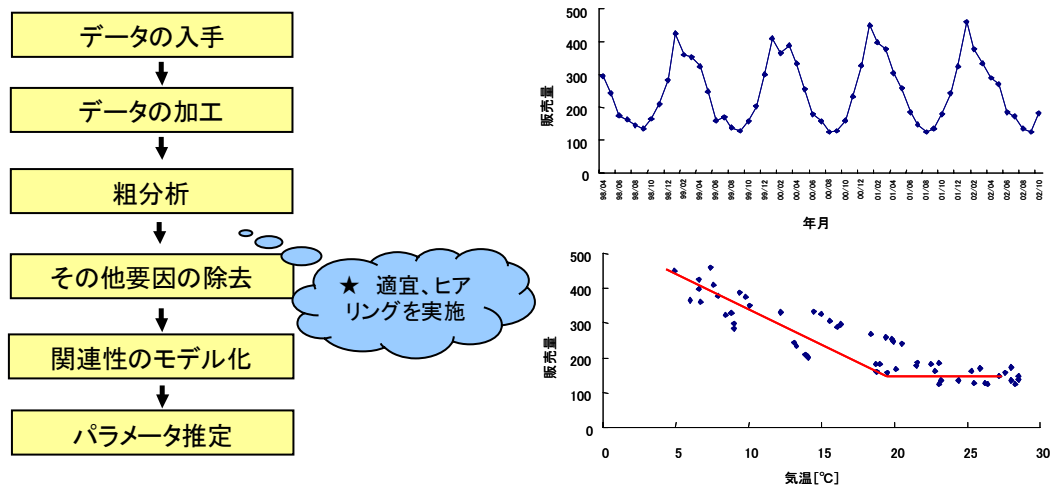
(3) 気象要因の定量的分析

企業活動と気象要因との関連について、過去データを中心とした定量的分析を行う。その上で、気象要素と企業活動の関連性についてモデル化を図り、図 5 のような気象と販売量の関係を見出す。

協力会社から入手した販売量等の企業活動を示すデータは、気象以外の要因なども含まれている、統計期間が必ずしも気象データと同じ月、週単位ではないなどの理由から、協力企業に意見を聞きながら、定量的分析に利用できるよう必要なデータ加工を施す。このデータと過去の気象観測データを分析することにより、気象との関連性をモデル化するわけであるが、このモデル化は、アンサンブル予報を活用した販売量等の将来予測を行うためのものである。よって、今回は気象庁から提供されたアンサンブル予報のデ

ータに合わせた時間的、空間的スケールに合わせたモデル化を行う(季節予報の時間的、空間的スケール等は巻末の資料2を参照)。

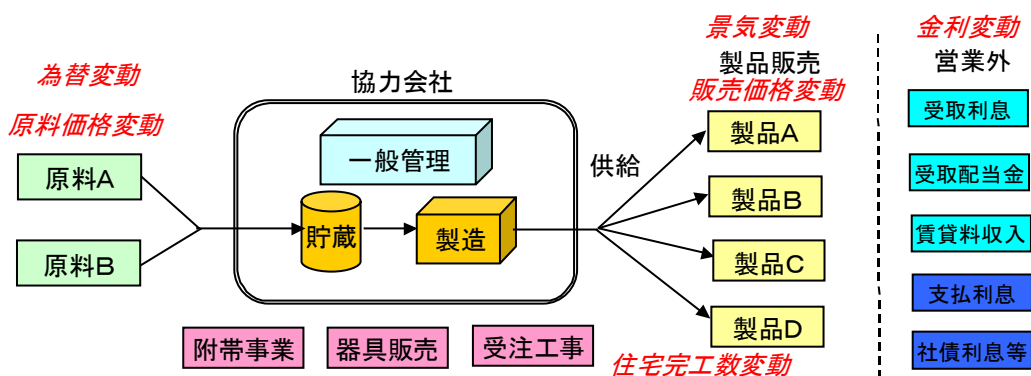
図5 気象要因の定量的分析



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

(4) 気象以外の要因の影響と定量的分析

図6 気象以外の要因の影響と定量的分析



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

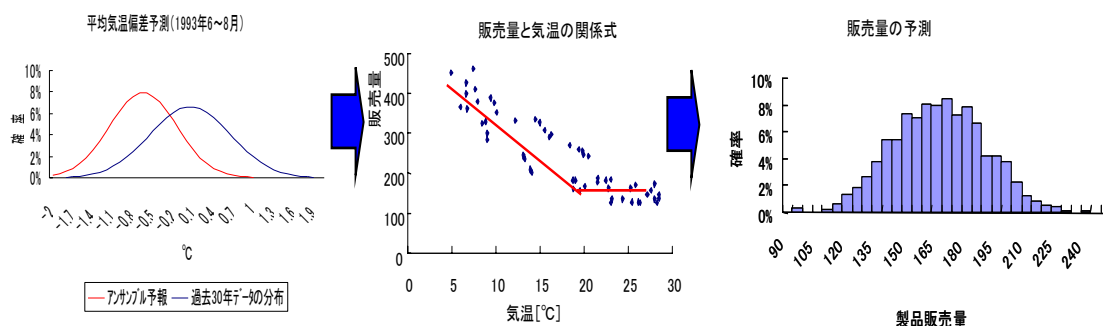
気象以外の要因で経常利益に影響を与えるファクターの特定やモデル化を行う。例えば、原料には原材料価格の変動や為替変動が影響を与える。製品も景気変動や販売価格変動が影響している上に、附帯事業に対しては、景気変動でも特に住宅完工件数等との個別要因に対する関連性が高い場合も予想される。営業外活動では、金利の影響

響も考えられる。基本的には、公開情報（有価証券報告書等）を基に1つか2つのリスクファクターについて簡易的にモデル化する。今回の分析対象にするリスクファクターを特定する際には、事務局が作成した事業構造のモデルについて、協力会社へのヒアリングを適宜実施することで内容を確認する。（図6参照）

（5）アンサンブル予報を活用した将来予測

気象要因に影響を受ける企業活動（例：販売量）について、アンサンブル予報を活用した将来予測を行う。手順としては、過去の1時点に遡りアンサンブル予報を作成し、予想される気温の確率分布を（3）で求めた関係式にあてはめることで、販売量の予測を確率分布で行う。

図7 アンサンブル予報を活用した将来予測

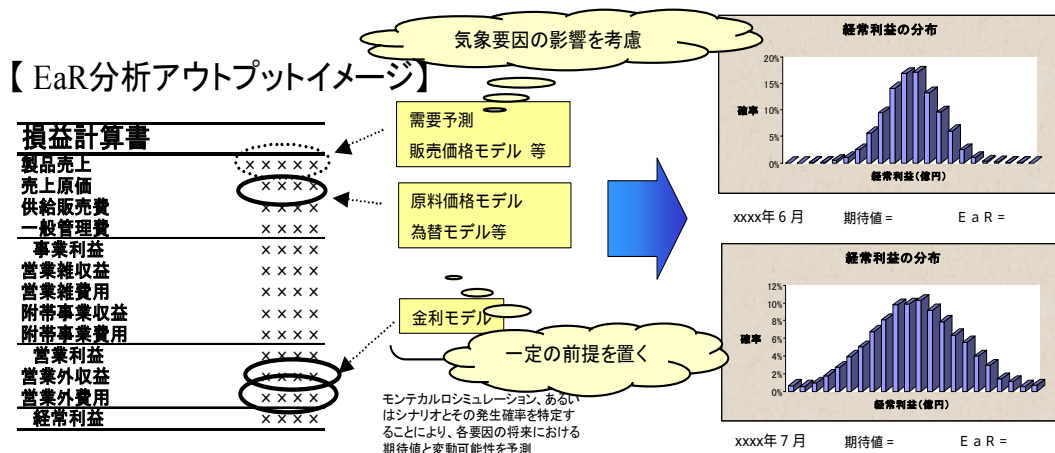


出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

（6）E a Rを用いたリスク評価

天候リスクにその他のリスクを加え、E a R（Earnings at Risk）の手法を用いた協力会社の経常利益のリスク分析を行う。E a Rの手法を適応する際には、図8のように、企業の損益計算書の中でどのようなリスクファクターが損益の振れをもたらすことになるかを考慮する必要がある。まず、製品売上の中に、製品に対する需要や製品販売価格のリスクが存在する。このような変動要因について、定式化・モデル化が必要になる。それ以外にも、製品の売上原価には、原材料価格や為替のリスクが考えられる。営業外収益や費用には金利リスクも存在する。これらについても必要に応じたモデル化が考えられる。今回の分析では、アンサンブル予報を製品需要のモデル化に利用する。その他のリスクファクターが損益に与える状況も幾つか反映を試みる。作業結果については、協力会社と擦り合わせながら進める。なお、E a Rについての詳細は資料5 E a R（Earnings at Risk）を参照されたい。

図 8 E a Rを用いたリスク評価



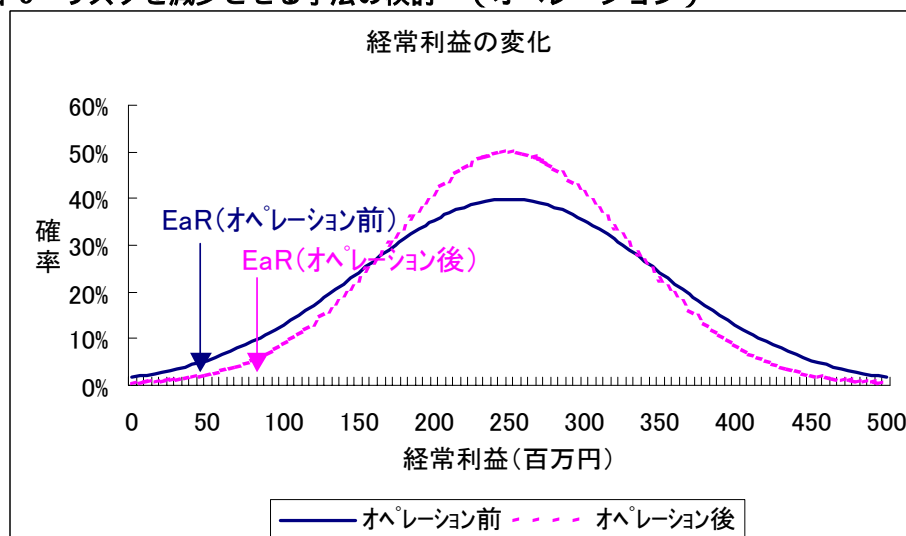
出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

(7) リスクを減少させる手法の検討 （オペレーション）

上記E a Rの結果を踏まえ、天候リスクを減少させるオペレーションを検討する。例えば、生産調整や販売調整等を行った場合の効果进行分析する。

そこで、今回の調査では、1～3か月先の気象情報の利用状況や今後の利用可能性、更に、オペレーション変更による経常利益に影響を与えるシナリオについて、協力会社へのヒアリングを実施しながら内容を確認していく。また、想定したオペレーションの変更が実際に行われた場合には、分析に使用するグラフやE a Rの値がどのように変化するかを確認する。（図 9 参照）

図 9 リスクを減少させる手法の検討 （オペレーション）

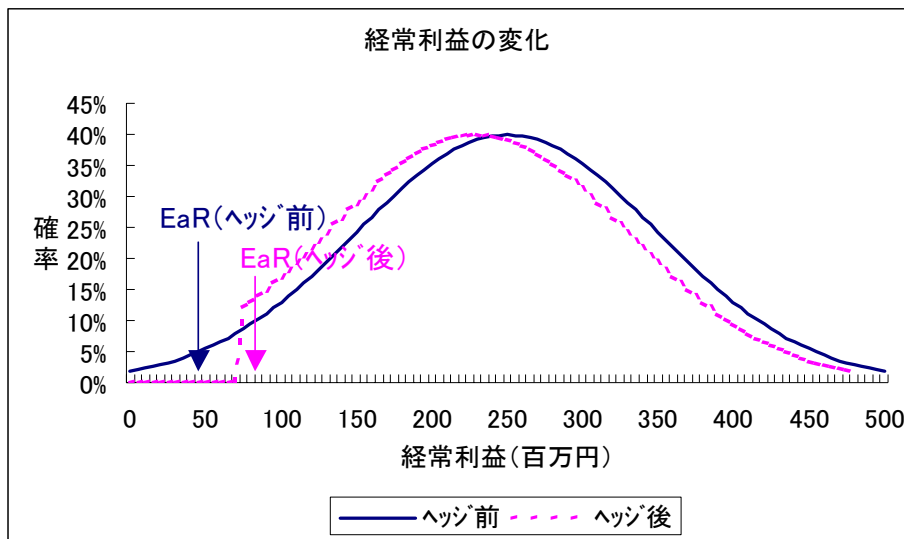


出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

(8) リスクを減少させる手法の検討 (金融商品の活用)

また、先のE a Rの結果を踏まえ、天候リスクを減少させるために金融商品(気温スワップやC D D・H D Dオプション等の天候デリバティブ)の活用を検討する。このように、損失の発生、あるいは低い利益の発生を補うことをヘッジと呼ぶが、こういったヘッジが行われた場合に、分析に使用するグラフやE a Rの値がどのように変化するかについても再度確認する。

図 10 リスクを減少させる手法の検討 (金融商品の活用)



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー(株)

(9) アンサンブル予報活用の経済的効果

確率分布によるリスクの把握を通じて、経済的効果を検討する。また、そのような効果を確認する考え方や活用方法等を整理する。

6 . 用語の説明

調査報告書をまとめるにあたって、用語や概念を説明する。

(1) 天候

天気とは、気圧、気温、湿度、風、雲量、視程、降水等の気象要素によって示される、ある時刻における大気の総合的な状態を指す。一方、天候とは、一定期間の時間帯にわたって生じる天気の状況を表わす。

(2) 天候リスク

天候リスクとは、天候が企業活動に及ぼす影響の不確実性であって、結果として起こる経済的損失の可能性である。換言すれば、平年の状態から大きく乖離するような天候の変化が、企業等の活動に影響を与えるリスクである。

食品や飲料メーカー、エアコンメーカー、電力会社等は暖冬や冷夏がリスクとして認識され、ガス会社は暖冬、穀物メジャーは冷夏、百貨店・小売りは長雨、建設会社は長雨・大雪、レジャー業界やイベント運営では強風(台風)・長雨といった様々な気象要因で事業や業務運営が左右される。従来からのアプローチでは、このようなリスクは避けがたいとしつつ、通常の企業活動を通じてリスクが小さくなるように知恵や工夫を各企業が講じていた。最近では、こういった天候リスクについて、事前に認識・把握した上で何らかの対策を図る試み(天候リスクマネジメント)が行われてきている。

(3) 天候リスクマネジメント

天候リスクマネジメントとは、天候リスクによってもたらされる損失の可能性を事前にコントロールする考え方や手法を指す。各種防災対策や仕組みや防災訓練もコントロール手法の一つである。特に、企業活動においては、事業計画や業務運営に対して事前に天候リスクを織り込んだ運営や見直しも考えられる。こういった取組みも広く天候リスクマネジメントの一環と言える。また、異常気象や天候不順によって被る財務的な損失をカバーする手法として、天候デリバティブが開発されている。

(4) アンサンブル予報

アンサンブル予報とは、初期値がわずかに異なる複数の数値予報を統計的に処理する予報手法である。

一つの例の数値予報では、高気圧や低気圧の位置、あるいは天気の時間的推移を予測できなくても、初期値にわずかのバラツキを与えた複数例の数値予報を実施することにより、その平均(アンサンブル平均)をとれば、個々の例中の誤差同士が打ち消しあって平均的な大気の状態を予測できる場合がある。また、各アンサンブルメンバーの予測を処理して確率的な予測情報を作成することができる。このような情報を提供するための手法がアンサンブル予報である。(より詳細な説明は、本報告書巻末の資料2を参照。)

気象庁では平成8年3月から、1か月予報の手法を従来の過去データを基にした統計的な予測法から、数値予報に基づくアンサンブル予報に切り替えている。

(5) E a R

E a R (Earnings at Risk) とは、将来にわたる一定期間の損益が最大でいくら毀損するかといった金額を確率的に求めたものである。同様な概念である V a R (Value at Risk) が、保有する資産や契約の現在価値ベースの損益が毀損する金額を確率的に求めたものであるのに対し、E a R は一定期間の損益フローに焦点を当てたリスク分析手法である。本報告書では、協力会社におけるある一定期間の損益に与える天候 (特に、気温) の影響を定量化し、期間損益の確率分布で把握することを考えている。また、天候以外のリスク要因と合わせた損益の確率分布を作成することにより、企業の総合的なリスク把握を可能にする手法と考えられる。(より詳細な説明は、巻末資料 5 を参照。)

III. 実証調査

1. エネルギー会社

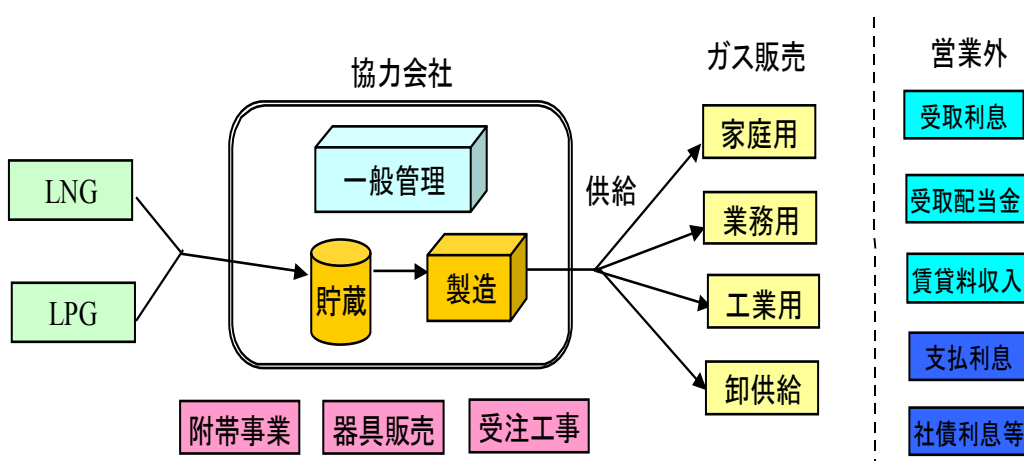
(1) 事業構造の整理

協力頂いた会社（以下、協力会社という）は、ガスの製造・供給および販売／ガス機器の製作・販売およびこれに関連する建設工事／冷温水および蒸気の地域供給／電気供給事業を主たる事業内容とするエネルギー会社である。

総売上高に占めるガス売上高は、2001年度で76%であることから、ガスの販売を中心業務としている会社であり、またその販売量は、気象要因、なかんずく気温の影響を大きく受けていることが分かっている。

事業構造について概要を整理し、協力会社のモデル化を行う。図11で、ガスの製造と販売を行う協力会社の事業を図式化している。最初に、協力会社は、LNG（液化天然ガス）やLPG（液化石油ガス）を購入する。一度、同協力会社はこれらを貯蔵した後、家庭用・業務用・工業用・卸供給といった製品用途や製品需要に合わせてガスの成分調整を行うべく製造工程に入る。営業活動の中でも、以上の基本的事業以外に、ガス器具販売やガス関連工事の受注、その他附帯事業がある。また、営業外収益にも受取利息や受取配当金等協力会社の収益構造に関連する企業活動がある。

図11 エネルギー会社の事業構造



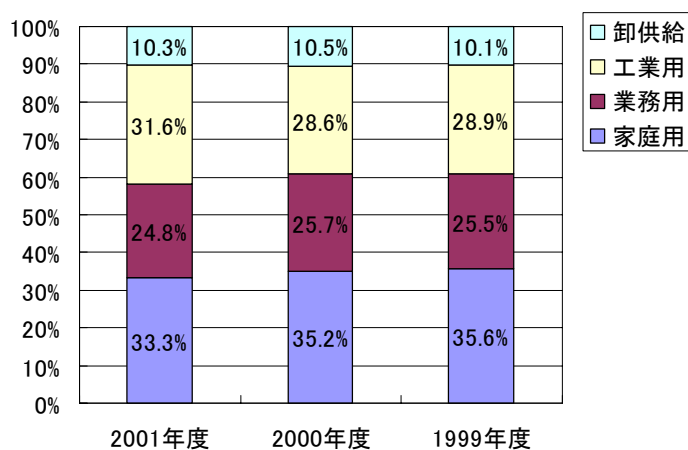
出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

(2) 気象要因の影響検討

作成した協力会社のモデルにおいて、気象要因の影響を受ける可能性のある部分の検討を行う。

協力会社の主要な企業活動は、ガスの販売であり、これは、家庭用、業務用（商業用、公用及び医療用）、工業用、卸供給（他ガス事業者への卸売供給）の4部門に分かれる。各部門別のガス販売量は、図12に示す通り、家庭用が最も多く、次いで工業用、業務用、卸供給の順になっており、上位3部門それぞれへの気温の影響分析が必要である。

図12 部門別ガス販売量比率

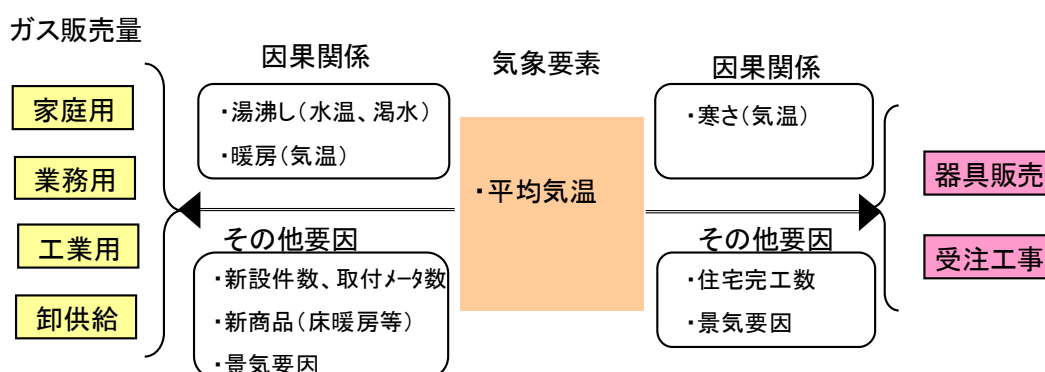


出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

最も販売量の多い家庭用は、主に給湯や暖房に使われることから、販売量は気温の影響を直接受ける。寒い日ほど販売量は多く、暑いほど販売量は少ないと考えられる。業務用は、家庭用と同様、主に給湯や暖房に使われることに加え、冷房による需要があることから、冬の気温が下がるほど、また夏の気温が上がるほど、ガスの販売量は多くなると考えられる。工業用は、その用途から、気温との相関はないと考えられる。また、卸供給は家庭用、業務用、工業用に供されており、その内訳は協力会社の家庭用、業務用、工業用の販売量比率と概ね同等である。

その他の附帯業務として、ガス器具販売とガス関連工事があるが、後述の通り、付帯事業からの利益は、全体の10%程度と、同協力会社の収益の一角を占めるが、天候リスクは低いと考えられるため本分析の対象としない。

図 13 気象要因の影響検討



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

(3) 気象要因の定量的分析

企業活動と気象要因との関連について、過去データを中心とした定量的分析を行う。その上で、気象要素とガスの販売量の関連性についてモデル化を図り、気温と販売量の間を見出す。ただし、分析は実際の数値を使用しているものの、本報告書の掲載上は、実際の数値とは一部異なることをお断りしておく。

< 1 > 使用データ

ガス販売量・取付メータ数実績（1993.1～2002.12）

要素：家庭用・業務用・工業用・卸供給の月間ガス販売量（単位：千 m³）

家庭用の取付メータ数（単位：千件）

気象データ（1993.1～2002.12）

要素：日平均気温（単位： ）

地点：該当地域に所在する気象官署（20 官署）

< 2 > データの加工

販売量データ

月間販売量を次の通り算出した。更に、夏場、及び冬場用の分析のため、夏場については 6～8 月の月間販売量の平均値を、また冬場については 12～2 月の月間販売量の平均値を算出した。

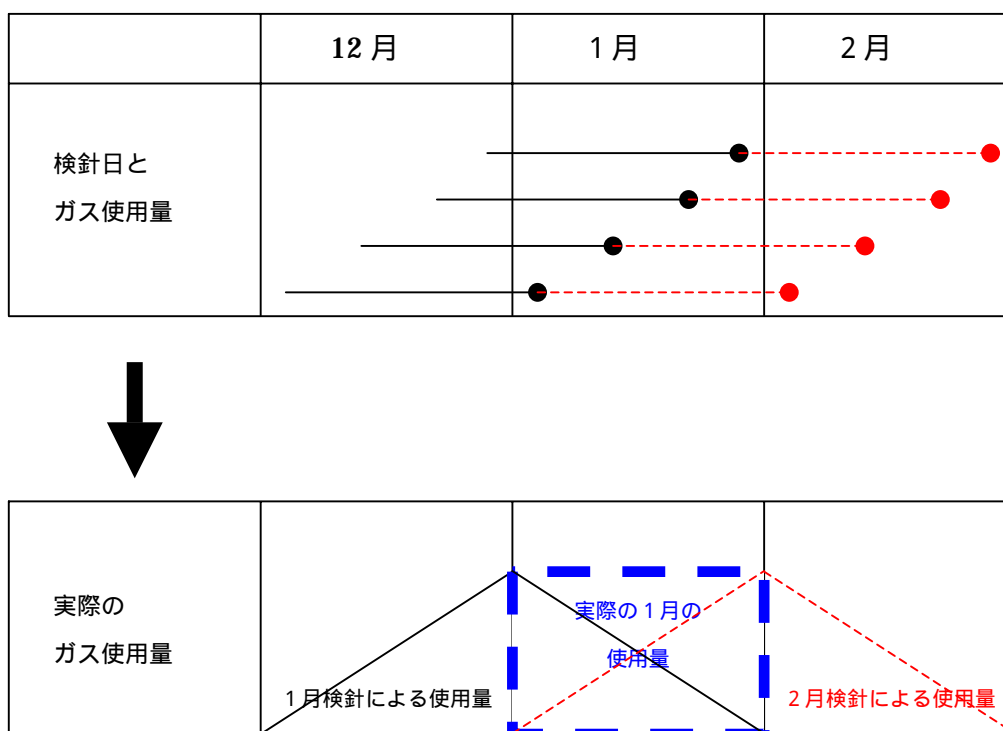
家庭用：

協力会社から入手した家庭用ガスの月間販売量は、家庭ごとの当該月ガス使用量の合計である。家庭ごとのガス使用量は、1 か月に 1 回のガスメーター検針に

よって算出されるが、実際の検針日は家庭によって異なり、月初めのところもあれば月末のところもあり、月間販売量は、当該月内の真の使用量とは異なる（図 14 参照）。そこで、月内使用量の近似値を得るため、当月の月間販売量（検針で得られた量）と翌月の月間販売量の平均を、本分析上の月間販売量とする。

家庭のガス使用量は、家庭用需要は小口需要の積み重ねであり、気温感応度算出には月間販売量をメータ数で除した 1 家庭あたりの月間ガス販売量を用いた。また、この 10 年間で家庭で使われるガスの使用量には変化は見られないことからトレンド補正は行わなかった。

図 14 検針量と月間使用量のイメージ



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

業務用：

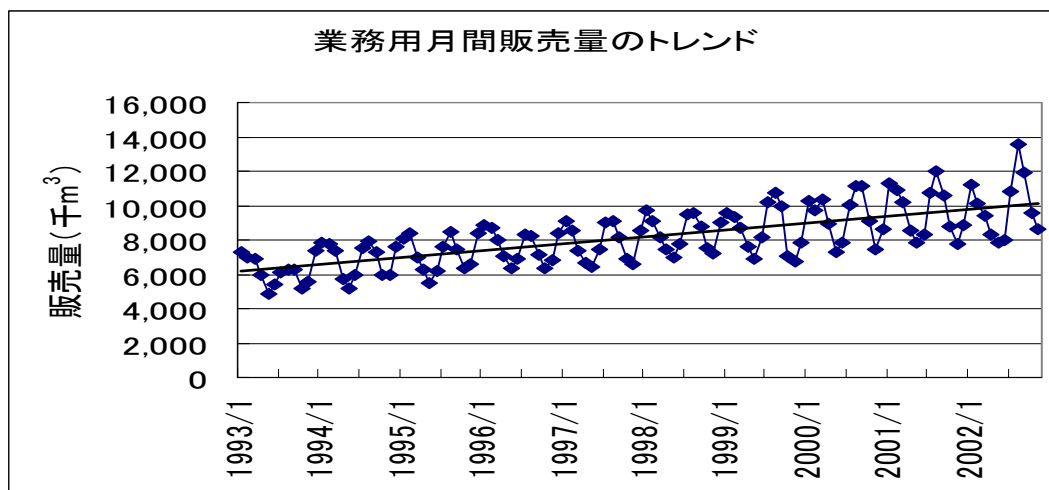
業務用販売に関する検針は料金種別に検針日程が異なることから、上記の家庭用と同様に、月間販売量は検針日程を考慮して修正を行う。

更に、この 10 年で時間の経過と共にガスの販売量が継続的に増えてきていることから、このトレンドを除いたデータで分析を行う。上記の方法で算出した販売量で近似曲線を引いた時の式は月間販売量[千 m³] = 33.40 t + 6133 であり（t は 1993 年 2 月を 1 とし、以後毎月 1 ずつ増加）、毎月 33.40[千 m³] ずつ上

昇している（図 15 参照）。そこで 1993 年 2 月から 33.40[千m³]/月を月間販売量から引いた値をトレンド除去後のデータとする。

メータ数については、ユーザーによって使用量にかなり違いがあるため、メータあたりの販売量について補正を行っていない。

図 15 業務用月間販売量のトレンド



出所：（財）日本気象協会

工業用：データの加工は行っていない。

卸供給：月間販売量につきトレンドの除去を行う。除去方法は業務用と同じ。

気象データ

月平均気温：日平均気温から月平均気温を算出。

地域月平均気温：該当地域内に所在するすべての気象官署の月平均気温の平均を地域月平均気温とした。今回気象庁から提供されるアンサンブル予報から算出した確率分布は、該当地域の平均的な気温を表したものであり、予報を有効利用するために、予報の発表されるエリアの地域月平均気温のデータを説明変数として使用した。

地域 3 か月平均気温：季節毎に気温と販売量関連性分析を行なうため、該当地域内に所在するすべての気象官署の月平均気温の平均から 3 か月平均気温を算出した。

地域月平均気温の平年値：1971～2000年の日別平滑平年値を用いて、各月の地域月平均気温を算出した。

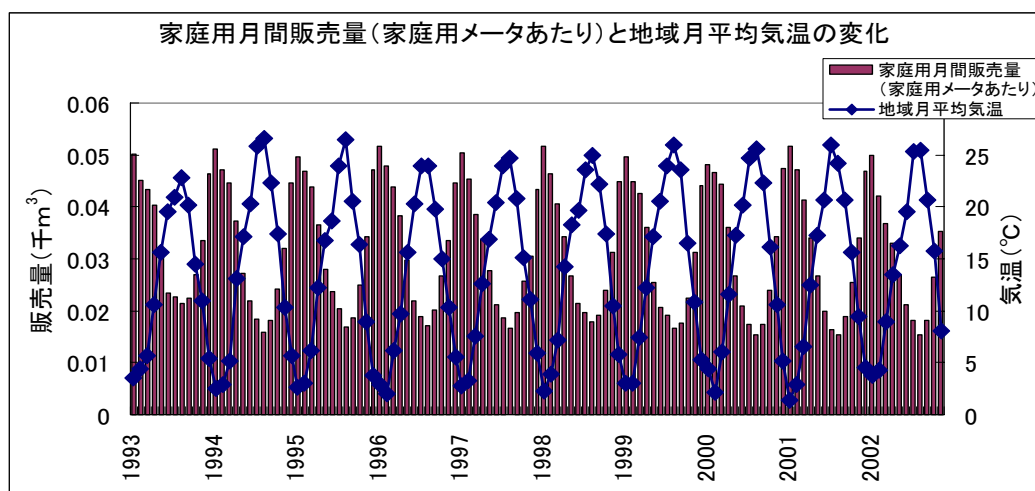
地域3か月平均気温の平年値：1971～2000年の日別平滑平年値を用いて、地域3か月平均気温を算出した。

< 3 > 各部門別の気象要素との関連

家庭用販売量

家庭用販売量については、気温の上昇とともに月間販売量が少なくなり、8、9月の月間販売量が最も少ない。その後11月から月間販売量が増加し、冬は月間販売量が多くなっている。これは、春夏秋にはガスは主に給湯に使われるが、冬期にはこれに加え暖房という要因が加わるためと考えられる。また、水温の低い冬にはお湯を沸かすのに多くのガスが使われ、また夏の暑い時期には風呂よりシャワーで済ますなど、家庭でのガス使用量と気温との相関度が高いのは理解しやすい。（図16参照）

図16 家庭用月間販売量（家庭用メータあたり）と地域月平均気温の変化

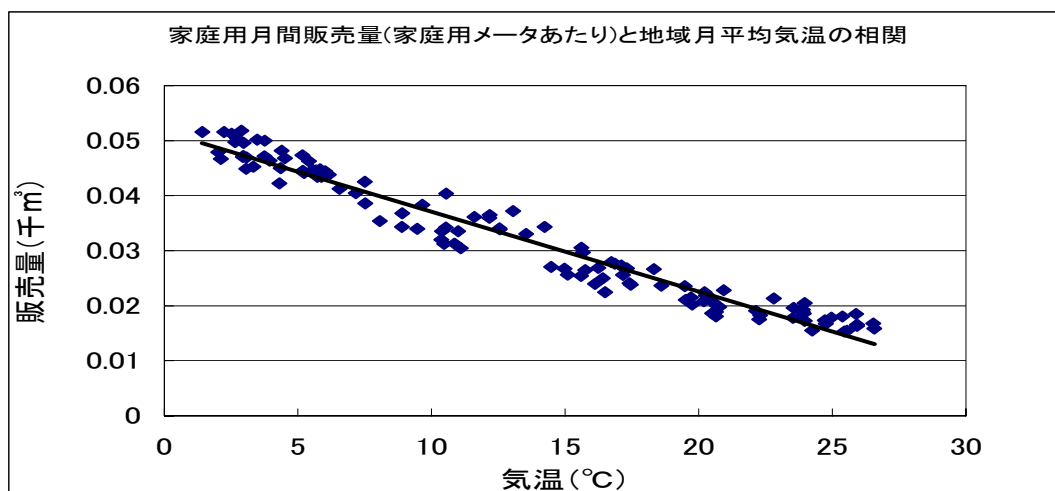


出所：（財）日本気象協会

家庭用メータあたりの月間販売量と地域月平均気温の回帰分析を行うと、得られる関係式は次の通りであり、決定係数は 0.9558 と極めて高い説明力である。（図17参照）

$$\text{月間販売量[千m}^3\text{]} = -0.0015 \times \text{地域月平均気温[} \text{]} + 0.0516$$

図 17 家庭用月間販売量（家庭用メータあたり）と地域月平均気温の相関



出所：（財）日本気象協会

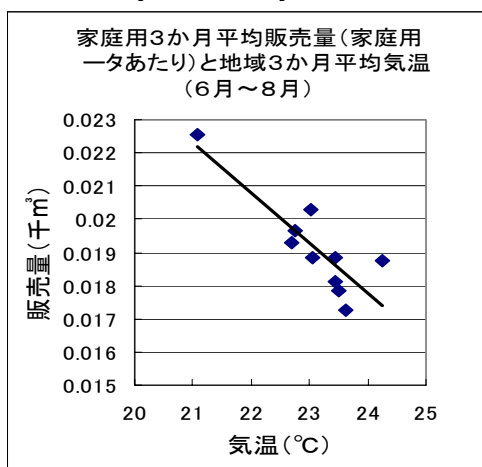
しかしながら、定性的判断として、前述の通り、夏場は夏場なりの、また冬場は冬場なりのガスの使用形態があり、従って、気温に対するガス販売量の感応度は異なることから、夏場については6～8月の家庭用3か月平均販売量(家庭用メータあたり)と地域3か月平均気温を(図18参照)、また冬場については12～2月の家庭用3か月平均販売量(家庭用メータあたり)と地域3か月平均気温を(図19参照)分析の対象とし、関係式を求める。結果は表1の通りである。

表 1 家庭用3か月平均販売量（家庭用メータあたり）と地域3か月平均気温の関係式

夏： 6～8月
3か月平均販売量[千m ³] = - 0.00150 × 地域3か月平均気温 [] + 0.0538 (標準誤差：0.000819、決定係数：0.728)
冬： 12～2月
3か月平均販売量[千m ³] = - 0.00339 × 地域3か月平均気温 [] + 0.0602 (標準誤差：0.00132、決定係数：0.576)

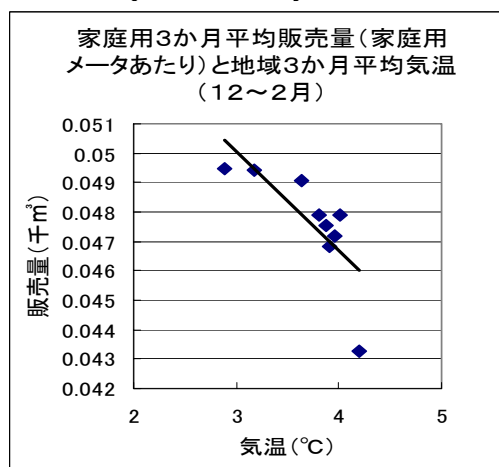
出所：（財）日本気象協会

図 18 家庭用3か月平均販売量（家庭用メータあたり）と地域3か月平均気温（6月～8月）



出所：（財）日本気象協会

図 19 家庭用3か月平均販売量（家庭用メータあたり）と地域3か月平均気温（12月～2月）

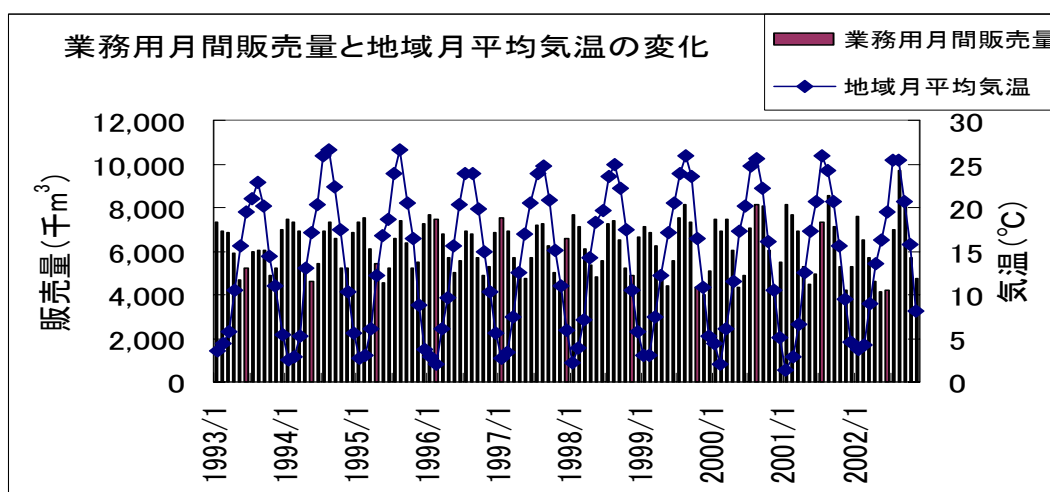


出所：（財）日本気象協会

業務用販売量

業務用では家庭用と違い、夏にも販売量が増える傾向にある。これはガス冷房が行われているためと考えられる。ただし、月間販売量の変動は家庭用ほど大きくはなく、地域月平均気温 13 から 14 で、月間販売量は減少から増加へと変化する。（図 20 参照）

図 20 業務用月間販売量と地域月平均気温の変化

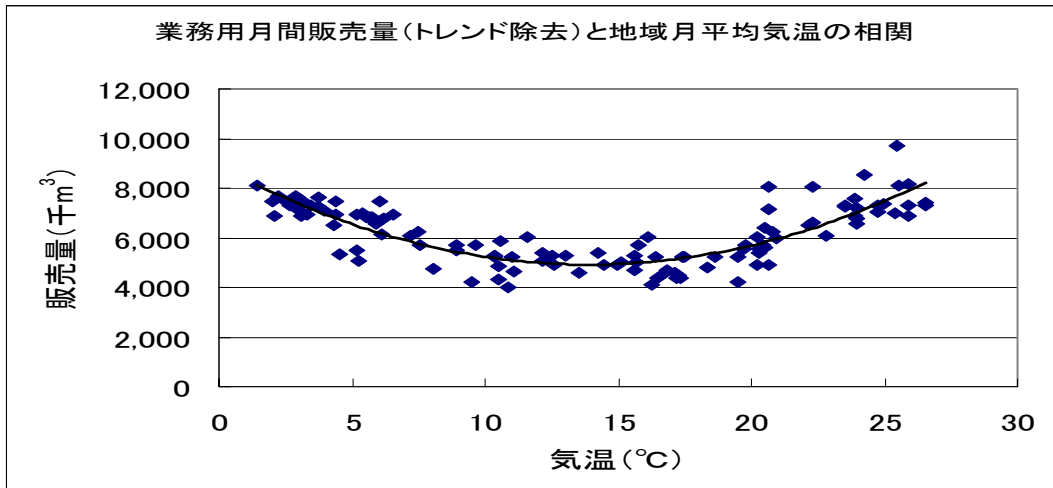


出所：（財）日本気象協会

業務用月間販売量と地域月平均気温の回帰分析を行うと、得られる関係式は次の通りであり、決定係数は 0.705 と比較的高い説明力である。（図 21 参照）

$$\text{月間販売量}[\text{千m}^3] = 20.6 \times \text{地域月平均気温}[\text{ }]^2 - 572 \times \text{地域月平均気温}[\text{ }] + 8890$$

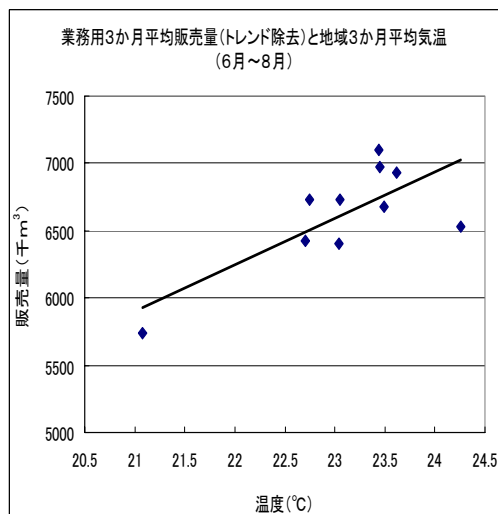
図 21 業務用月間販売量（トレンド除去）と地域月平均気温



出所：（財）日本気象協会

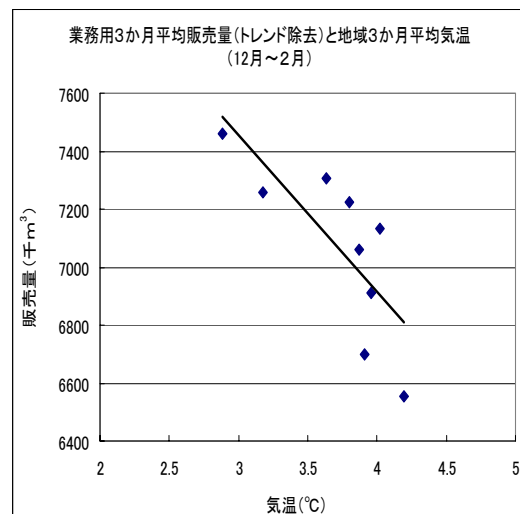
業務用についても季節毎に分析を行った。気温に対するガス販売量の感応度は夏場と冬場では異なることから、夏場については6～8月の業務用3か月平均販売量（トレンド除去）と地域3か月平均気温を（図 22 参照）、また冬場については12～2月の業務用3か月平均販売量（トレンド除去）と地域3か月平均気温を（図 23 参照）分析の対象とし、関係式を求める。結果は表 2 の通りである。

図 22 業務用3か月平均販売量（トレンド除去）と地域3か月平均気温（6月～8月）



出所：（財）日本気象協会

図 23 業務用3か月平均販売量（トレンド除去）と地域3か月平均気温（12月～2月）



出所：（財）日本気象協会

表 2 業務用 3 か月平均販売量（トレンド除去）と地域 3 か月平均気温の関係式

夏： 6～8月 $3 \text{ か月平均販売量}[\text{千 m}^3] = 344 \times \text{地域 3 か月平均気温}[\text{ }] - 1320$ （標準誤差：270、決定係数：0.565）
冬： 12～2月 $3 \text{ か月平均販売量}[\text{千 m}^3] = -537 \times \text{地域 3 か月平均気温}[\text{ }] + 9060$ （標準誤差：201、決定係数：0.595）

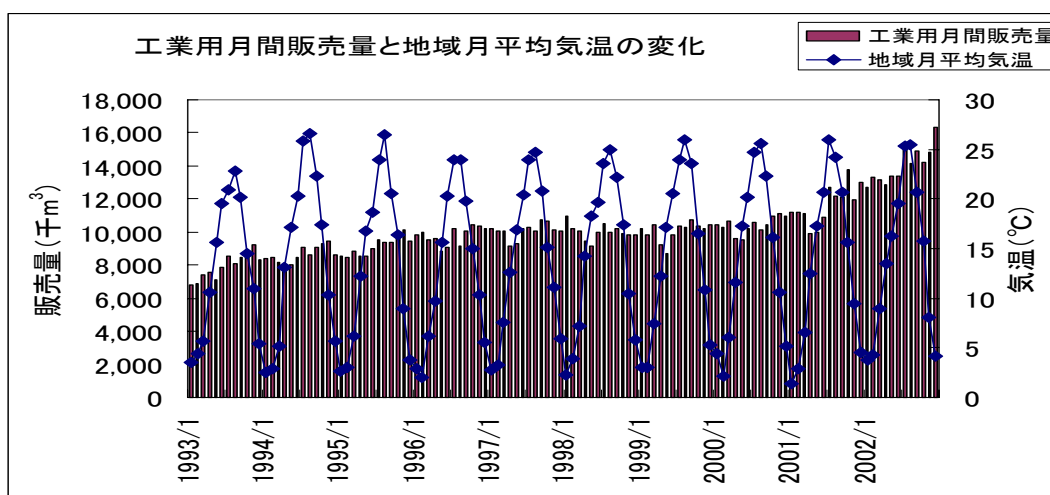
出所：（財）日本気象協会

夏の月間販売量が地域月平均気温の上昇とともに増加することが興味深い。夏の月間販売量については、地域月平均気温が上がると家庭用のガスの需要が減り、業務用の増加と家庭用の減少で相殺され、月間販売量のリスクは中和される。（図 18 及び図 22 参照）

工業用販売量

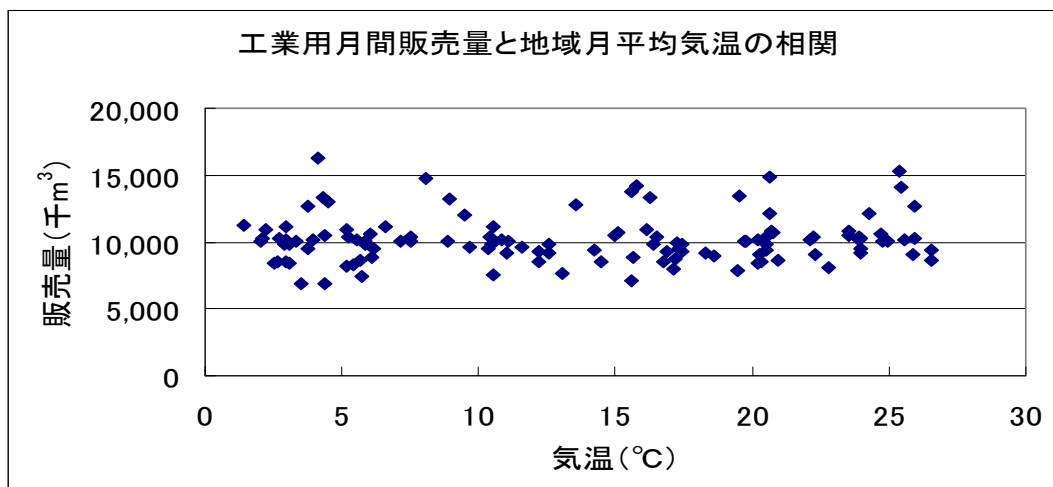
工業用は、季節変動より年変動の方が大きく（図 24）、地域月平均気温との相関はほとんどない（図 25）。

図 24 工業用月間販売量と地域月平均気温の変化



出所：（財）日本気象協会

図 25 工業用月間販売量と地域月平均気温の相関

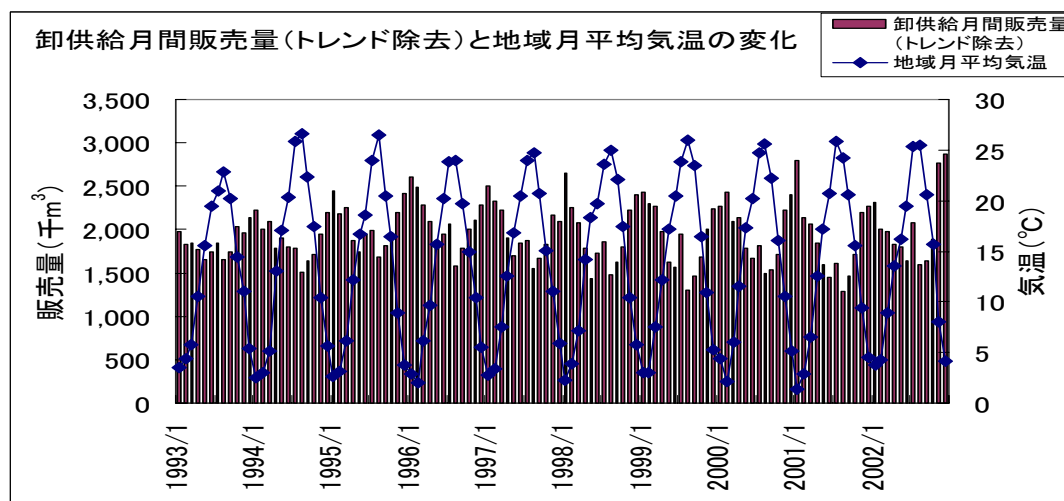


出所：（財）日本気象協会

卸供給販売量

卸供給の販売量についても、年々増加傾向にあるため、トレンドを除去し、分析を行った。販売量は冬に多く、夏は少ない季節変動がある。しかし、夏期については7月に月間販売量が伸び8月に月間販売量が減る傾向にある。（図 26 参照）

図 26 卸供給月間販売量（トレンド除去）と地域月平均気温の変化

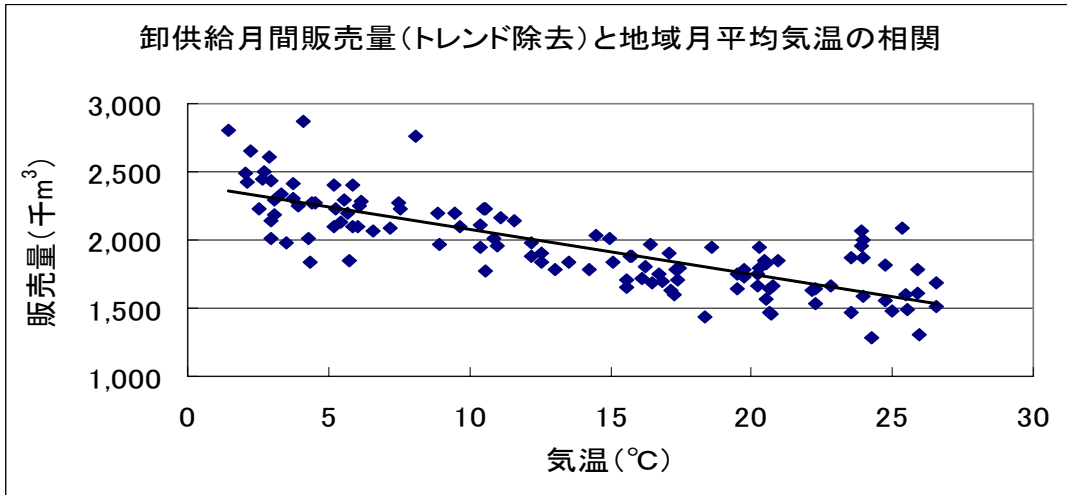


出所：（財）日本気象協会

修正した月間販売量と地域月平均気温の回帰分析を行うと、得られる関係式は次の通りであるが、決定係数は 0.647 と、家庭用と比較すると説明力は低下する。（図 27 参照）

$$\text{月間販売量[千m}^3\text{]} = -33.1 \times \text{地域月平均気温[} \text{]} + 2410$$

図 27 卸供給月間販売量（トレンド除去）と地域月平均気温の相関



出所：（財）日本気象協会

分析の結果

家庭用、業務用、工業用、卸供給の各カテゴリー別に、季節を問わず通年で求めた関係式と係数を表 3 に総括する。

表 3 カテゴリー別関係式

月間販売量[千m³]

$$= \alpha + \beta \times \text{地域月平均気温[} \text{]} + \beta_2 \times (\text{地域月平均気温[} \text{]})^2 + \text{誤差項}$$

	家庭用	業務用	工業用	卸供給
分析期間	通年	通年	通年	通年
α	0.0516	8890	10000	2410
β	-0.0015	20.6	12.6	-33.1
β_2	—	-572	—	—
σ	0.002	650	1760	192
決定係数	0.956	0.705	0.003	0.647

注) 家庭用については、メーターあたりの月間販売量で分析は誤差項の標準偏差

出所：（財）日本気象協会

また、分析を進めるにあたって、次のようなアプローチを採用した。家庭用と業務用については、夏と冬を別に分析する。工業用は気温と販売量との相関が無いこと、卸供給は量的に少なく、更に家庭用、業務用、工業用に供給され、それぞれの供給量は少ないことから、販売数量分析の対象からは外す。数量分析の対象には、家庭用と業務用の季節別関係式を用いることとし、関係式及び係数⁴を表4にまとめる。

表4 季節別関係式

3か月平均販売量[千m³] = + × 地域3か月平均気温[] + 誤差項

分析期間	家庭用		業務用	
	夏(6～8月)	冬(12～2月)	夏(6～8月)	冬(12～2月)
α	0.0538	0.0602	- 1320	9060
β	- 0.0015	- 0.00339	344	- 537
σ	0.000819	0.0013	270	201
決定係数	0.728	0.576	0.565	0.595

注) 家庭用については、メーターあたりの月間販売量で分析は誤差項の標準偏差

出所：(財)日本気象協会

(4) 気象以外の要因の影響と定量的分析

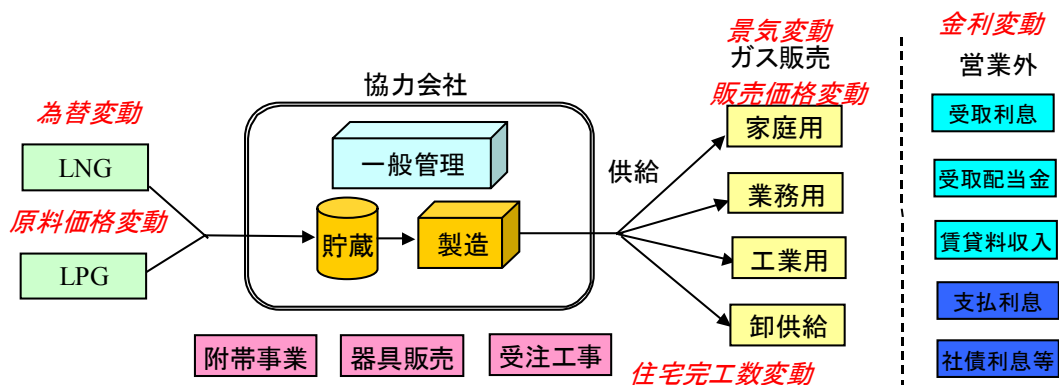
気象以外の要因で、経常利益に影響を与える要因の特定・モデル化を行う。

< 1 > 簡易モデル化

営業活動では、原料であるLNGやLPGには、原料価格の変動と為替変動が影響を与える。販売する製品であるガスには、景気変動や販売価格変動が影響している。附帯事業である器具販売・受注工事に対しては、景気変動の要因が強く、中でも特に住宅完工件数等の要因に対する関連性が高い。また、営業外活動では、金利の影響が考えられる。基本的には、図28に示す通りの簡易モデル化を行う。また、参考のために、経常利益に影響を与える要因の影響度分析を行う。

⁴ なお、以後の分析においては、表4の推定値を用い、係数の推定誤差はないものと見なす。

図 28 気象以外の要因の影響



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

< 2 > 本業への影響要因

ガス売上総利益は、

$$\text{ガス売上総利益} = \text{販売数量} \times \text{粗利率}$$

であることから、「ガス売上総利益の変動要因」は、販売されるガスの「数量要因」と「粗利率要因」（粗利率 = ガス売上総利益 / 売上高）から成る。更に、数量要因は気温に影響を受け、粗利率要因は為替と原料価格の影響を受けている。ここで、ガス売上総利益の変化は、上式を微分することで求められる。

$$\text{ガス売上総利益} = \text{販売数量} \times \text{粗利率} + \text{販売数量} \times \text{粗利率}$$

従って、ガス売上総利益の変動を標準偏差の観点で捉え、

$$\begin{aligned} \text{数量要因} &= (\text{過去 10 年間のガス販売量の標準偏差}) \times (\text{過去 10 年間の粗利平均}) \\ \text{粗利率要因} &= (\text{過去 10 年間のガス販売量平均}) \times (\text{過去 10 年間の粗利の標準偏差}) \end{aligned}$$

と定義すると、部門別の数量要因と粗利率要因は表 5 の通りである。

表 5 ガス売上総利益に与える変動要因の標準偏差

(単位：百万円)

	ガス売上 総利益	数量要因	粗利率要因
家庭用		344	315
業務用		27	99
工業用		165	167
卸供給		34	52
合計	449	466	637

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

また、ガス売上総利益（全体）に対する各要因の影響度を分散比で見れば、(各要因)² ÷ (ガス売上総利益の標準偏差)² で求められる。ガス売上総利益の標準偏差は 449 百万円であることから、ガス売上総利益に対する数量要因、及び粗利率要因の影響度は、表 6 の通りである。因みに、家庭用でみれば（販売）数量要因が粗利率要因より大きく、気温ファクターが大変大きいことが推量される。

表 6 ガス売上総利益に対する各要因の影響度

	数量要因	粗利率要因
家庭用	58.7%	49.1%
業務用	0.4%	4.8%
工業用	13.4%	13.9%
卸供給	0.6%	1.3%

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

次に、粗利率要因に与える原料要因と為替要因の大きさを推定する。

$$\boxed{\text{円建原料価格} = \text{ドル円為替} \times \text{ドル建原料価格}}$$

の関係になっており、また各項の月次標準偏差は、計測の結果、円建原料価格 = 3.43%、ドル円為替 = 2.85%、ドル建原料価格 = 3.14%であった。よって、円建原料価格に対する各項目の分散比は、ドル円為替 = 69%、ドル建原料価格 = 84%と計算され、45 : 55 の影響度であることが分かる。また、粗利の概ね 80% が円建原料価格要因であることから、各要因によってもたらされるガス売上総利益の振れの大きさは、粗利率要

因の標準偏差 = 637 百万円を基に、為替要因の影響度 = $637 \times 80\% \times \sqrt{45\%} = 342$ 百万円と原料要因の影響度 = $637 \times \sqrt{55\%} = 377$ 百万円が推定される⁵。(表 7 参照)

表 7 為替要因と原料要因

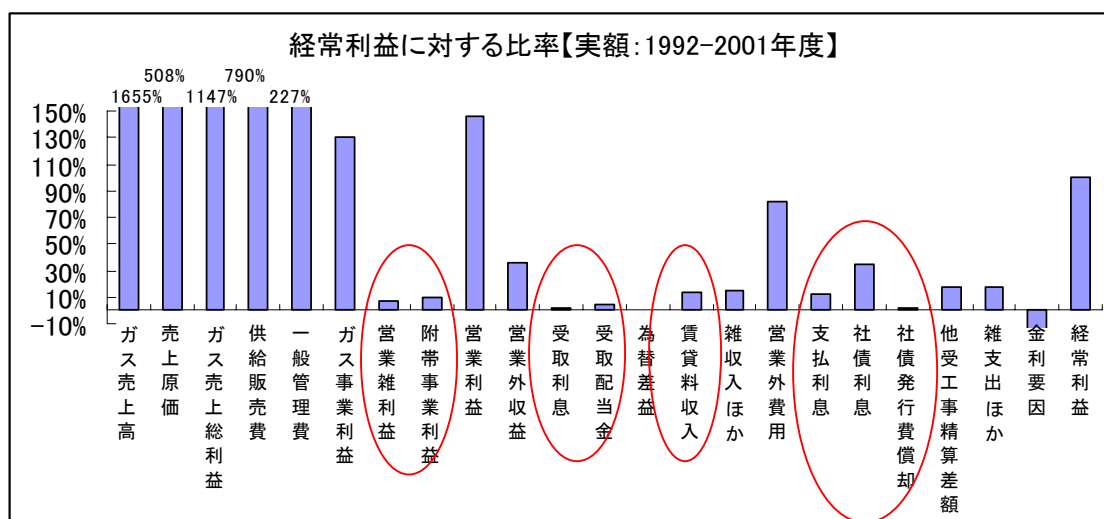
	粗利率要因	為替要因	原料要因
	円建原料価格	ドル円為替	ドル建原料価格
月次標準偏差	3.43%	2.85%	3.14%
円建原料価格に対する分散比	-	45%	55%
粗利への影響度(1標準偏差)	-	342 百万円	377 百万円

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー(株)

< 3 > 本業以外への影響要因

本業以外の収入の要素を細分化すると、営業雑利益、附帯事業利益、金利関連(受取利息、支払利息、社債利息、社債発行差金)、不動産関連(賃貸料収入)があるが、経常利益の変動への影響という意味では、分散の比率で計測すると、いずれも 10% 未満であり、大きくはない(図 30 の 印参照)。しかしながら、実額の比率で計測した場合、金利関連だけは 30% を超すものもあり(図 29 の 印参照)、注視する必要があることから、気象以外の要因で収益に与える影響として、本業の項目と金利要因を勘案することとする。なお、本分析で使用する費目は表 8 で定義する。

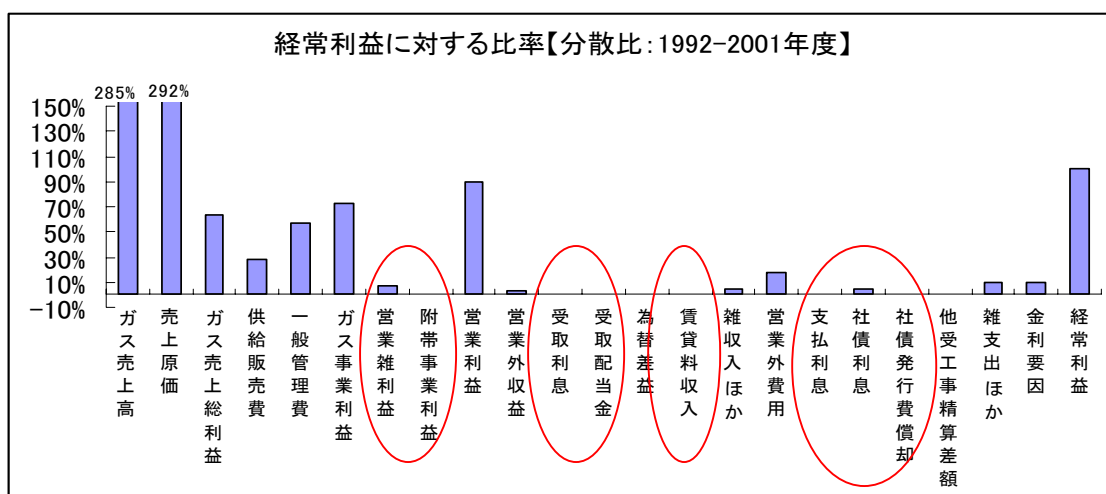
図 29 経常利益に対する実額の比率



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー(株)

⁵ ドル円為替レートとドル建原料価格の変動は、互いに独立であると仮定した。

図 30 経常利益に対する分散比



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

表 8 費目の定義

経常利益	=	営業利益（総売上高 - 費用） + 営業外利益
ガス売上総利益（粗利）	=	ガス売上高 - 売上原価
営業利益	=	ガス事業利益 + 営業雑利益 + 附帯事業利益
ガス事業利益	=	ガス売上総利益 - 供給販売費 - 一般管理費
営業雑利益	=	営業雑収益 - 営業雑費用（ガス工事やガス器具販売）
附帯事業利益	=	附帯事業収益 - 附帯事業費用（冷温水および蒸気の地域供給）
営業外利益	=	営業外収益（受取利息、受取配当金、為替差益、賃貸料収入ほか） - 営業外費用（支払利息、社債利息、社債発行費償却ほか）

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

ここで、金利要因を、【受取利息 - （支払利息 + 社債利息 + 社債発行差金）】の年標準偏差とすると、金利要因 = 173 百万円が計測される。

< 4 > 経常利益に与える要因の影響度

ここで経常利益に与える要因の影響をまとめる。各要因は、

数量要因	=	販売数量の影響によるガス売上総利益の変動
原料要因	=	調達するドル建原料価格の影響によるガス売上総利益の変動
為替要因	=	為替レートの影響によるガス売上総利益の変動
金利要因	=	受取利息 - (支払利息 + 社債利息 + 社債発行差金) の変動

の年標準偏差として定義され、前述の分析から、表 9 のように計算される。

表 9 経常利益に与える要因の影響度

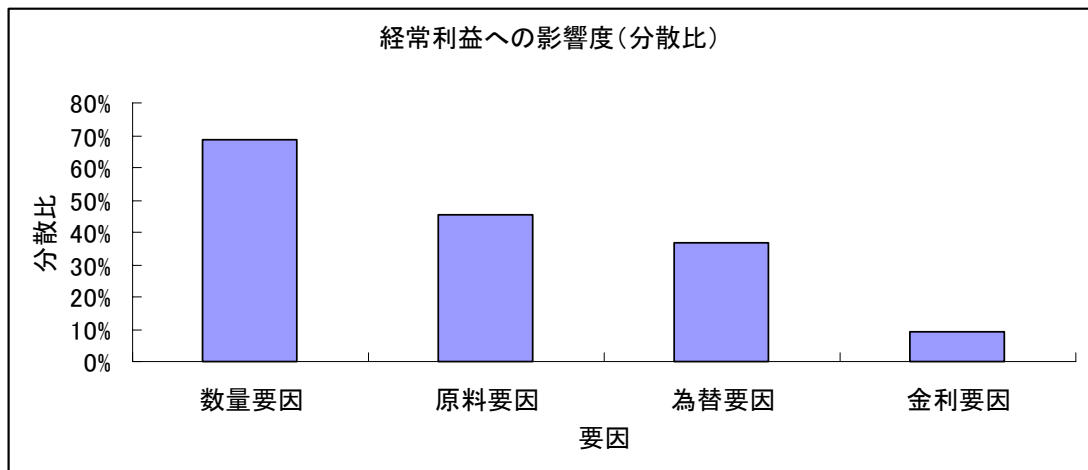
(単位：百万円)

	経常利益	数量要因	原料要因	為替要因	金利要因
標準偏差	562	466	377	342	173
経常利益に対する分散比		69%	45%	37%	9%

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

経常利益に与える要因の大きさは、数量要因（主に気温要因）、原料要因、為替要因、金利要因の順である。また、各要因を経常利益との分散比で示すと図 31 の通りであり、経常利益に与える影響度の大きさを見ることができる。

図 31 経常利益への影響度



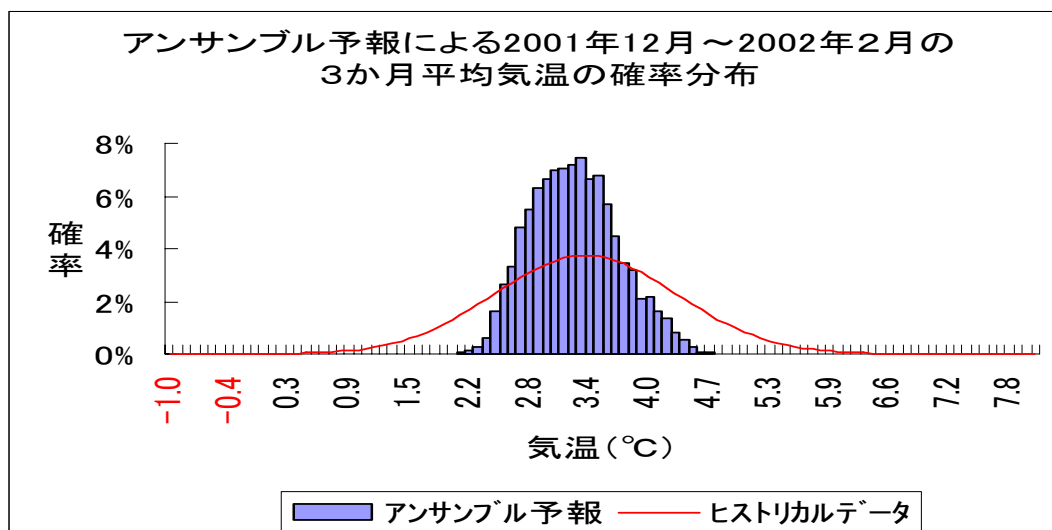
出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

(5) アンサンブル予報を活用した将来予測

気象要因に影響を受ける販売量などの企業活動について、アンサンブル予報を活用した将来予測を行う。なお、特に記述しない限り、気温、販売量、経常利益とも月間値の3か月平均を使用する。

ここでの分析では、2001年11月の時点で予想を行った、2001年12月～2002年2月のアンサンブル予報を使用する。図32に、当期間に対応するアンサンブル予報による気温の確率分布を棒グラフで、また比較のために、過去30年間の同期間の気温に基づいた確率分布を折れ線グラフで示す。本報告書においては、過去30年間のヒストリカルデータと平均及び分散が一致する正規分布として後者を表した⁶。図の期待値は、過去30年のヒストリカルデータに比べ、アンサンブル予報はやや寒い冬を予想していた。

図32 アンサンブル予報による2001年12月～2002年2月の3か月平均気温の確率分布

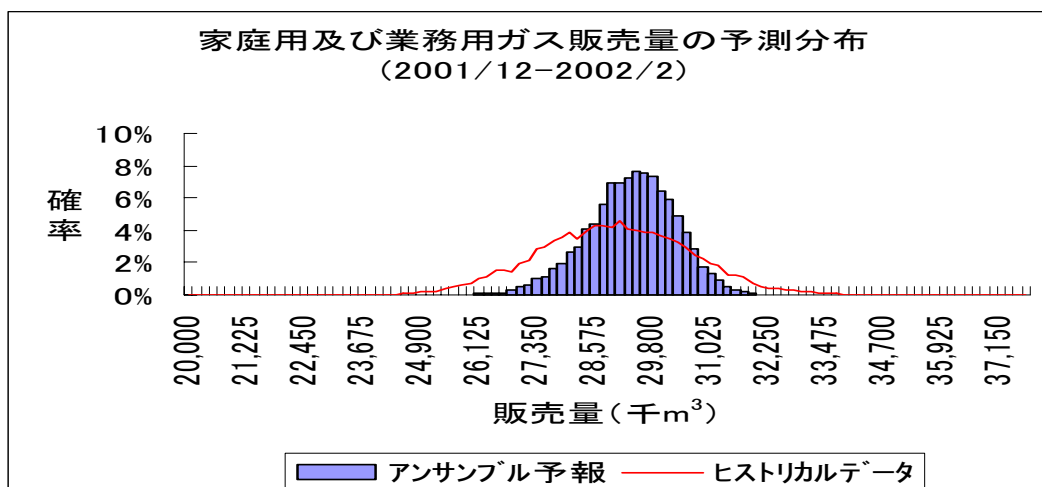


出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

アンサンブル予報が示すこのような気温の確率分布より、気温の影響を受け易い家庭用と業務用のガス販売量は、「各部門別の気象要素との関連」で求めた関係式から、図33のような販売量の確率分布が予測される。また同様に、ヒストリカルデータに基づく販売量の確率分布も図中折れ線グラフで示す。

⁶ 気象の世界では、月平均気温を正規分布として表現することはよく行われており、ここではそれをを用いた。（鈴木栄一（1968）「気象統計学」参照）

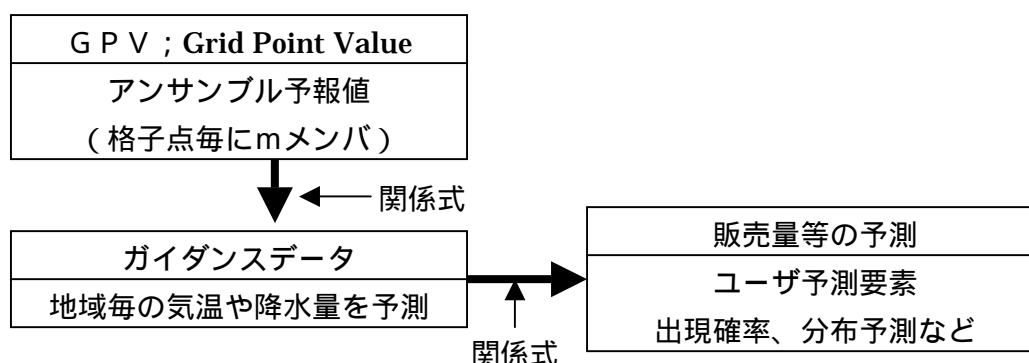
図 33 家庭用及び業務用ガス販売量の予測分布(2001/12-2002/2)



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

具体的な情報の展開は次の通りとなる。気象庁ではアンサンブル予報の格子点値（GPV；Grid Point Value）を用いて、地域毎の気温や降水量を予測したガイダンスデータを作成している⁷。気温に関しては、ガイダンスとして全国11地方予報区の1か月及び3か月平均気温の平年偏差が示される。本報告書では、ガイダンスにより示された3か月平年偏差から求められる地域月平均気温を説明変数とし、前述の表3に示す関係式に代入することで月間販売量が予測される（図34参照）。すなわち、アンサンブル予報によるガイダンスが示す気温の確率分布（平均 = 3.2、標準偏差 = 0.5、単位： ）から、当該期間の月平均販売量の確率分布（平均 = 29,268、標準偏差 = 926、単位：千m³）が導かれる。

図 34 GPV情報の展開



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

⁷ 気象庁のアンサンブル予報のGPVとガイダンスの詳細については、巻末資料2を参照。

(6) E a Rを用いたリスク評価

本分析では、将来の収益予測にアンサンプル予報を利用する。また天候リスクにその他のリスクも加え、E a R (Earnings at Risk) の手法を用いて経常利益のリスク分析を行う。

< 1 > 損益計算書のモデル化

E a Rによるリスク分析を行うに際し、協力会社の損益の振れに影響を与えるリスクファクターを整理し、損益計算書のモデル化を行う。これを表 10 に示す。また、表中の式 A ~ D、及び定数の定義を表 11 に示す。

このモデルに各パラメーターを代入し、月毎の経常利益予想を計算し、3か月の平均値を求めることで、月平均経常利益の確率分布を描くことができる。結果を図 35 に示す。

表 10 損益計算書のモデル化

費目	集計	ガス売上高比 (3か月平均)	影響要因	定式化	番号
ガス売上高		100.0%	数量要因	式 A	A
ガス売上原価		35.6%	数量要因 原料要因 為替要因	式 B	B
	ガス売上総利益	64.4%		A-B	C
供給販売費		43.9%		定数	D
一般管理費		10.0%		定数	E
	ガス事業利益	10.6%		C-D-E	F
営業雑利益		1.1%		定数	G
附帯事業利益		0.7%		定数	H
	営業利益	12.4%		F+G+H	I
受取利息		0.1%	金利要因	式 C	J
受取配当金		0.2%		定数	K
支払利息		0.4%	金利要因	式 D	L
社債利息		1.6%		定数	M
その他		-1.0%		定数	N
	営業外利益	-2.7%		J+K-L-M+N	O
	経常利益	9.7%		I+O	P

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

表 11 式の定義

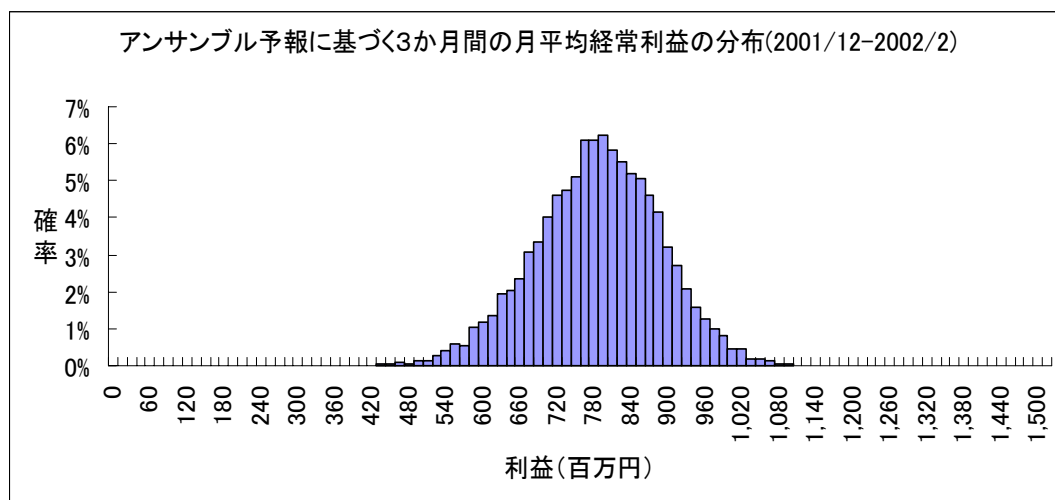
式	費目	式定義																								
式 A	ガス売上高	<p>t 月家庭用使用量 [千 m³]</p> $= \alpha + \beta \times t \text{ 月地域月平均気温 [} \quad \text{]} + \text{誤差項}$ <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>α</th> <th>β</th> <th>σ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>夏(6 ~ 8月)</td> <td>0.0538</td> <td>- 0.00150</td> <td>0.000819</td> </tr> <tr> <td>冬(12 ~ 2月)</td> <td>0.0602</td> <td>- 0.00339</td> <td>0.001321</td> </tr> </tbody> </table> <p>注) σ は誤差項の標準偏差</p> <p>t 月家庭用販売数量 [千 m³]</p> $= (0.5 \times \text{「(t - 1) 月家庭用使用量」} + 0.5 \times \text{「 t 月家庭用使用量」}) \times t \text{ 月メータ数}$ <p>t 月業務用使用量 [千 m³]</p> $= \alpha + \beta \times t \text{ 月地域月平均気温 [} \quad \text{]} + \text{トレンド項} + \text{誤差項}$ <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>α</th> <th>β</th> <th>σ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>夏(6 ~ 8月)</td> <td>- 1320</td> <td>344</td> <td>270</td> </tr> <tr> <td>冬(12 ~ 2月)</td> <td>9060</td> <td>- 537</td> <td>201</td> </tr> </tbody> </table> <p>トレンド項 : 1993 年 2 月以降 33.40 [千 m³] / 月</p> <p>t 月業務用販売数量 [千 m³]</p> $= 0.75 \times \text{「(t - 1) 月業務用使用量」} + 0.25 \times \text{「 t 月業務用使用量」}$ <p>t 月ガス売上高 [円]</p> $= t \text{ 月家庭用販売数量 [千 m}^3 \text{]} \times \text{家庭用販売単価 [円 / m}^3 \text{]} \times 1,000$ $+ t \text{ 月業務用販売数量 [千 m}^3 \text{]} \times \text{業務用販売単価 [円 / m}^3 \text{]} \times 1,000$ <p>注) 工業用及び卸供給については前年度実績販売数量を用いた。</p>		α	β	σ	夏(6 ~ 8月)	0.0538	- 0.00150	0.000819	冬(12 ~ 2月)	0.0602	- 0.00339	0.001321		α	β	σ	夏(6 ~ 8月)	- 1320	344	270	冬(12 ~ 2月)	9060	- 537	201
	α	β	σ																							
夏(6 ~ 8月)	0.0538	- 0.00150	0.000819																							
冬(12 ~ 2月)	0.0602	- 0.00339	0.001321																							
	α	β	σ																							
夏(6 ~ 8月)	- 1320	344	270																							
冬(12 ~ 2月)	9060	- 537	201																							
式 B	ガス売上原価	<p>「ドル建平均原料価格の変動率 R」の標準偏差 ; $3.14\% \times \sqrt{s}$</p> <p>「為替レートの変動率 R'」の標準偏差 ; $2.85\% \times \sqrt{s}$</p> <p>(2001/12 s=1、2002/01 s=2、2002/02 s=3)</p> <p>(1993/06 s=1、1993/07 s=2、1993/08 s=3)</p> <p>ドル建平均原料価格の変動額 = 現在の価格 $\times (e^R - 1)$</p> <p>為替レートの変動額 = 現在の為替 $\times (e^{R'} - 1)$</p> <p>単位原価の変動額</p> $= \text{単位原価} \times 80\% \times (e^{(\text{ドル建平均原料価格の変動率} + \text{為替レートの変動率})} - 1)$ <p>t 月ガス売上原価 [円]</p> $= (\text{平均単位原価 [円 / m}^3 \text{]} + \text{単位原価の変動額 [円 / m}^3 \text{]}) \times 1,000$ $\times (t \text{ 月家庭用販売数量 [千 m}^3 \text{]} + t \text{ 月業務用販売数量 [千 m}^3 \text{]})$ <p>注) 工業用及び卸供給については前年度実績販売数量を用いた。</p>																								

式 C	受取 利息	「金利変動率」の標準偏差 = 月次標準偏差 (20.44%) × \sqrt{s} 受取利息変動額 = 現在の受取利息 × ($e^{(金利の変動率)}$ - 1) t 月受取利息 = 昨年度の実績受取利息 ^注 ÷ 12 + 受取利息変動額
式 D	支払 利息	「金利変動率」の標準偏差 = 月次標準偏差 (20.44%) × \sqrt{s} 短期借入金比率 = 0.52% 支払利息変動額 = 現在の支払利息 ^注 × 短期借入金比率 × ($e^{(金利の変動率)}$ - 1) t 月支払利息 = 昨年度の実績支払利息 ^注 ÷ 12 + 支払利息変動額
定 数	供給 販売 費他	各費目の昨年度実績値 × $\frac{\text{昨年度対応期間の売上総利益}}{\text{昨年度売上総利益}}$

注) 本来、協力会社の計画値で算出するところ、本分析では公開データを使用する方針のため、直近の実績値を使用した。

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

図 35 アンサンブル予報に基づく 3 か月間の月平均経常利益の分布

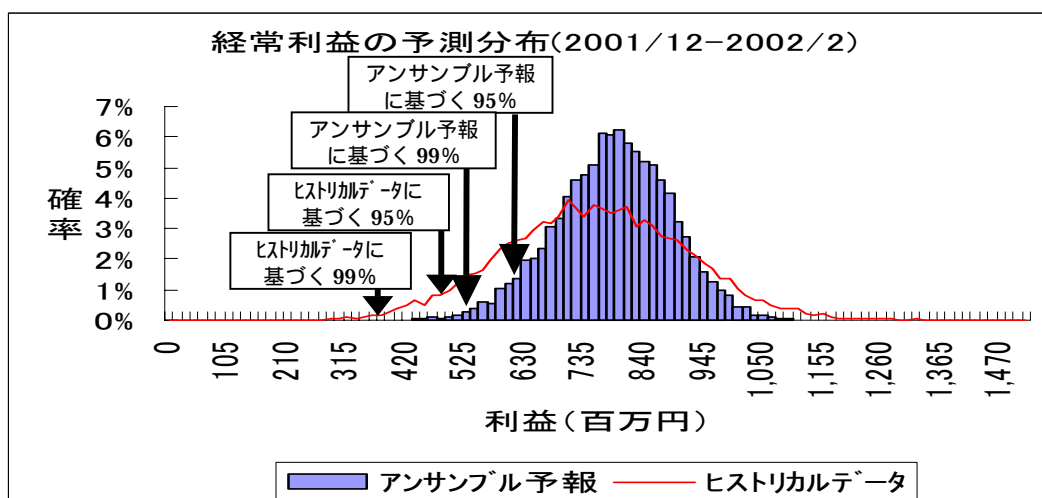


出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

< 2 > E a R分析

アンサンブル予報に基づく経常利益の確率分布に対する E a R分析を行う。手順としては、アンサンブル予報による気温の確率分布を、ガス販売量の確率分布に変換し、経常利益の予想の確率分布に変換する。得られた確率分布の 1% に当たる点が 99% E a Rとして求められ、1%の確率で生じる最低利益、531 百万円を表している。なお、当該利益が発生するときの平均的な気温の水準は 4.3 である。同様に 5%の確率で生じる最低利益は 606 百万円であり、これに対応する平均的な気温は 4.0 である。(図 36 参照)

図 36 E a R分析 (2001/12 ~ 2002/2、月平均)



アンサンブル予報によるシミュレーション結果

	99% E a R	95% E a R	平均値
気温[]	4.3	4.0	3.2
家庭用販売数量[千 m ³]	17,356	17,912	19,189
業務用販売数量[千 m ³]	9,395	9,604	10,079
売上総利益[百万円]	2,327	2,395	2,559
経常利益[百万円]	531	606	779

ヒストリカルデータによるシミュレーション結果

	99% E a R	95% E a R	平均値
気温[]	5.6	4.9	3.3
家庭用販売数量[千 m ³]	16,084	16,888	18,926
業務用販売数量[千 m ³]	8,967	9,263	9,958
売上総利益[百万円]	2,167	2,267	2,524
経常利益[百万円]	379	481	744

アンサンブルとヒストリカルデータの差

	99% E a R	95% E a R	平均値
気温[]	-1.3	-0.9	-0.1
家庭用販売数量[千 m ³]	1,272	1,024	263
業務用販売数量[千 m ³]	428	342	121
売上総利益[百万円]	159	127	35
経常利益[百万円]	151	125	35

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

次に、ヒストリカル気温データに基づく経常利益の確率分布に対するE a R分析を行う。手順としては、ヒストリカル・データの気温の確率分布を、ガス販売量の確率分布に変換し、経常利益の予想の確率分布に変換する。

得られた確率分布の99% E a R、すなわち1%の確率で生じる最低利益は379百万円であり、当該利益が発生するときの平均的な気温の水準は5.6である。また、同様に5%の確率で生じる最低利益は481百万円であり、対応する平均的な気温の水準は4.9である。

この2つの分析を比較することで、次のことが分かる。

- 経常利益の期待値（平均値）は、779百万円と744百万円でどちらも概ね同じであり、またその期待値が示現するときの平均的な気温の水準も概ね同じ3.2~3.3である。
- しかしながら、5%の確率で発生する経常利益の下限は、ヒストリカルデータによるシミュレーションで見る481百万円に較べ、アンサンプル予報によるシミュレーションの方では606百万円と125百万円高い値になっており、ヒストリカル・ベースで判定するよりも、アンサンプル・ベースでは125百万円だけリスクが小さいことが予想される。また、この低い経常利益が示現する時の地域月平均気温の水準は、ヒストリカル・ベースでは4.9、アンサンプル・ベースでは4.0である。
- 同様に1%の確率で発生する経常利益の下限は、ヒストリカルデータによるシミュレーションの379百万円に較べ、アンサンプル予報によるシミュレーションの方では531百万円と151百万円高い値になっており、ヒストリカル・ベースで判定するよりも、アンサンプル・ベースではこれも151百万円だけリスクが小さいことが予想される。また、この低い経常利益が示現する時の地域月平均気温の水準は、ヒストリカル・ベースでは5.6、アンサンプル・ベースでは4.3である。

このように、アンサンプル予報による気温の分布は、E a Rの枠組みを通じ、企業が持つ天候リスクを定量的に把握することを可能にする。これがアンサンプル予報を活用する最大のメリットであろう。

(7) リスクを減少させる手法の検討 (オペレーション)

協力会社は、気温から受ける影響が業務上極めて大きい。厳冬になればガスの消費は多くなり、暖冬であればガスの消費は減少する。またガスの供給義務があることから、厳冬になり、大幅な供給を強いられたとしても、供給できない状況は許されない。よって現状では、いかなる厳冬時の供給にも対応できる量のガスを貯蔵している。

3か月アンサンブル予報により、来るべき冬の気温の確率分布が事前に分かるとすると、その冬のガス供給量の上限は予測が可能になる。暖冬が予想される場合、仮に貯蔵量の調整が短期で可能であるとするならば、過剰な貯蔵を抱えずに済ませることができる。あるいは、他社への販売も可能である。また、厳冬の気温分布が予想され、備蓄量が不足することが事前に分かれば、多めの在庫調達などの事前手当が可能になる。しかしながら現状では、ガスの供給義務があることから、貯蔵量を計算される必要最小量まで削減することはできない。

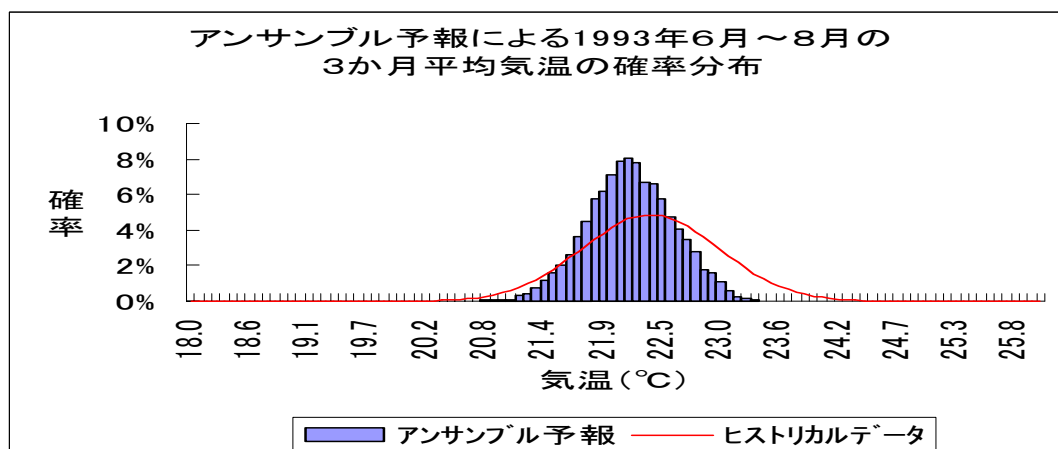
(8) リスクを減少させる手法の検討 (金融商品の活用)

天候デリバティブを利用し、損失の発生確率が削減される状況を確認する。エネルギー会社における実際の天候デリバティブ契約が、夏季の天候リスクをヘッジするためのものが多いという実態を考慮し、前述までの2001年冬の事例とは異なり、ここでは1993年の夏を対象に分析する。なお、本例における分析では、気温要因に注目した分析を行うため、その他の要因の変動は捨象することとする。

< 1 > アンサンブル予報

図37に、アンサンブル予報による3か月平均の地域平均気温の確率分布予想と過去30年の実際の地域平均気温の確率分布(30年ヒストリカル)を示す。図中、棒線はアンサンブル予報による気温の分布予想(1993年6月~8月)、折れ線は過去30年の実際の気温分布を示す。図が示すように、1993年夏、アンサンブル予報は30年ヒストリカルに比べ、冷夏を予測している。

図 37 アンサンブル予報による 1993 年 6 月～8 月の 3 か月平均気温の確率分布



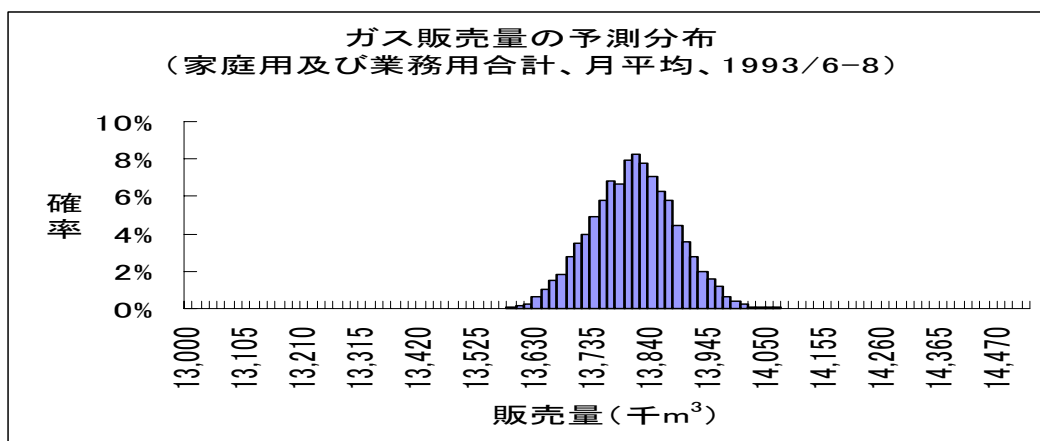
出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

< 2 > ガス販売量予測

アンサンブル予報による 3 か月平均の地域平均気温の確率分布を基に、表 11 の関係式を用い、ガス販売量の予測分布を求める（図 38 参照）。更に、表 11 の関係式を用い、これから経常利益の予測分布を求める（図 39 参照）。

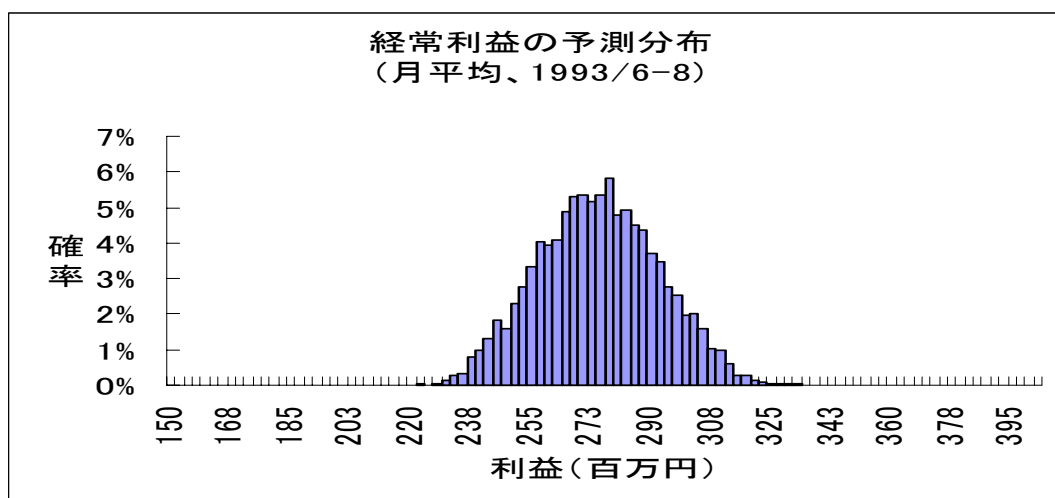
定性的な分析として、夏場に気温が上昇した場合、家庭用販売量は減少し（図 17 参照）、一方業務用は、主に冷房の需要から販売量は増加する（図 21 参照）。それぞれの減少、増加量は概ね等しいことから、結果的に家庭用と業務用とで量的には相互にヘッジが効いている。しかしながら、家庭用需要の方が、固定費比率が高いため、利益は家庭用の売上の増減の影響をより大きく受けることから、経常利益の観点からは、気温上昇に対するリスクを負っている。

図 38 ガス販売量の予測分布（家庭用及び業務用合計、月平均、1993/6-8）



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

図 39 経常利益の予測分布（月平均、1993/6-8）



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

< 3 > 天候デリバティブの利用

協力会社は夏期の気温上昇に伴う経常利益減少のリスクを抱えていることから、当該リスクをヘッジするために、天候デリバティブを利用することとする。戦略として、3か月一まとめではなく、月毎にデリバティブの月平均気温ストライク⁸を設定し、月毎に利益減少リスクのヘッジを行うこととする。

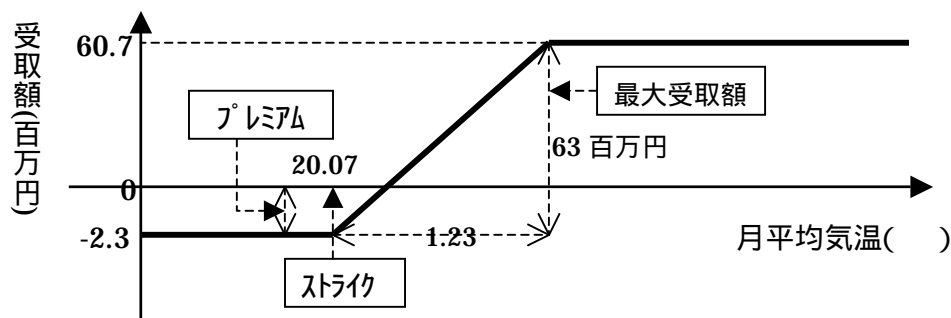
ここで使用する天候デリバティブの取引条件を表 12 に掲載する。ただし、掲載する数値は理解のためのものであって、プレミアム⁹は参考価格であり、実際に取引されていた価格とは異なる。月平均気温ストライクは6月 20.07、7月 23.19、8月 25.16 であり、各月平均気温ストライクを実際の月平均気温が超えた値に、想定元本に示す額を掛けた金額を受取ることができる。また、ここでは最大受取額が設定してある。ただし、デリバティブの購入にあたっては、プレミアムで示される金額が必要である。また、図 40 に天候デリバティブ（1993/06 Call¹⁰）を例に、損益図を示す。

⁸ ストライクは、受取る補償金額を決定するための基準となる気温の値であり、この値を超えた数値に想定元本を乗じた金額が支払われる。

⁹ プレミアムは、天候デリバティブを購入する時の価格であり、保険に例えるならば、保険料である。

¹⁰ call は、ストライクを超えて上昇した数値に対して補償金を受取ることができる商品であり、put は、ストライクを下回った数値に対して補償金を受取ることができる商品である。

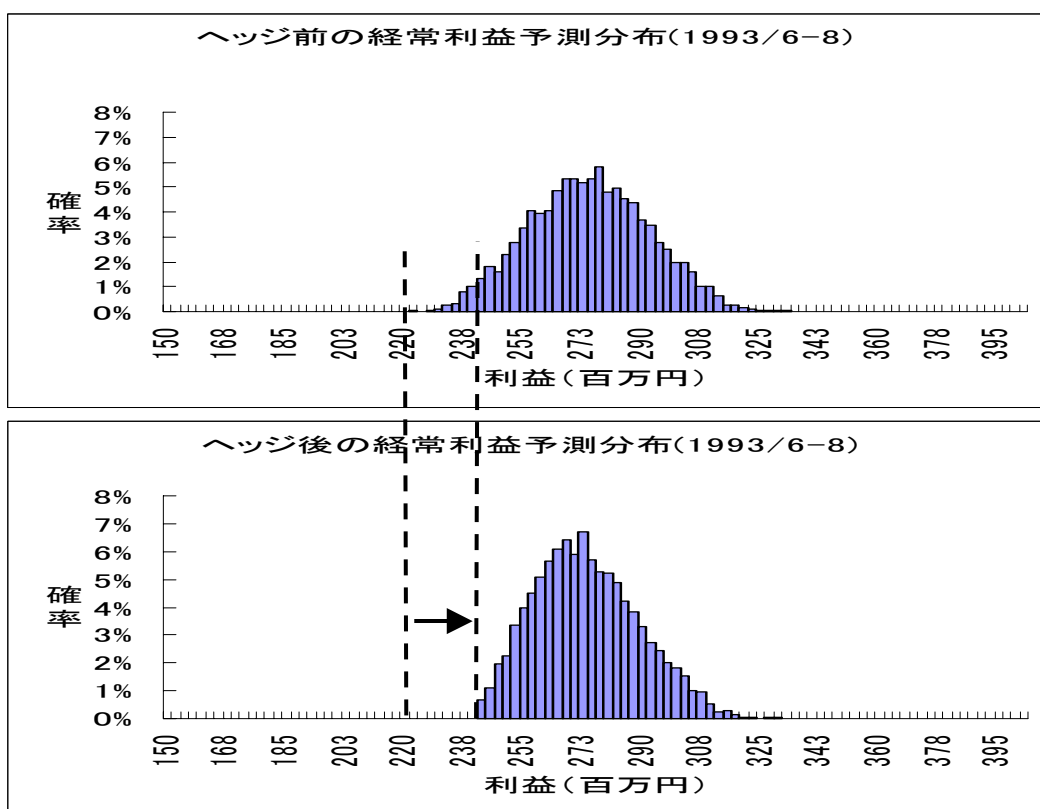
図 40 天候デリバティブ (1993/06 Call) の損益図



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

アンサンブル予報に基づくヘッジ前の損益の予測分布とヘッジ後の結果を図 41 に示す。上下の図を比較すると、上図に較べ下図では、経常利益の減少が発生するエリアが削除されており、天候デリバティブを活用することで、高温による利益減少のリスクは明らかに回避されている。

図 41 ヘッジ前後の経常利益の予測分布の変化



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

表 12 天候デリバティブ

	デリバティブタイプ "call" or "put"	想定元本 (円/°C)	月平均気温 ストライク(°C)	最大受取額 (円)	プレミアム (円)
1993/06	Call	51,000,000	20.07	63,000,000	2,300,000
1993/07	Call	50,000,000	23.19	72,000,000	5,250,000
1993/08	Call	28,000,000	25.16	38,000,000	2,000,000

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

< 4 > ヘッジによる経済的効果

天候デリバティブを利用した場合の、経常利益の確率分布の変化を表 13 に示し、リスクの変化を定量的に捉える。期間は 1993 年 6 月～ 8 月である。

表 13 経常利益の確率分布の変化

(単位：百万円)

	ヘッジ前	ヘッジ後	差
期待値	273	272	-1
標準偏差	18	15	-3
95% E a R	244	249	5
99% E a R	235	244	8

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

上表を参考に、どのような効果があったかを考察する。まず、期待値は、ヘッジ費用がかかることから、1 百万円低下する。標準偏差は 3 百万円低下したことから、期待される経常利益の変動幅が小さくなっていることが分かる。ヘッジ前は 1 標準偏差に相当する約 7 割の確率で経常利益が 255～291 百万円に収まることが期待されるが、ヘッジ後では同じ約 7 割の確率で 257～287 百万円の範囲に収まることが期待される。95% E a R は 5 百万円増加しており、5% の確率で発生する最低利益は 244 百万円から 249 百万円へ改善している。99% E a R は 8 百万円増加しており、1% の確率で発生する最低利益は 235 百万円から 244 百万円へ改善している。

ヘッジの前後で比較すると、99% E a R では 8 百万円増加しており、当該期間の月平均経常利益（期待値）が約 2.7 億円、月平均ガス売上高が約 20.8 億円であることを考えると、協力会社におけるヘッジによる経済的効果は、対経常利益比で 3.0%、対売上高比で 0.38% と考えられる。

(9) アンサンブル予報活用の経済的効果

協力会社のガス販売量、特に家庭用・業務用の販売量は気温に対する感応度が高く、気温の変化に伴って協力会社のガス販売量は大きく変動する。ガス販売量の変動が、協力会社の経営成績である経常利益に与える影響は大きく、過去の財務データによる分析では経常利益の変動要因の約 7 割を占めていた。よって、協力会社にとって気温リスクは無視できない重要なリスクファクターの一つであり、このリスクにどのように対処するかは経営上の重要なテーマと考えられる。

今回、アンサンブル予報を活用することにより、この気温要因による将来のガス販売量や経常利益の変動を確率分布として定量的に把握し、また、E a Rとしてリスク量を評価できるようになった。アンサンブル予報がない場合にも、ヒストリカルデータに基づいて同様な分析を行うことは可能であったが、今回の分析の事例ではアンサンブル予報とヒストリカルデータによる E a Rの値には差が見られた。アンサンブル予報を用いることにより、従来とは異なった観点での気温リスクの定量化が可能になったことは、協力会社が気温リスクに対処する上で有効であると思われる。

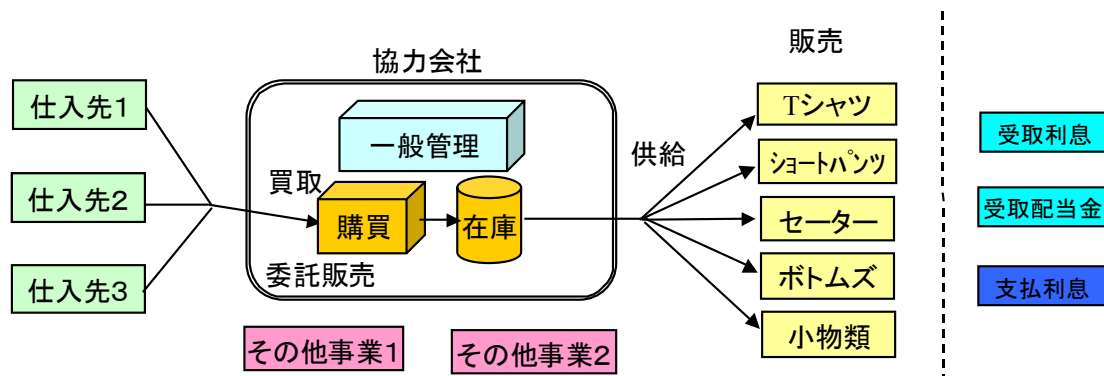
具体的には、アンサンブル予報による将来の経常利益の確率分布を基に、気温リスクをヘッジするための天候デリバティブの条件（想定元本の額、ストライクの設定、最大受取額の設定）や導入効果の検討を行うことが可能となる。このように、協力会社のニーズに沿った気温リスクのヘッジを行えるようになることは、協力会社の企業価値を高めるものと思われる。また、将来的に原料の調達を柔軟に行えるような環境が整ってくれば、アンサンブル予報に基づいた原料の調達・在庫戦略を行うことにより、協力会社の収益の増大に資することも考えられる。

2. 衣料品販売会社

(1) 事業構造の整理

協力頂いた会社（以下、協力会社という）は、カジュアルウェアを中心に関東エリアに展開する衣料品販売の専門店チェーンである。協力会社の取扱商品は、男性用・女性用カジュアル商品からキッズ用商品まで多岐にわたり、商品構成も夏物はTシャツやショートパンツから冬物はアウター（上着）、セーター、ボトムズ、手袋等小物類、その他春物、秋物まで広く行き渡っている。商品の製造や輸入は直接手掛けているため、基本的には仕入先からの製品の買取りを主要業務の起点にしている（図42）。そのため、1か月近辺の短いサイクルによる商品発注を繰り返す事業構造となっており、タイムリーな発注や品揃え、効率的な在庫管理が業務運営を支える基盤となっている。買い入れた商品は、短期間で店頭に並び販売のサイクルに乗せられる。したがって、協力会社は月曜日から始まる1週間単位で自らの販売業務を把握しながら運営している。また、中期的なカジュアルファッションや顧客ニーズの変遷が重要である一方で、1か月内外の天候や季節感に影響を受ける人々の購買動向は事業全体を左右する重要な要素となる。それゆえ、日頃から協力会社自身も天候と売上の関連性に関心が高く、商品や顧客情報に加え気温との関連性にも着目した営業データの整備やシステム開発を心掛けている。また、仕入先からの直接買取り以外にも委託販売やその他の事業展開を行っているものの、事業全体におけるウェイトは小さい。更に、本業以外の営業活動（営業外損益に計上されるような活動）もほとんど見られない。

図 42 事業構造

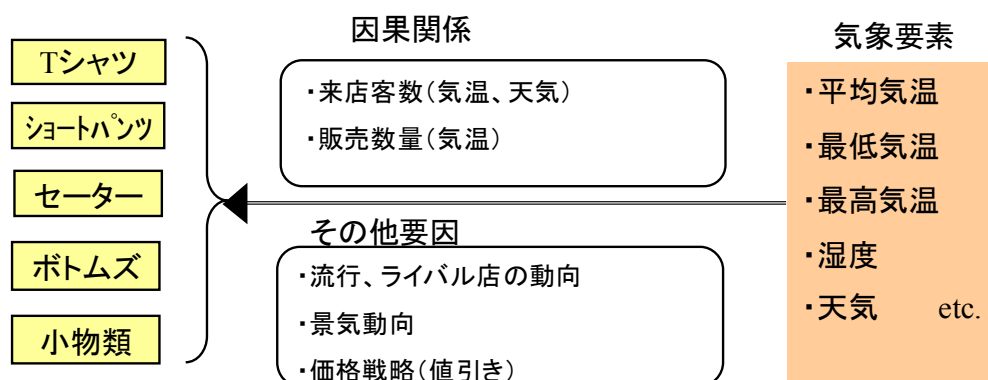


出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

(2) 気象要因の影響検討

上記の企業モデルにおいて、気象要因の影響を受ける可能性のある部分の検討を行う。協力会社の衣料品販売に影響を及ぼす気象要素には、気温や湿度、雨等の天気の要因が考えられる。協力会社の販売店は商店街や商業ビルに入っていることが多く、関東エリアにおける風雨の影響が来店客の出足に影響することが、日頃の自社の分析から意識されている。また、取り扱う商品の多くが季節ものであることから、気温は商品の販売実績に対して直接的な影響を与える。気温といっても日中の平均気温から最高・最低気温や前日の気温、前日との気温差等様々な指標が考えられる(図43)。業務によっては、体感温度のような人の実感を上手に把握する指標がビジネスと気象の関係を上手に表現するものとして望まれる。協力会社に対するヒアリングによると、協力会社の業務においては週末にあたる土曜日・日曜日の売上が重要であり、そこに影響を与える前週の気温の推移が関連性の高い指標ではないかということであった。このような気象要素に対する直接的な因果関係を議論する以外に、協力会社の業務を左右する要因は、先にも挙げたファッション動向やライバル店の動向、自社の販売戦略や景気動向等が考えられる。今回の調査報告においては、これら気象以外の要因による販売数量への影響を完全に排除することは困難であるものの、短期的な影響度は大きくないものとして考える。

図43 気象要因の影響検討



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー(株)

(3) 気象要因の定量的分析

企業活動と気象要因との関連性について、過去データを中心とした定量的分析を行う。その上で、気象要素と衣料品販売量の関連性についてモデル化を図り、気象と販売量の関係を見出す。

< 1 > 使用データ

今回はヒアリングの結果から 1 か月予報を利用したオペレーションを再現することになった。また、協力会社の主な販売エリアが関東地方であること、現存している販売量データが週単位であること、気象庁の 1 か月予報ガイダンスがエリア別の週別値で発表されている(巻末資料 2 の 2 節を参照)ことなどから、商品の販売量と気象要因の分析は、関東甲信地方 20 気象官署の週平均気温と週合計の降水量や降水日数を用いておこなった。

販売量については、協力会社がデータを週単位で管理しているため、協力会社の集計方法を用いた。またヒアリングの結果、季節性の関連性が高いと認識されている商品として、夏物の T シャツ、ショートパンツ、秋冬物のカットアウターとセーター、アウター、手袋の 5 品目を取り上げた。これら季節商品の売上は、全売上の 25 ~ 30% を占めている。

気象データについては、関東甲信地方 20 官署の過去の日観測値から、各気象要素について、地域平均した日データを作成した。次にこの日データから、7 日平均値または 7 日積算値を作成した。

販売量データ (1998/2 ~ 2002/12)

要素 : ショートパンツ、T シャツ (主に夏物)

秋冬物(カットアウター/セーター)、アウター、手袋 (主に秋冬物)
の 5 品目の販売量

週の定義 : 一週間の単位は、月曜日 ~ 日曜日。各年の 2 月中旬を第一週に設定。
一年を 52 ~ 53 週に分割。

気象データ

要素 : 日平均気温、日最高気温、日最低気温の週平均値及び日降水量の週合計値、週の降水日数など

地点 : 東京を含む関東甲信地方の 20 気象官署¹¹

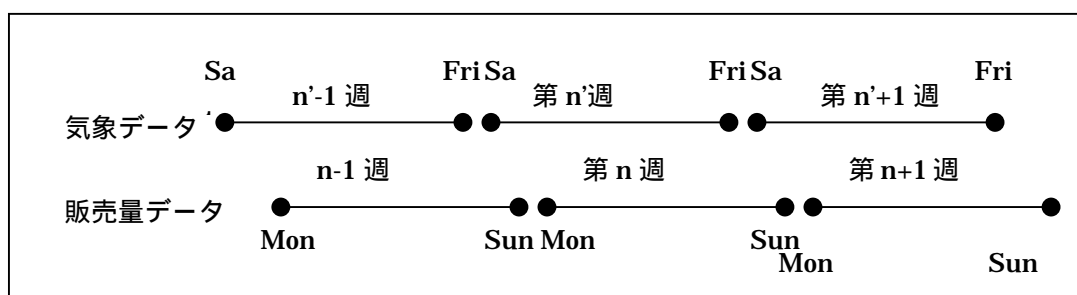
週の定義 : 一週間の単位は、土曜日 ~ 金曜日。

注) 一週間の区切りにおける気象データと販売量データとの間には、図 44 で示す通り、2 日のズレが生じることになる。これは、気象庁から発表される 1 か月予

¹¹ 気象庁の地域平均値を算出する地点(官署)については、「平年値 CD - ROM (平成 13 年 3 月気象庁)」にて、参照することができる。当該 CD - ROM は(財)気象業務支援センターから頒布されている。

報の週単位が「土曜日～金曜日」となっているためである。1 か月予報の活用を考察する本調査においては、こういった気象と販売量データを計測する週の対応関係を採用することとする¹²。本衣料品販売会社のケースでは、図 44 における販売量データの第 n 週の週末が、気象データの第 n' 週の気温に関連性が高いと予測される。このように、販売量データと気象データの対応に配慮しながらデータの解析を行うことが必要になる。また今回の分析は協力会社の販売量データに合わせて 1998～2002 年のデータで行ったが、平年値の作成などでは 1997 年以前のデータを利用している。

図 44 気象データと販売量データの対応関係



出所：（財）日本気象協会

< 2 > 気象データの取り扱い

1 か月アンサンブル予報を用いて売上数量や収益 Y を予測するために、分析の結果、販売量との関連性が高いと見られる関東甲信地方の平均気温 X をアンサンブル予報から算出する必要がある。

ここでは、アンサンブル予報値から関東甲信地方の平均気温へ変換するために、気象庁の気温ガイダンスデータを利用した。ガイダンスデータとは、アンサンブル予報の格子点値と気象要素の重回帰式を作成し、格子点値から地域の値を求めたものである。気象庁の 1 か月予報では、全国を 18 地域に分けて、それぞれの地域について回帰式を作成、地域毎のガイダンス値を求めている。今回はこのうち関東甲信地方の気温ガイダンスデータを利用した。

ただし、気象庁の気温ガイダンスは平年偏差(平年値からのずれ) μ で提供されている。今回の調査における分析では平均気温そのものを利用しており、販売量との関係

¹² ただし、本報告書の IV 章『アンサンブル予報の活用可能性と活用拡大のための提言』に示す通り、気象庁の予報の基になる数値予報資料を用いれば、任意の期間の予測情報を活用することができる。

式を求めるためにはガイダンス値を平均気温に変換する必要がある。そこで、以下の処理を行った。

まず 1971～2000 年の各年の関東甲信地方 20 官署を平均した地域平均の日別値 X_{area} を作成し、さらに 30 年平均値(平年値) \bar{X}_{area} を求めた。

$$\bar{X}_{area} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{area})_i \quad N : \text{資料年数(30年)}$$

この日別平年値に対して 9 項単純移動平均を 3 回行い¹³、日別平滑平年値 \tilde{X}_{area} を作成した。次に日別平滑平年値から、オペレーションの対象となる週(7日)の平年値 \bar{X}_{week} を作成し、この週平年値を予報ガイダンス値の週平均値 μ_{week} に加えることで平年偏差を週平均気温に変換した。

$$X_{week} = \bar{X}_{week} + \mu_{week}$$

なお、分析の結果によっては、必要な気象要素 X に対応した気象庁提供のガイダンス値が利用できない場合もあり、この時はアンサンブル予報の格子点値 F と、気象要素 X の関係を分析する必要がある。例えば、 X として東京の平均気温が最も適切とされた場合、過去の東京の気温観測データと数値予報モデルの格子点の物理量との統計的な関係を調べ、アンサンブル予報の格子点値から東京の平均気温を求める式、

$$T_{Tokyo} = {}_1F_1 + {}_2F_2 + \Lambda + {}_nF_n +$$

を新たに作成する必要がある。

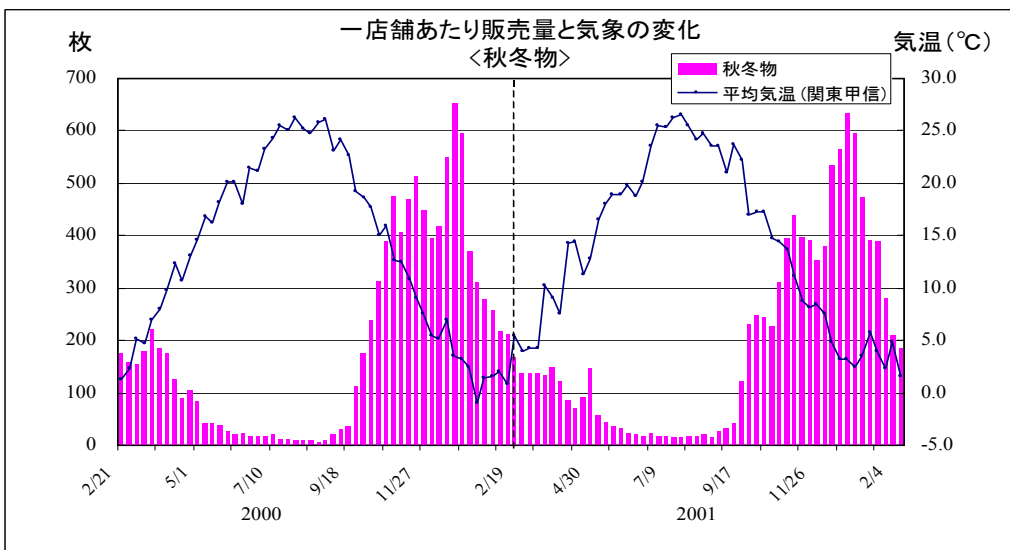
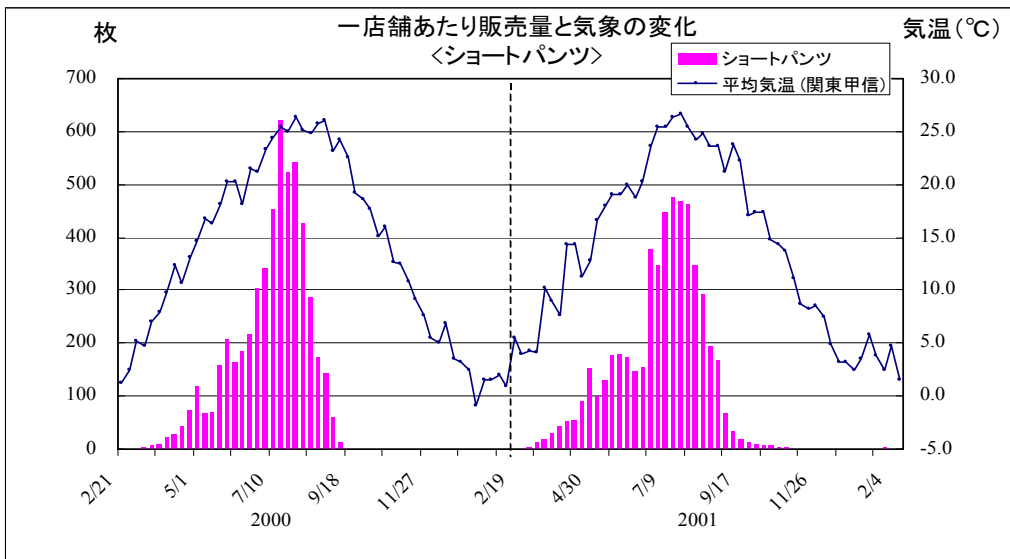
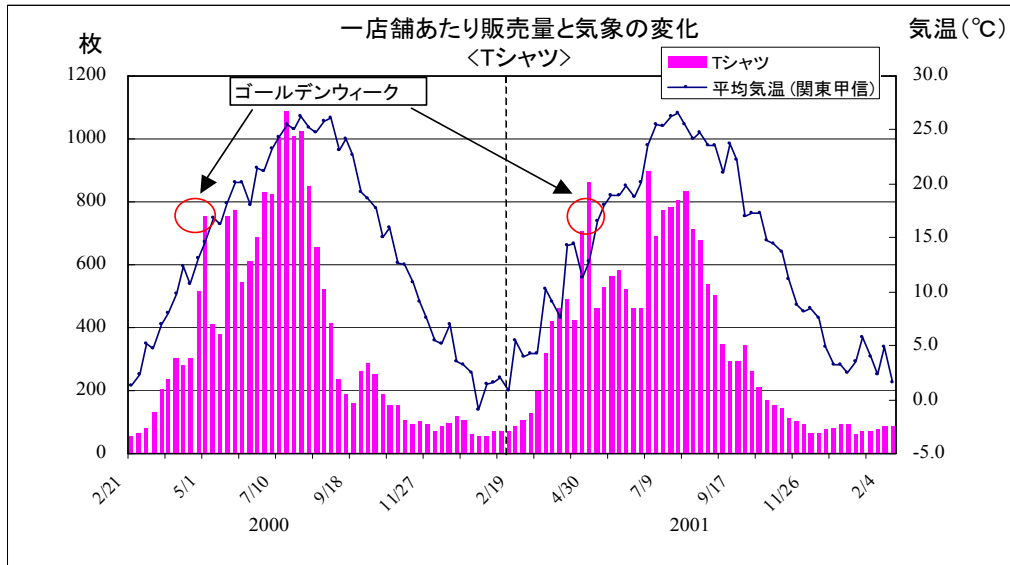
< 3 > 各品目の販売量の季節変化

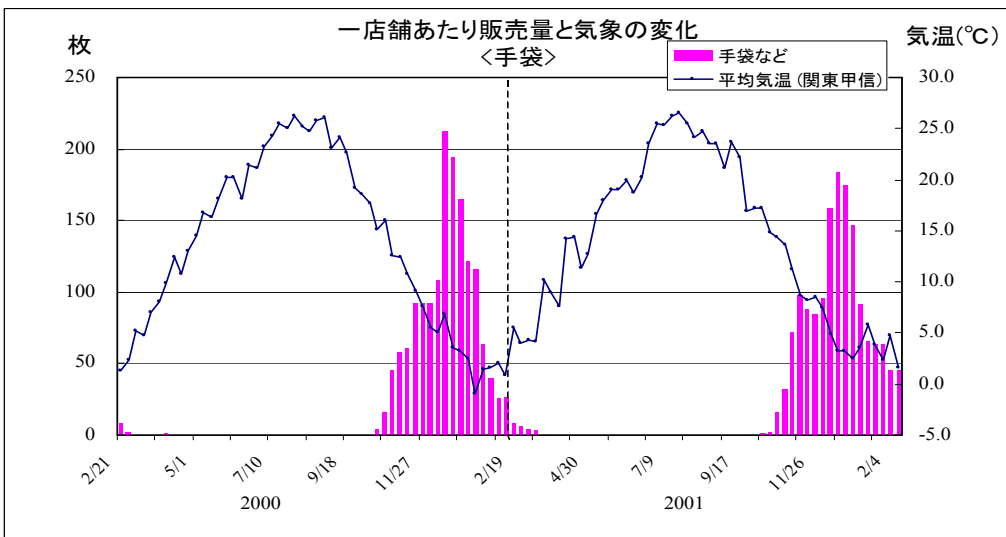
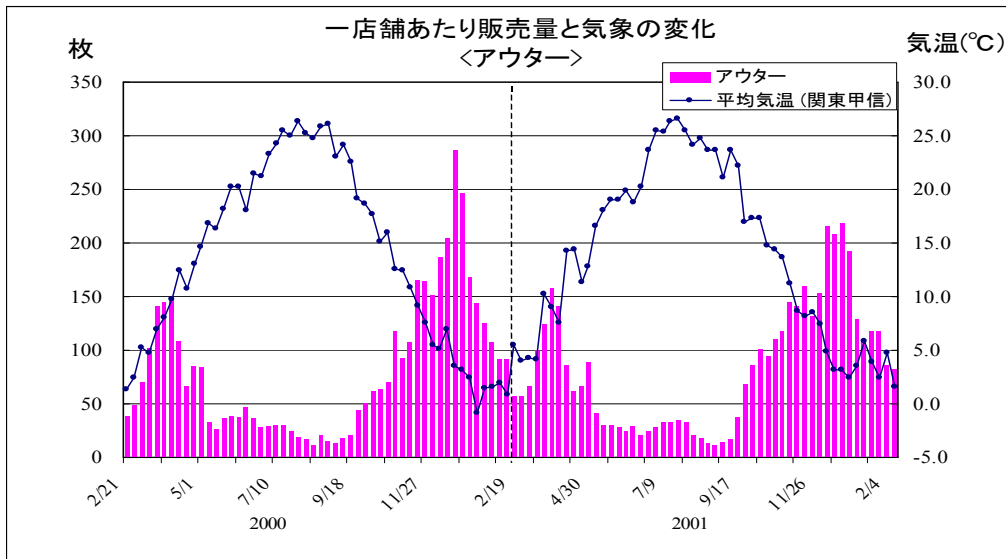
各品目の販売量の変化

各品目について販売量の変化を調べた。夏物であるショートパンツは、第 10 週(4月中旬)頃から販売量が伸びはじめ、概ね第 20～25 週(7月上旬～8月上旬)頃に販売量のピークを迎えている。その後の販売量の減少は増加時期に比べて速いが、これは売り場面積の縮小なども関連していると考えられる。また T シャツは第 1 週(2月中旬)頃から販売量が伸び始め、第 10～15 週(4月中旬～5月下旬)頃には一つのピークとなる。その後 1998 年や 2000 年などに見られるように、一旦売上は落ち込み、20～25 週頃(7月上旬～8月上旬)に 2 度目のピークとなる。一つめのピークは大型連休による売上増加、その後の落ち込みは梅雨の影響が考えられる。

¹³ 計算対象となる日の前後 4 日(計 9 日)を 1 セットにする移動平均値を 1 年分求め、当該作業を 3 回繰り返すこと。同作業を通じて、より平滑化した日別の平年値が計算される。

図 45 一店舗あたりの販売量と気象の変化





出所：（財）日本気象協会

秋冬物とアウターについては、第 31 週頃(9月中旬頃)から売上が伸びはじめて、第 40~45 週(11月中旬~12月中旬)頃にピークとなる。ただアウターについては、第 5 週(3月中旬)頃にもピークのある年が多いが、これは春先に向けて薄手のコートなどが売れるためであると考えられる。手袋類については、第 35 週(10月中旬)頃から売れはじめて、秋冬物と同様に第 40~45 週頃がピークになる。

解析期間の設定と販売量データの加工

各品目の販売量と週平均気温の変化を見てみると、ショートパンツでは、気温のピークと販売量のピークは比較的近い時期になっているが、販売量の減少は気温の低下よりも急激である。また秋冬物などに見られるように、気温のピークが来る前に販売

量はピークを迎えることも多い。

このように気象要素と販売量の関係は、時期を通して一定とは限らないため、両者の関係を調べるためには、時期を限定して行うのが適切である。今回は販売増加時期の気象と販売量の間を調査した。各品目ごとの解析対象期間は、販売量の変化などから表 14 のように設定した。

表 14 部門ごとの解析期間

	週	時期
ショートパンツ	第 1 ~ 25 週	2 月中 ~ 8 月上旬頃
Tシャツ	第 1 ~ 25 週	2 月中 ~ 8 月上旬頃
秋冬物	第 31 ~ 45 週	9 月中 ~ 12 月中旬頃
アウター	第 31 ~ 45 週	9 月中 ~ 12 月中旬頃
手袋	第 31 ~ 45 週	9 月中 ~ 12 月中旬頃

出所：（財）日本気象協会

また、販売量の変化には、気象だけではなく、社会情勢や流行、企業方針といった要素も影響しており、売上の経年変化を見るとこれらの要素の影響が無視できない程度に大きいことがわかる。しかしこのような要素は、売上と気象の関係を分析する際にはノイズとなるので、本調査では販売量データに以下の処理を行った。

まず店舗数の増減の影響を除くため、売上総数を 1 店舗あたりの販売量に換算した。次に、年間総販売量がどの年も同じになるように処理をし、経年変化を除いた。年間総売上数を y 、週間販売量を x 、すなわち $y = \sum x_j$ とした時に、

$$\bar{y} = \sum y_i / n$$

$$k_i = y_i / \bar{y}$$

と年毎の補正係数 k_i を求める。各品目ごとの補正係数を表 15 に示す。

表 15: 売上数量の補正係数

年	(単位 %)				
	ショートパンツ	Tシャツ	秋冬物	アウター	手袋
1998	107.9	106.0	107.5	118.0	104.9
1999	111.1	134.8	121.2	96.4	89.0
2000	98.9	100.7	96.9	89.2	108.8
2001	94.5	83.5	74.4	96.4	97.3
2002	87.6	↓	↓	↓	↓

出所：（財）日本気象協会

なお、2002 年度については、全ての週のデータがそろっていないので、ショートパンツを除いて 2001 年と同じ売上有ると仮定した。この係数を各週の売上数に適用して、補正された毎週の販売数量データ x'_j を算出する。

$$x'_j = (1/k_i)x_j$$

この x'_j を仮の販売数量データとして、気象要素との関連を分析した。

解析結果

以上のような設定の下で分析を行った結果、各品目の販売量は関東甲信地方の週平均気温との相関が高いことがわかった。また、週平均気温以外にも週の最高気温、最低気温との相関も高いことが確認された。それでは、これらを順番に説明する。

表 16 販売量と関東甲信地方の週平均気温

	ショートパンツ	Tシャツ	秋冬物	アウター	手袋
解析期間(週)	1~25	1~25	31~45	31~45	31~45
<時期>	2月中旬~8月上旬	2月中旬~8月上旬	9月中旬~12月中旬	9月中旬~12月中旬	10月中旬~12月中旬
サンプル数	125	100	60	60	60
回帰式次数	2	1	1	1	2
a	1.465				0.558
b	-22.526	37.125	-21.224	-8.951	-24.408
c	87.049	-46.358	604.200	241.790	263.160
	Y=aX ² +bX+c の係数				
決定係数 (R ²)	0.928	0.774	0.772	0.782	0.913
相関係数 (R)	0.963	0.880	0.879	0.884	0.956
標準誤差 (σ)	47.973	147.385	70.413	28.849	19.187
Y=0となるT		-1.249	28.468	27.013	
売上数の変換係数	87.6	83.5	74.4	96.4	97.3
(2001~2002)	2002年用の係数 n (=売上数を算出するには、n/100で補正)				
その他	T _{ave} >7.5 で有効				T _{ave} <19.28 で有効

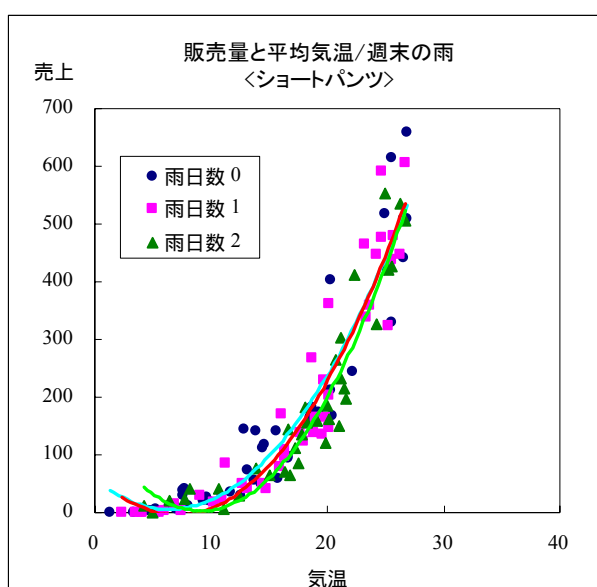
出所：(財)日本気象協会

まず、各品目の販売量と関東甲信地方の週平均気温との解析結果について、表 16 と図 47 に示す。ショートパンツと手袋類については、決定係数が 0.90 を上回っており、平均気温との関連が非常に高いことが確認できる。また、例えばショートパンツでは週平均気温が 7.5 を越えると売れ始めることがわかる。得られた回帰式から

求めた予測値の誤差も小さく、販売量を予測するために十分に利用できると思われる。Tシャツや秋冬物、アウターについても相関係数は 0.88 程度で、週平均気温が販売量に与える影響が大きいことが明らかである。

一方、図 46 はショートパンツの販売量と週平均気温の関係を、週末(金～日)の雨日数別に示したものである。ここでは関東甲信地方 20 官署平均で日降水量が 3mm 以上になった日を雨の降った日と定義した。図によると、雨日数が多い週は雨日数の少ない週に比べて売上がやや落ちる傾向がある。ただ個々の事例ではばらつきは大きく、図 46 からは必ずしも雨が降る=売上減とは言えないようである。

図 46 販売量と週平均気温/週末の雨（雨日数が売上に与える影響）



出所：（財）日本気象協会

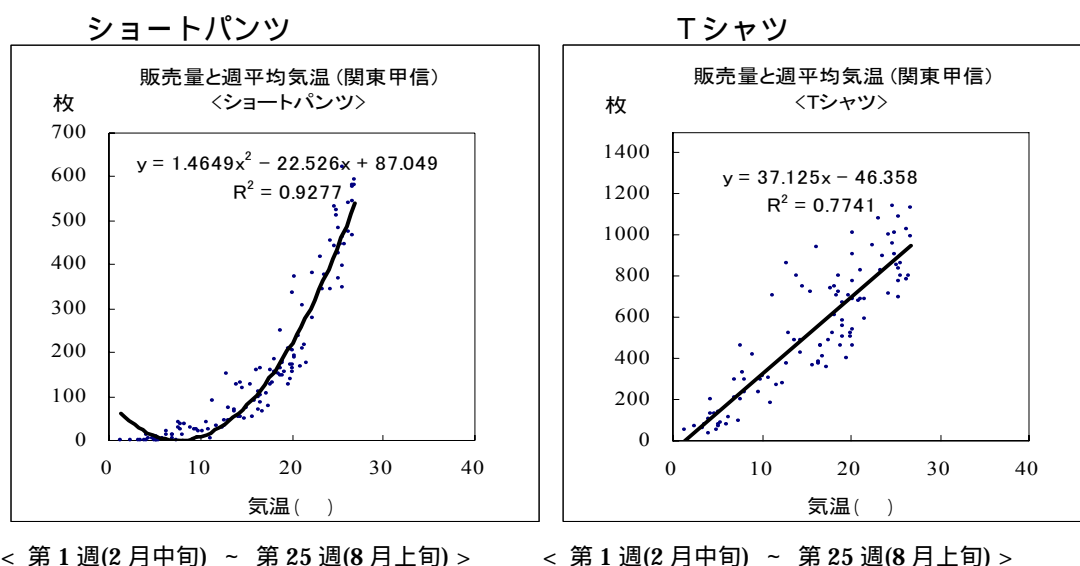
協力会社に対するヒアリングの結果では、雨が降ると販売量が落ちるとの指摘があった。これは、気象データを関東甲信地方の平均値としているので、降水の局地性が表現できていないこと、日降水量を利用したため、店舗の営業時間が考慮されていないことなどが原因であると思われる。ただ長期予報では、ある地点の日降水量を予測することは難しく、降水量データを詳細に分析してもオペレーションには利用しにくいといった問題が出てくる（巻末資料 2 参照）。そのため、本調査では販売数量と気温の関係に焦点を当てることとする。

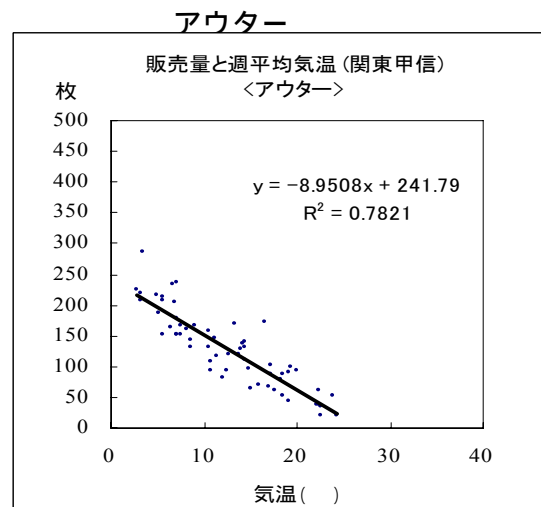
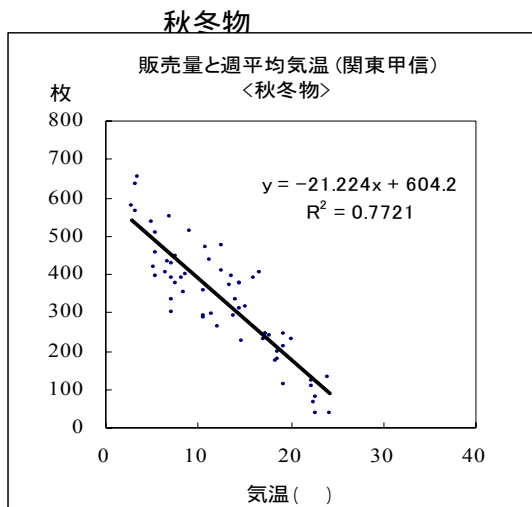
なお、週平均気温以外に、週平均最高気温や週平均最低気温、気温の前週差、降水量等についても、回帰分析を行って近似曲線(1 次式ないし 2 次式)を求めてみた(図

48)。その結果、以下のような関係が分析された。

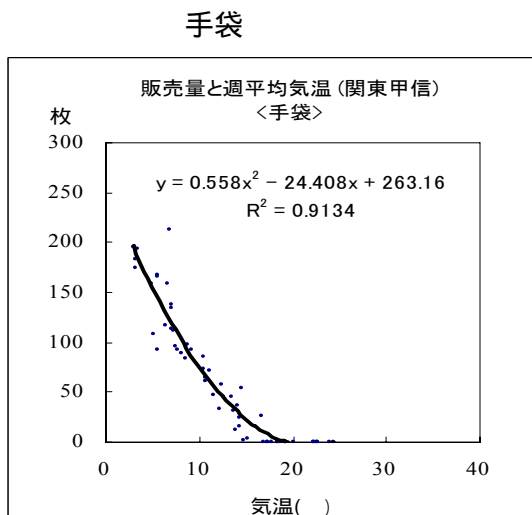
- 当該週の週平均気温に対して、前週の週平均気温や前週との週平均気温差を用いて販売量との関係を分析したが、当該週の平均気温と販売量の関連が強い。
- 週積算の降水量や週末の雨の日数と週の販売量の関係を分析すると、両者の関係は週平均気温の場合ほど高くない。この点については、協力会社が集計している販売量データが週単位であったことに対応して気象データも週単位に採用したことは先に説明したが、日別販売量データに対する日別降水量の分析ができれば何らかの関連性が抽出可能であったと考えられる。
- 週平均気温や週平均最高気温、週平均最低気温の3種類の気温において、どの要素が良い相関を示すかは、商品により若干異なるものの、概して週平均気温が高い相関を示している。例えば、ショートパンツでは、週平均最低気温が最も相関が高く、その次に週平均気温、週平均最高気温といった順番になっている。ただし、商品によって当該順位が極端に異なるわけではないことから、今回の解析では全品目同一要素に絞っても構わないと考えられる。したがって、今後の作業は週平均気温を説明変数に用いて行う。
- ショートパンツや手袋における販売量は上記3種類のいずれ気温とも相関が高い。その他の商品については、ショートパンツや手袋ほど相関は高くなく、分散も大きい。

図 47 各商品の販売量と週平均気温の関連





< 第 31 週(9月中旬) ~ 第 45 週(12月中旬) > < 第 31 週(9月中旬) ~ 第 45 週(12月中旬) >



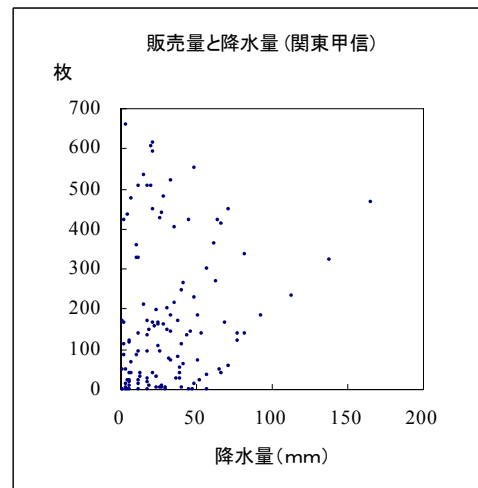
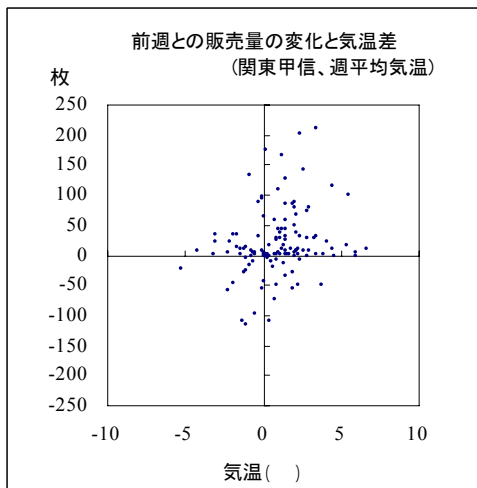
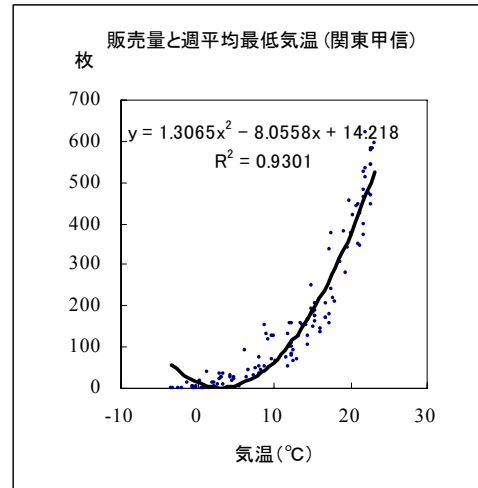
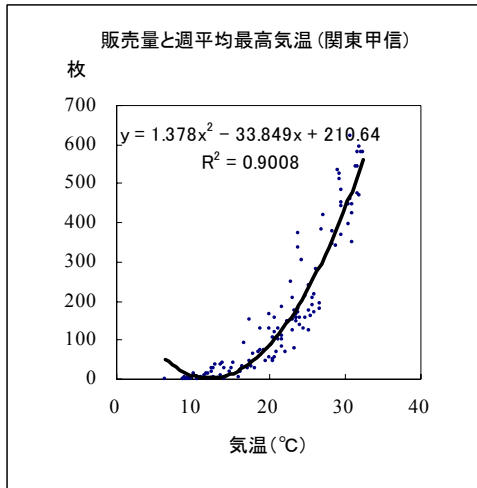
< 第 35 週(10月中旬) ~ 第 45 週(12月中旬) >

注) 販売量は 1 店舗あたり週間販売枚数。トレンドなどを除去したデータ。気温は、関東甲信地方の週平均気温を利用。

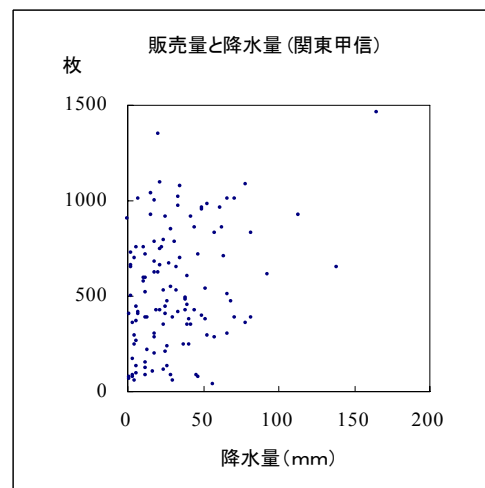
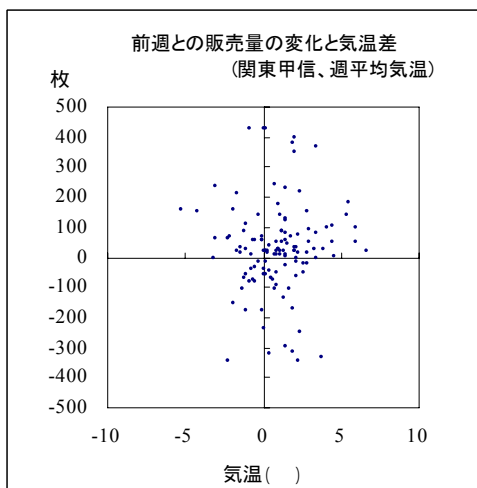
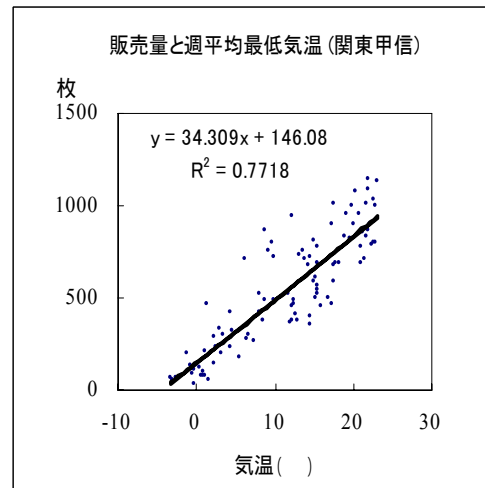
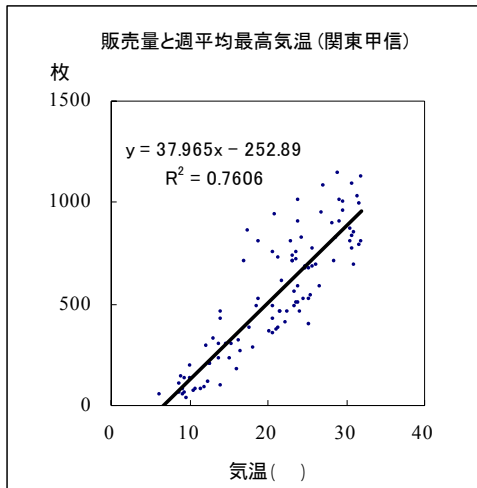
出所：(財)日本気象協会

図 48 各商品の販売量とその他気温・降水量の関連

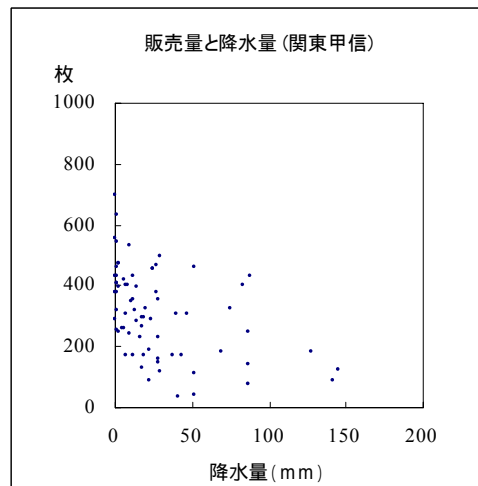
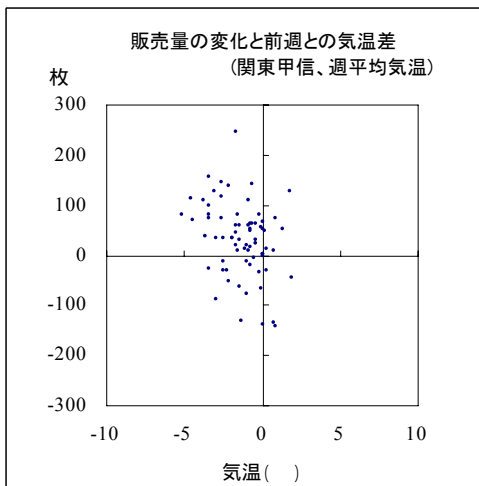
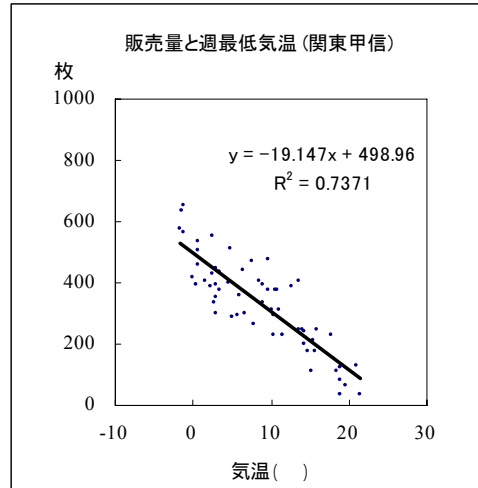
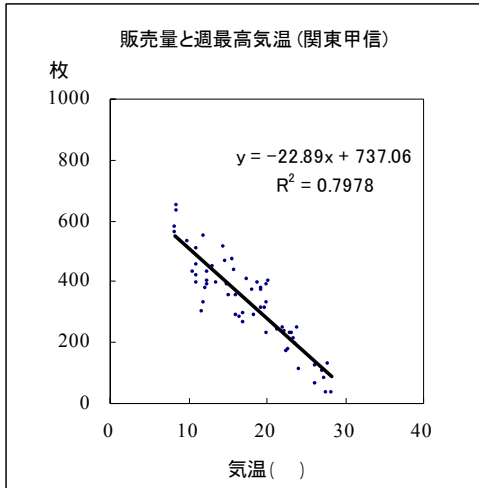
ショートパンツ



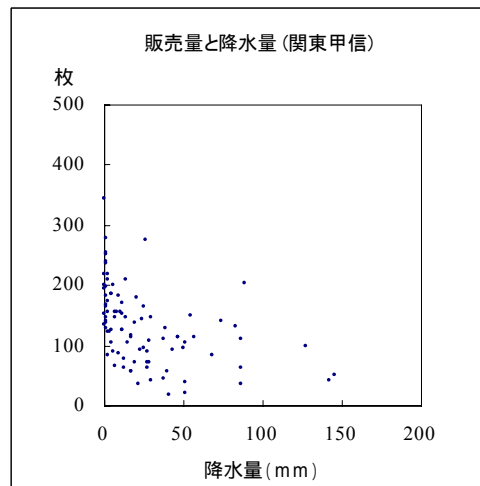
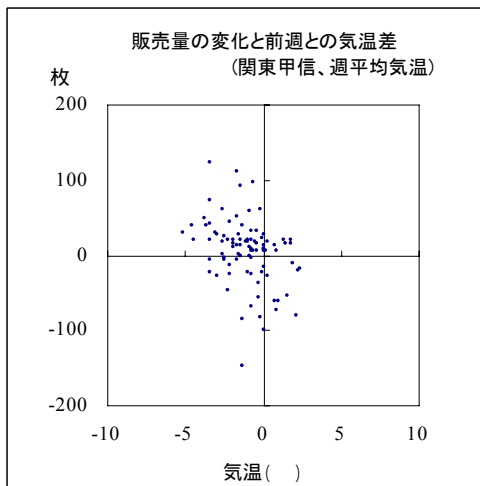
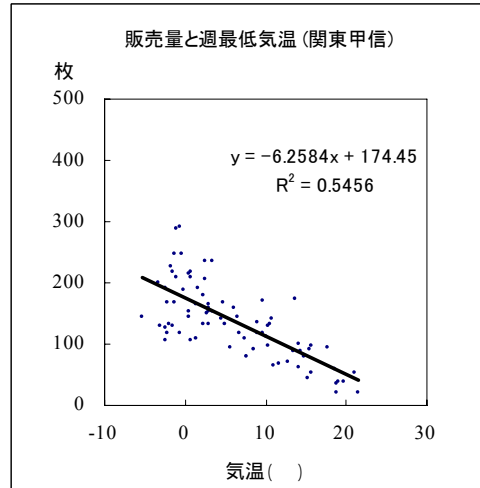
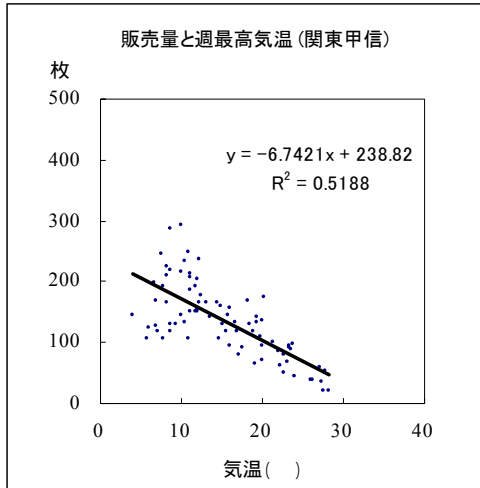
Tシャツ



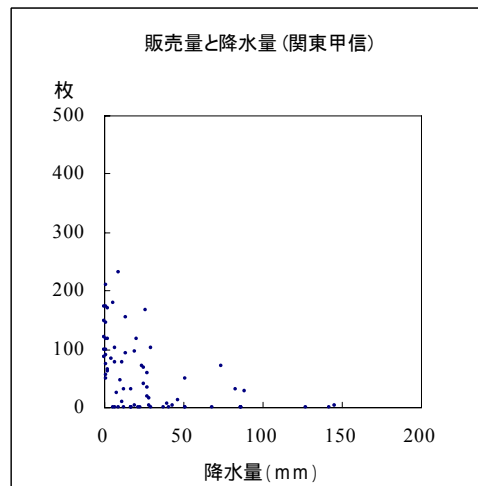
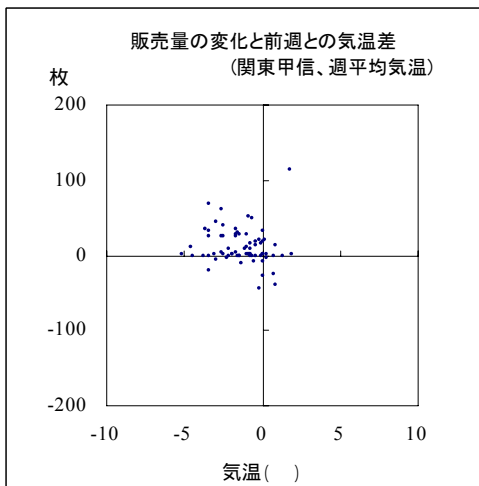
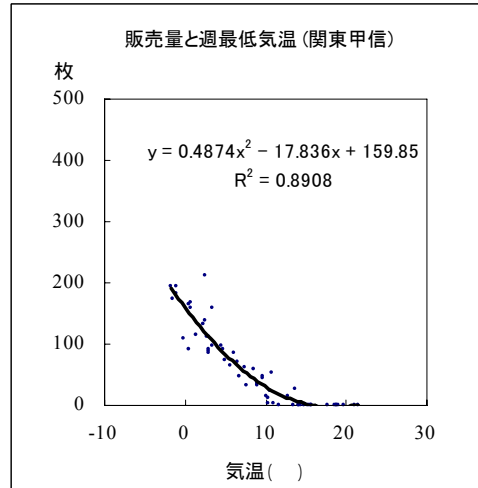
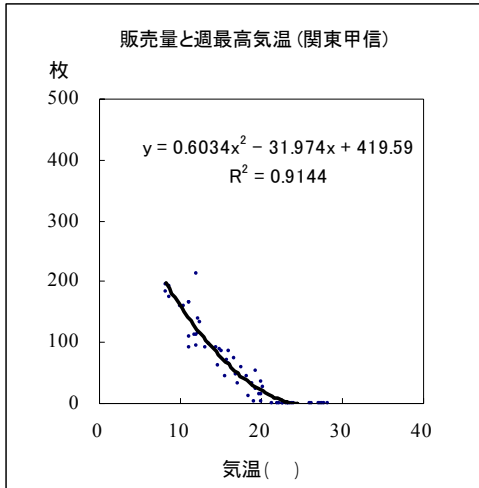
秋冬物



アウトター



手袋



出所：(財)日本気象協会

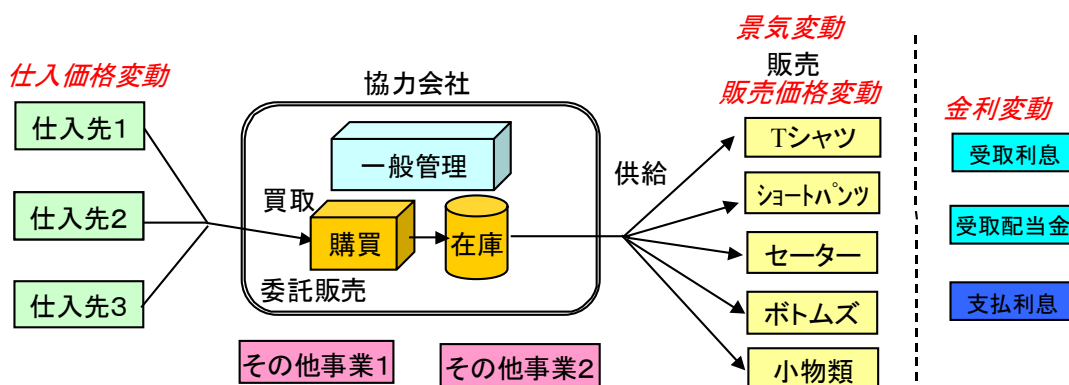
(4) 気象以外の要因の影響と定量的分析

協力会社の経常利益に影響を与える気象以外の要因に関する特定・モデル化を行う。

< 1 > 簡易モデル化

協力会社の営業活動は、衣料品の買取りと在庫管理、タイムリーな販売を短期間で運営することであった(図 49)。

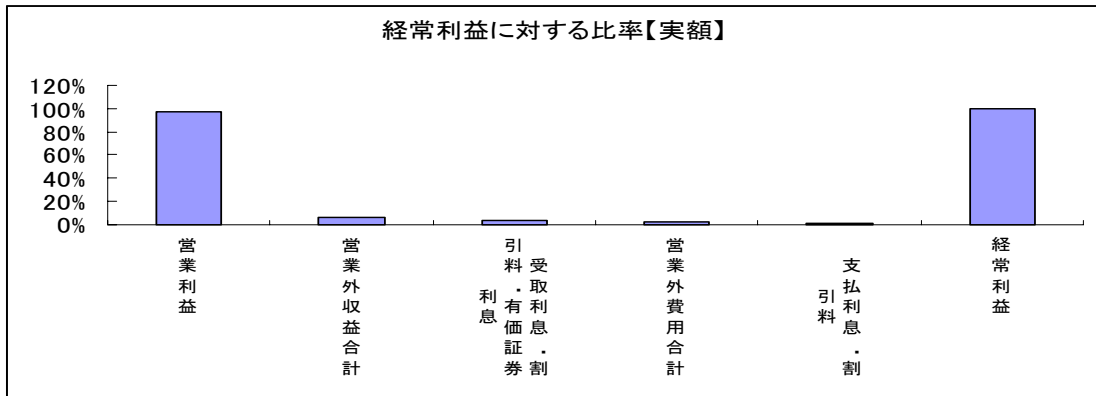
図 49 気象以外の要因の影響



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー(株)

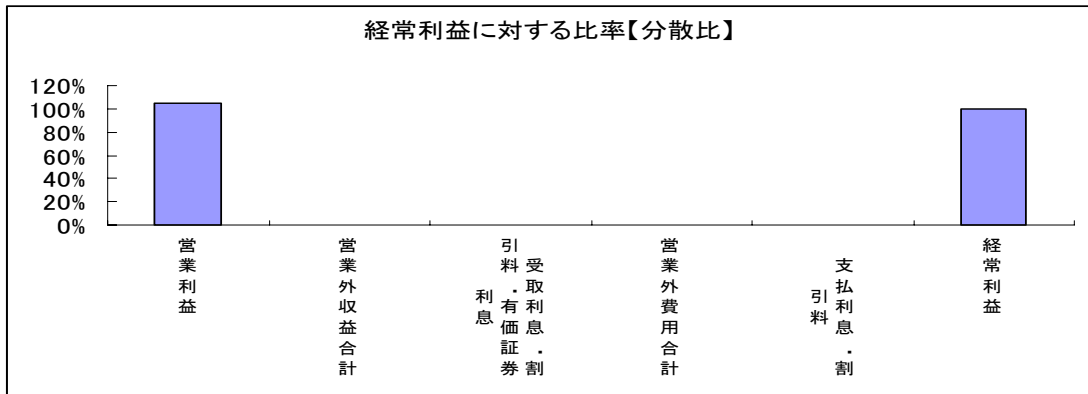
図 50 に経常利益に対する各収益項目の大きさを示しているが、図 51 では本業に対する営業利益の規模がそのまま経常利益に反映される状況が示されており、本業の成績が如何に重要かといった点が確認できる。協力会社に対するヒアリングによると、協力会社が扱う商品によって様々な仕入れ価格が設定されるものの、比較的短期に販売できるうちは、仕入れ価格の変動よりも販売価格の変動の方がリスク要因であるといった認識であった。そこで、販売価格が変動することを想定して、商品毎の粗利率(=売上総利益/売上高)が変動するモデルの採用を考えた。また、その他事業や営業外の活動も本業の大きさからすると相対的に小さな規模となっていたが、協力会社の潤沢な運営資金に対する金利変動要因については、モデルの中に組み込むこととした。

図 50 経常利益に対する実額の比率（営業外）



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

図 51 経常利益に対する分散比（営業外）



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

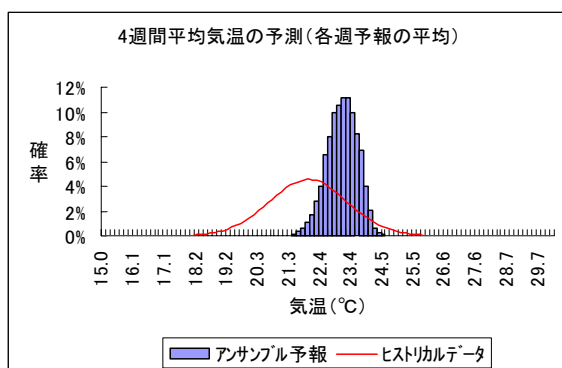
（ 5 ） アンサンプル予報を活用した将来予測

気象要因に影響を受ける各衣料品の販売量に対して、アンサンプル予報を活用した将来予測を行ってみる。計算に用いる気温と販売量の関係式は、先の解析結果で示された関係式を利用する。分析対象期間については、各商品の売上が伸びる立ち上げ時期を想定し、夏物のショートパンツとTシャツは 2002 年 6 月下旬、秋冬物は 2002 年 10 月下旬に設定した。そこで、この時期に遡って、1 か月のアンサンプル予報における毎週の予想平均気温を活用して 1 か月先までの毎週の各商品における販売量や月間経常利益等を試算するケースを考察する。

まず、2002 年 6 月のケースを対象に調査を始める。図 52 においては、同期間に対応したアンサンプル予報による気温分布を棒グラフで表し、過去 30 年間の気温分布を折れ線グラフで示している。この図によると、同期間に対応するヒストリカルな

気温分布に対して、暖かな気温の推移を予測していることがわかる。

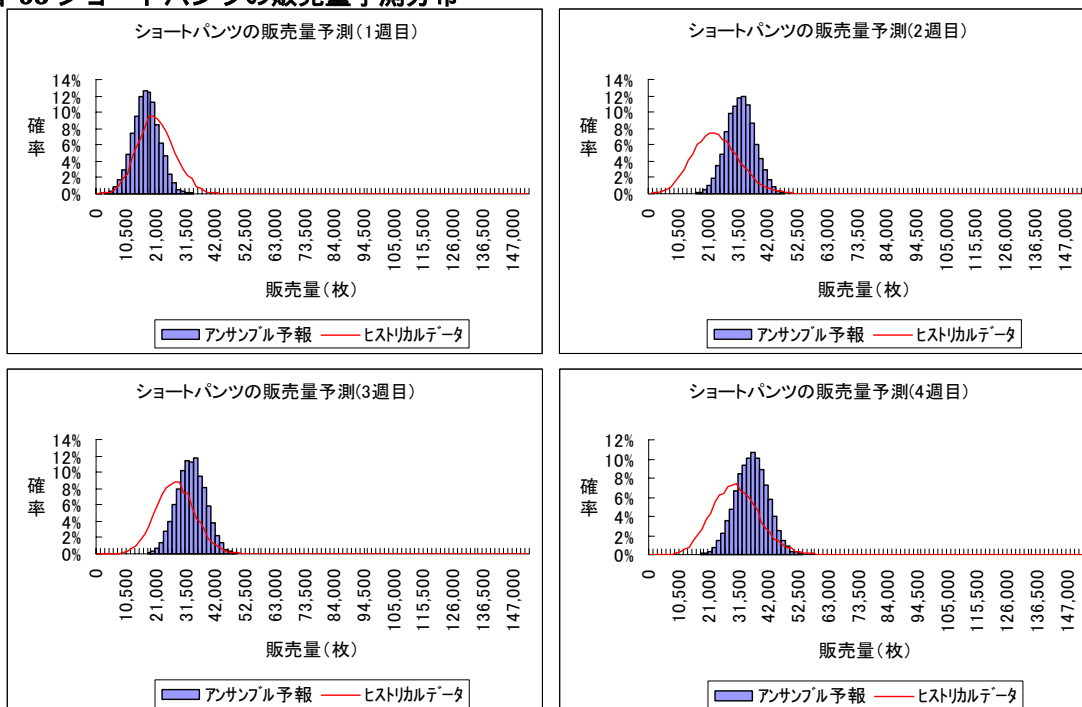
図 52 2002 年 6 月下旬における 1 週目から 4 週目までのアンサンブル予報の平均値



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

協力会社に対するヒアリングによると、過去3年の実績値を商品別に平均し、1か月先までの販売予測に利用していた。これに対して、アンサンブル予報を用いると1か月先までの週単位のショートパンツやTシャツの販売量が確率分布の形で予想されることになる(図53にはショートパンツの例を掲載)。これによると第2週目には販売量の上振れを予想していたことになる。

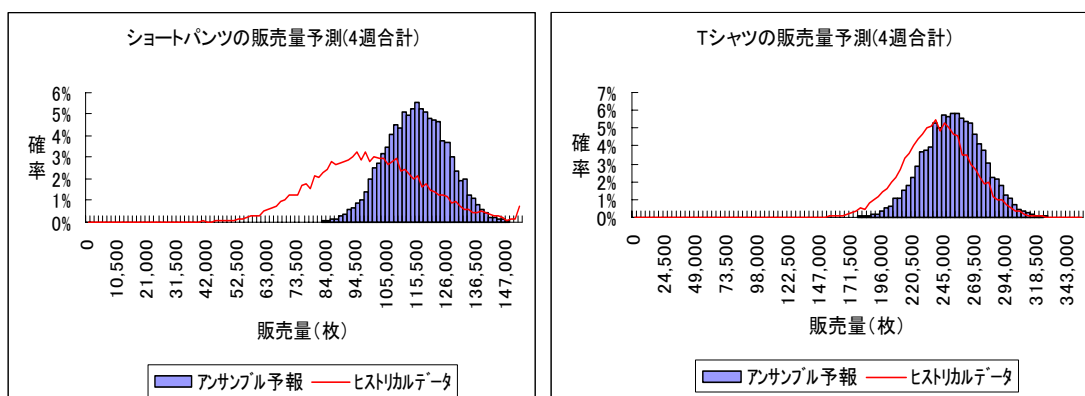
図 53 ショートパンツの販売量予測分布



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

因みに、ショートパンツとTシャツの4週間合計となる販売量予測のグラフは以下の通りとなった。

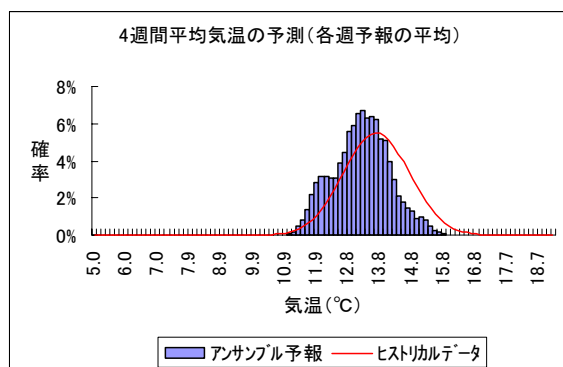
図 54 ショートパンツとTシャツの4週間合計となる販売量予測



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

次に、2002年10月のケースを考察する。図55においては、先に用いたグラフ同様、アンサンブル予報による気温の確率分布と過去30年の気温の確率分布を示している。この図を見る限り、同期間に対応するヒストリカルな気温分布に対して、低めの気温分布を予測していることがわかる。

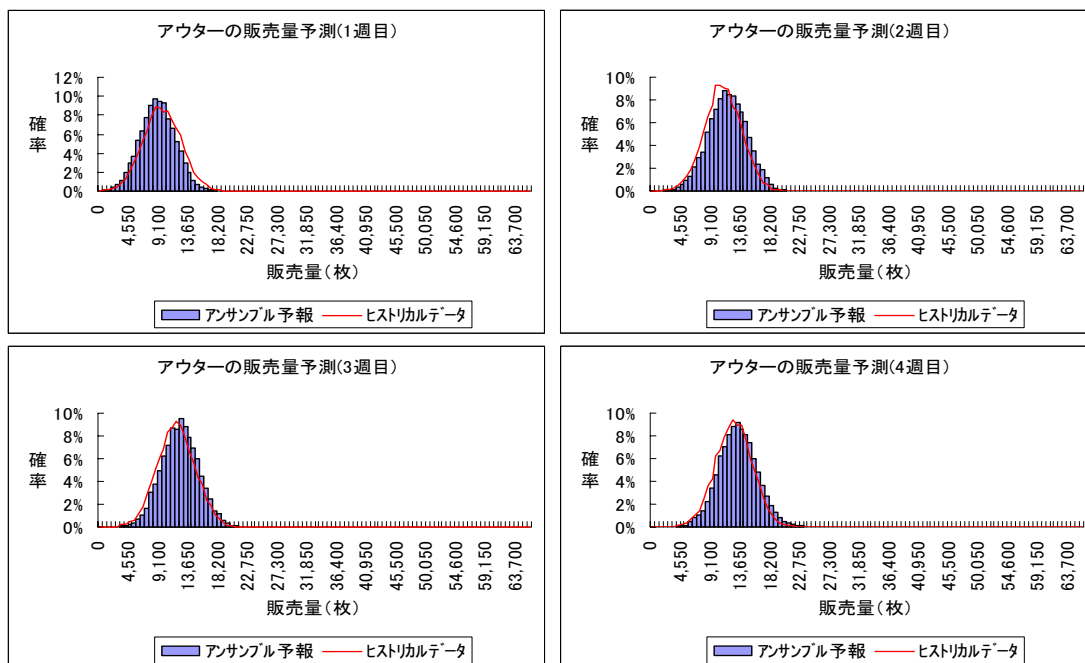
図 55 2002年10月下旬における1週目から4週目までのアンサンブル予報の平均値



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

この時期の場合、2002年の6月のケースほど明らかではないが、ヒストリカルなベースで予測した場合に比べて、当該アンサンブル予報を用いていた場合は高めの販売予測を立てていたことになろう。以下に、アウターを対象にした分析結果を示す。

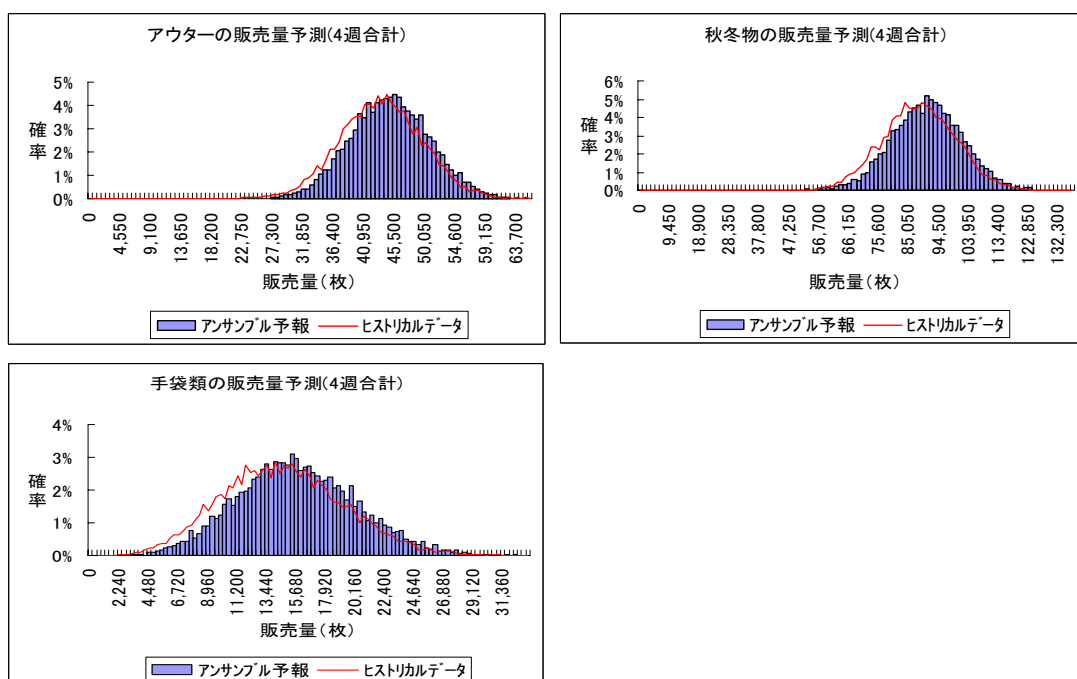
図 56 アウターの販売量予測分布



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

因みに、アウター、秋冬物、手袋の4週間合計となる販売量予測のグラフは図 57 の通りである。

図 57 アウター、秋冬物、手袋の4週間合計となる販売量予測



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

(6) E a Rを用いたリスク評価

アンサンプル予報を利用した、上記の販売量予測を用いて各商品の売上総利益並びに当該商品から想定されるこの時期の月間経常利益を算出する。計算の過程では、粗利益及び金利について、過去の実績を反映した変動性を与えてモデル化する。以下のようなステップで売上総利益並びに経常利益を計算し、次いで、E a Rによるリスク分析を行う。

< 1 > 損益計算書のモデル化

E a Rによるリスク分析を行うに際し、協力会社の損益の振れに影響を与えるリスクファクターを整理し、損益計算書のモデル化を行い、これを表 17 に示す。また、表中の式 A ~ B、及び定数の定義を表 18 に示す。このモデルに商品毎に各パラメーターを代入し、商品毎の販売量予想を計算し、平均単価を乗じ、集計する商品の4週合計値を求めることで、当該商品を対象とした4週合計の経常利益の分布を描くことができる。

表 17 損益計算書のモデル化

費目	集計	2001年度実績 単位：百万円	影響要因	定式化	番号
売上高		22,306	数量要因 粗利率要因	-	a
売上原価		12,971	数量要因	-	b
	売上総利益	9,334		式A、(a-b)	c
販売管理費		8,090		定数	d
	営業利益	1,244		c-d	e
受取利息他		40	金利要因	式B	f
支払利息他		1			g
その他		-19		定数	h
	営業外利益	20		f-g+h	i
	経常利益	1,264		e+i	j

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

表 18 式の定義

式	費目	式の定義																																																
式 A	売上総利益 (週あたり)	<p>週間売上数量 $= (\quad + 1 \times \text{週間平均気温}^2 + 2 \times \text{週間平均気温} + \quad)$ $\times \text{店舗数} \times \text{トレンド調整係数}$</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">夏</th> <th colspan="3">冬</th> </tr> <tr> <th>カテゴリ</th> <th>ショート パンツ</th> <th>Tシャツ</th> <th>秋冬物</th> <th>アウター</th> <th>手袋</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>87.049</td> <td>-46.358</td> <td>604.200</td> <td>241.790</td> <td>263.160</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1.465</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.558</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-22.526</td> <td>37.125</td> <td>-21.224</td> <td>-8.951</td> <td>-24.408</td> </tr> <tr> <td>の 標準偏差</td> <td>47.973</td> <td>147.385</td> <td>70.413</td> <td>28.849</td> <td>19.187</td> </tr> <tr> <td>トレンド調整</td> <td>87.6%</td> <td>83.5%</td> <td>74.4%</td> <td>96.4%</td> <td>97.3%</td> </tr> <tr> <td>店舗数</td> <td>93</td> <td>93</td> <td>93</td> <td>93</td> <td>93</td> </tr> </tbody> </table> <p>週間売上総利益 [円] $= (\text{単位売上高} - \text{単位売上原価} + \text{単位売上高の変動額})$ $\times \text{週間売上数量}$</p> <p>単位売上高の変動額 = 単位売上高 × 粗利率の変動幅</p>		夏		冬			カテゴリ	ショート パンツ	Tシャツ	秋冬物	アウター	手袋		87.049	-46.358	604.200	241.790	263.160	1	1.465	-	-	-	0.558	2	-22.526	37.125	-21.224	-8.951	-24.408	の 標準偏差	47.973	147.385	70.413	28.849	19.187	トレンド調整	87.6%	83.5%	74.4%	96.4%	97.3%	店舗数	93	93	93	93	93
	夏		冬																																															
カテゴリ	ショート パンツ	Tシャツ	秋冬物	アウター	手袋																																													
	87.049	-46.358	604.200	241.790	263.160																																													
1	1.465	-	-	-	0.558																																													
2	-22.526	37.125	-21.224	-8.951	-24.408																																													
の 標準偏差	47.973	147.385	70.413	28.849	19.187																																													
トレンド調整	87.6%	83.5%	74.4%	96.4%	97.3%																																													
店舗数	93	93	93	93	93																																													
式 B	受取利息 - 支払利息 (週あたり)	<p>「金利変動率」の標準偏差 = 月次標準偏差 (20.44%)</p> <p>利息変動額 $= (\text{週間受取利息} - \text{週間支払利息}) \times (e^{(\text{金利の変動率})} - 1)$</p> <p>週間利息 $= (\text{実績受取利息} - \text{実績支払利息})^{\text{注}} \times 7 \div 365 + \text{利息変動額}$</p> <p>商品別週間利息 $= \text{週間利息} \times \text{売上割合}$</p>																																																
定 数	販売管理費 他 (週あたり)	定数 (週間) = 各費目の昨年度実績値 × 7 ÷ 365 × 売上割合																																																
	売上割合	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">夏</th> <th colspan="3">冬</th> </tr> <tr> <th>カテゴリ</th> <th>ショート パンツ</th> <th>Tシャツ</th> <th>秋冬物</th> <th>アウター</th> <th>手袋</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>売上割合</td> <td>4.1%</td> <td>10.4%</td> <td>8.1%</td> <td>8.5%</td> <td>0.8%</td> </tr> </tbody> </table>		夏		冬			カテゴリ	ショート パンツ	Tシャツ	秋冬物	アウター	手袋	売上割合	4.1%	10.4%	8.1%	8.5%	0.8%																														
	夏		冬																																															
カテゴリ	ショート パンツ	Tシャツ	秋冬物	アウター	手袋																																													
売上割合	4.1%	10.4%	8.1%	8.5%	0.8%																																													

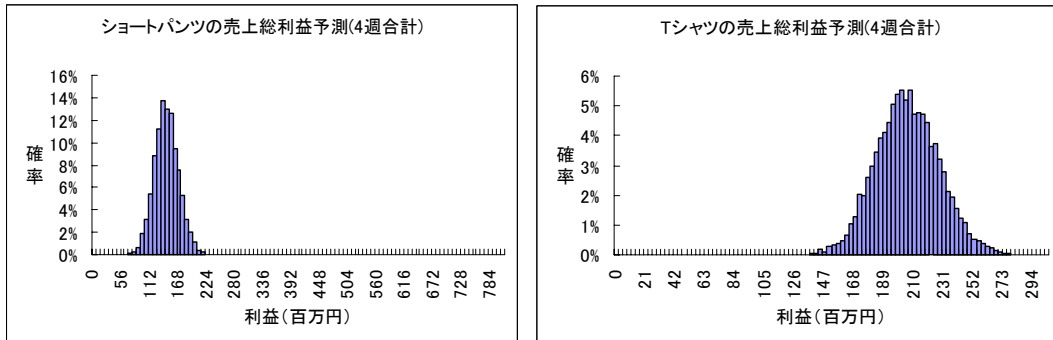
注) 本来、協力会社の計画値で算出するところ、本分析では公開データを使用する方針のため、前年度の実績値を使用した。

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

< 2 > E a R分析

以上のステップを通じて、2002年6月のショートパンツとTシャツを対象に以下のような売上総利益の予測分布が求められる。

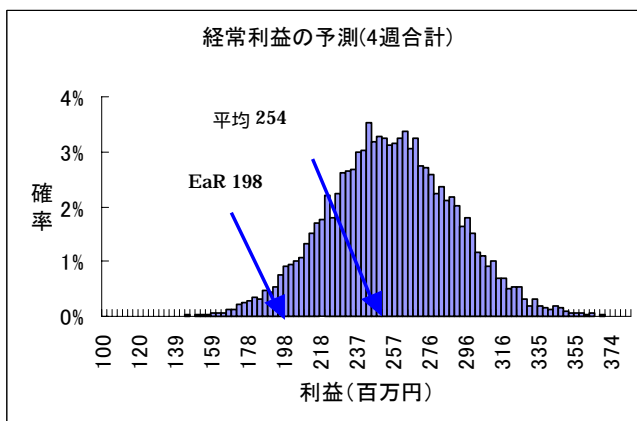
図 58 ショートパンツとTシャツの売上総利益の予測分布



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

両者の売上総利益を基に先に示した計算方法に沿って、7月の月間経常利益の予測分布を作成したのが図 59 である。このケースの場合、全体分布における平均値（期待値）は 254 百万円、95%点である E a R は 198 百万円となっている。

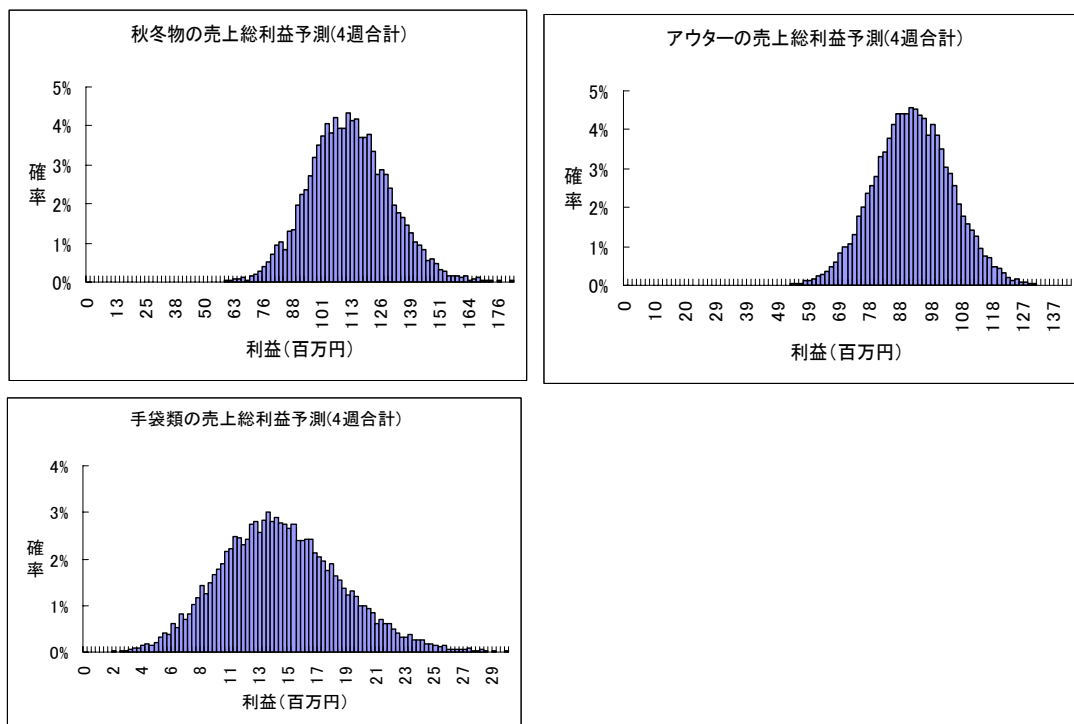
図 59 2002年7月の経常利益の予測分布



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

同様に、2002年10月のアウター、秋冬物、手袋を対象に売上総利益と経常利益のグラフを以下に示す。

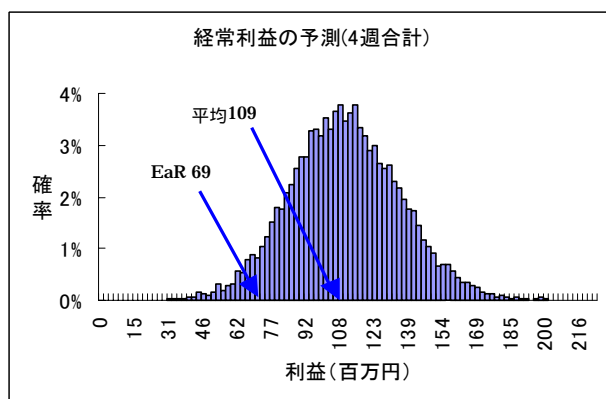
図 60 アウター、秋冬物、手袋の売上総利益の予測分布



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

先のケースと同様に、2002年11月の経常利益の予測分布を作成すると図61の通りとなる。この際の平均値（期待値）は、109百万円、EaRは、95%点で69百万円であった。

図 61 2002年11月の経常利益の予測分布



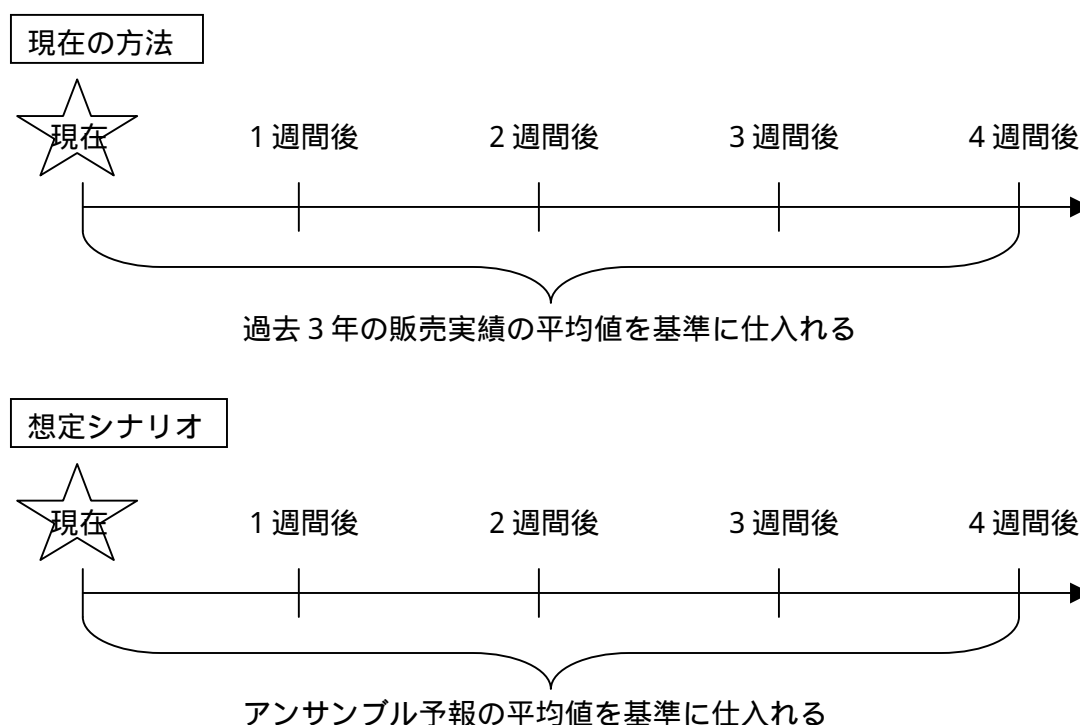
出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

(7) リスクを減少させる手法の検討 (オペレーション)

次に、アンサンプル予報を協力会社が活用するようになった場合にどのような可能性があるかを検討する。先に述べた通り、協力会社は、適正在庫管理を可能にする短期かつ機動的な仕入れ戦略が生命線であった。そこで、アンサンプル予報を当該戦略に適用する以下のような3つの選択肢のケースを想定してみたい。

- 選択肢 販売実績の平均値(過去3年)ベースの計画
- 選択肢 「アンサンプル予測販売量の平均値」に合わせて仕入れる戦略
- 選択肢 「アンサンプル予測販売量の最大値¹⁴」に合わせて仕入れる戦略

図 62 衣料品販売会社における在庫水準を決定する想定シナリオ



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー(株)

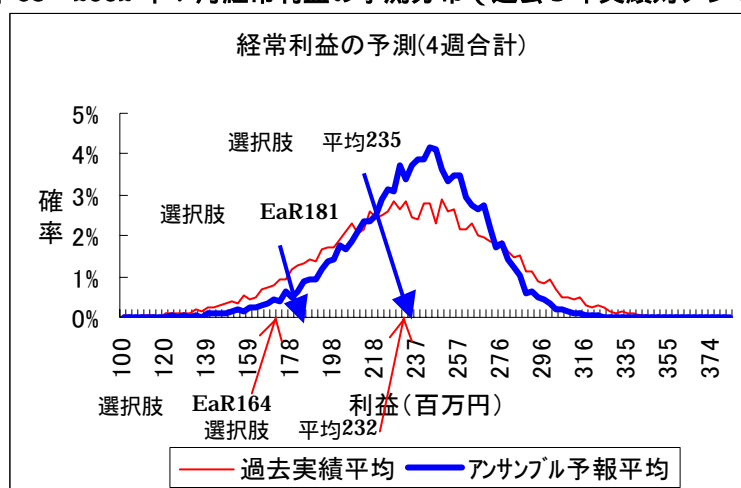
まず、協力会社は翌月の仕入れを計画する際に過去3年の当該期間における販売実績の平均値を求めて、その水準を確保すべく仕入れ計画を立てている(選択肢)。そこで、アンサンプル予報を導入する以前の状態として、2002年6月下旬から過去

¹⁴ ここでいう最大値は、アンサンプル予報に基づいた販売量予測を行った際に95%の確率で生じる販売量の最大値のこと。

3年の該当期間に対応するショートパンツとTシャツの販売実績に合わせて、仕入れ計画を立てるケースから検討する。また、アンサンプル予報に基づいて予測する販売量の平均値（期待値）を基準に仕入れ計画を立てるケースも想定する（選択肢 ）。その際に、協力会社は4週間の始めに一括して仕入れ、その後は仕入れないと仮定する。途中で在庫がゼロになれば、以後の売上はない。一方で、4週間後に在庫が残れば、仕入れの簿価に対して販売単価の20%に相当する評価減が発生するといった想定シナリオを設定する（図 62 参照）。

図 63 では、細い線が過去3年の該当期間における販売実績の平均値をもって、仕入れた場合の経常利益の予測分布である（選択肢 ）。同分布の平均値(期待値)は、232百万円で、95%点のE a Rは、164百万円である。この時に、仮にアンサンプル予報の平均値に合わせて4週目間にわたる仕入れを行ったと想定する（選択肢 ）。アンサンプル予報が予測する期待値をターゲットと認識して対象商品の販売を見込み、その水準に合わせた仕入れを行うといった手堅い戦略である。アンサンプル予報の確率分布通りに実際の気温が実現すると考える限り、仕込んだ在庫水準が期待される販売量となる。この場合は、元来アンサンプル予報が示唆する平均値(期待値)以上の商品販売の可能性を諦めることになることから、当該仕入れ戦略を考慮した新たな収益分布は図の太線が示すようになる。この時の分布は、分布の右側部分が左に移動している。全体的には、分布の幅が狭くなっている。同分布の平均値(期待値)は、235百万円とあまり変化がないものの、95%点のE a Rは181百万円に増加する。

図 63 2002年7月经常利益の予測分布（過去3年実績対アンサンプル平均の仕入れ）

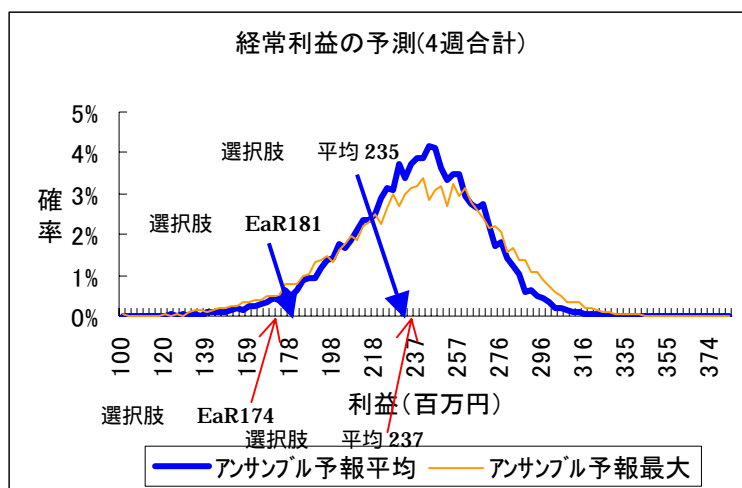


出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

一方で、アンサンプル予報に基づく販売数量の最大値を実現するような仕入れ量を確保すべく、在庫を積み増す戦略を採用したとする（選択肢 ）。この場合は、その

先1か月で気温上昇が見込まれてもせいぜいアンサンプルの上限値であると判断して、その可能性をビジネス機会として把握することができる。その一方で、気温が思うように上がらずにせっかくの商品が在庫として残るリスクを保有することになる。そこで、在庫として残った場合には、在庫を保有するコストが発生する、ないし商品の評価を見直すものと想定する。この事例では、例えば、販売単価の20%にあたる金額を売上原価に対するコストないし評価減として負担しなければならないシナリオを設定する。こういった想定の下に、新たな分布を作成したものが図64である。同分布の平均値(期待値)は237百万円とあまり変化がないのに対し、95%点のEaRは再び174百万円へ減少している。

図64 2002年7月経常利益の予測分布(アンサンプル平均対アンサンプル最大水準の仕入れ)



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

(8) リスクを減少させる手法の検討 (金融商品の活用)

先の事例において、気温が思いのほか下がった場合に備えて、新たに天候デリバティブを購入し、在庫保有から発生する損失リスクに一段の歯止めをかけることを考える(選択肢)。ここでは、28日間にわたる日平均気温に対する天候デリバティブを購入することにした。同デリバティブの取引条件は、表19の通りである。

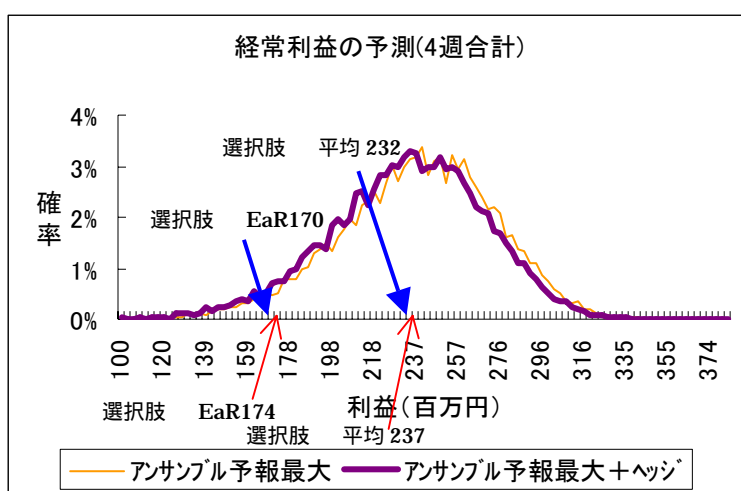
表19 天候デリバティブの内容

デリバティブタイプ "call" or "put"	想定元本 (円/℃)	月平均気温 ストライク(℃)	最大受取額 (円)	プレミアム (円)
put	1,000,000	21.04	50,000,000	4,840,000

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

アンサンブル予報で想定した当該期間の日平均気温は、分布の下限にあたる 95% 点で 22.11、上限 95% 点で 23.71 となっている（図 52 参照）。このため、上記の天候デリバティブは、ほとんど行使されない水準となっている。この場合の分布を作成したものが、図 65 である。同分布の平均値（期待値）はプレミアムの支払い金額分減少し 232 百万円となり、95% 点の E a R もその分スライドして 170 百万円に変化している。

図 65 2002 年 7 月経常利益の予測分布(アンサンブル最大水準の仕入れ対ヘッジ付)



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

そこで、過去 30 年の当該期間における最も低い値を調査してみたところ 1983 年の 19.6 であり、この気温が再現した場合のストレスシナリオ¹⁵を考えてみる。T シャツとショートパンツにおける先の関係式を用いて、当該期間の売上総利益と経常利益を計算すると表 20 の通りになり、経常利益は 118 百万円の水準まで落ち込むことが想定される。一方で、当時の対象期間における日平均気温が 19.61 であることから、先の天候デリバティブを行使することになり、35 百万円のデリバティブ収益が生じて経常利益が 153 百万円に回復することになる（図 66 参照）。このケースの場合、天候デリバティブは、アンサンブル予報を活用した際の保険的な商品として最悪時に備える性格のオペレーションと性格付けられる。

¹⁵ 自らの損益状況を事前に予測するために想定する、通常ではあまり考えられないような状況。

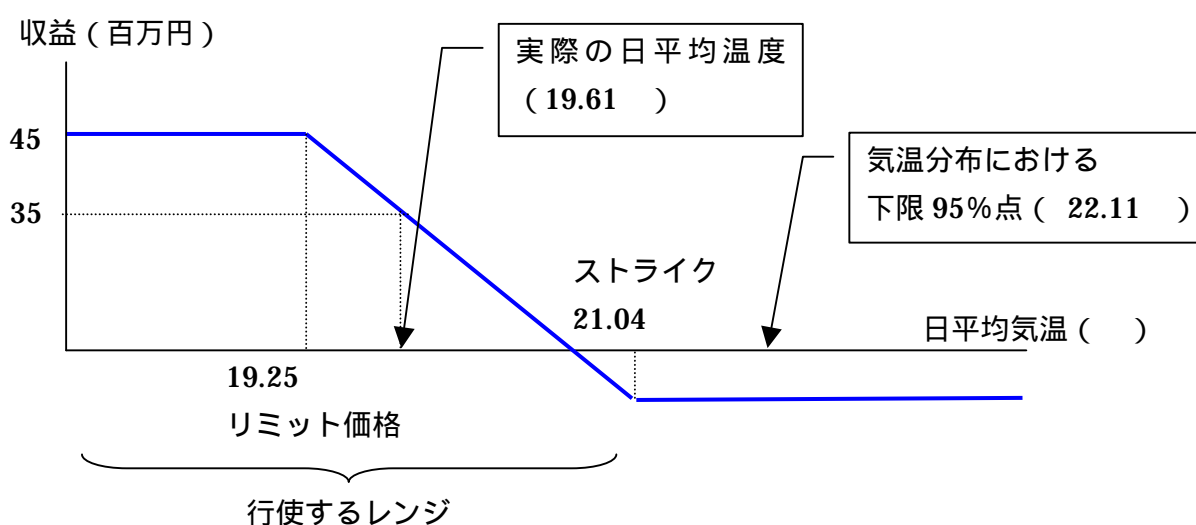
表 20 ストレスシナリオにおける経常利益等

(金額単位 百万円)

売上総利益	経常利益	日平均気温	デリバティブ損益 ¹⁶	行使後の経常利益
255	118	19.61	35	153

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

図 66 天候デリバティブの損益図



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

(9) アンサンブル予報活用の経済的効果

< 1 > 仕入れ戦略における事例の検討

先のエネルギー会社の場合は、アンサンブル予報を活用することにより、気温要因による将来のガス販売量や経常利益の変動を確率分布として定量的に把握し、E a Rとしてリスク量を評価できるケースを示した。衣料品販売会社の場合は、前節までに示したような仕入れ戦略や在庫管理における業務運営に利用する観点から経済効果の把握を試みる。

当該衣料品販売会社は、先にも述べたように、過去3年の当該期間における販売実績の平均値を販売計画や仕入れ戦略に今まで採用していた。アンサンブル予報を採用

¹⁶ 日平均気温に対するストライク価格の21.04 と実際の日平均気温にあたる19.61 との気温差に対して、対象期間の日数28日と1あたりの受取金額100万円を乗算して算出。表中の収益計算では、プレミアム支払額（約5百万円）の効果を考慮した。

することになれば、どのような選択肢がこういった収益状況をもたらすことになるかといった情報を確率分布の形で入手することができるようになる。経営や業務運営の選択肢が増加する中で、どのような戦略が選択されるかは、その企業（このケースでは当該衣料品販売会社）の選好の問題であり、自社が許容する、あるいは求めるリスクターンの水準によって選択される。そこで、前節までの選択肢を以下の通りに整理した上で、それぞれの選択肢における経済効果の差異を次のようにまとめることができる。

表 21 各選択肢における経常利益の確率分布に関する統計値の比較

選択肢 販売実績の平均値（過去3年）ベースの計画
 選択肢 「アンサンブル予測販売量の平均値」に合わせて仕入れる戦略
 選択肢 「アンサンブル予測販売量の最大値」に合わせて仕入れる戦略
 選択肢 天候デリバティブを組み込む戦略

（単位：百万円）

	選択肢	選択肢	-	選択肢	-	-
期待値	232	235	3	237	5	2
標準偏差	41	30	9	36	5	6
最大値 ¹⁷	297	281	16	292	5	11
95% E a R	164	181	17	174	10	7
	選択肢	選択肢	-	-		
期待値	232	232	0	5		
標準偏差	41	36	6	0		
最大値	297	287	10	5		
95% E a R	164	170	6	4		

出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー（株）

表 21 から、どのような効果があったか考察する。まず、選択肢 と の間では、期待値に差はないものの標準偏差が小さくなったことから、期待される経常利益が当該期待値の周辺に集まることになる。選択肢 の場合は、1標準偏差に相当する約70%の確率で経常利益が191～273百万円に収まることが期待されるが、選択肢 の場合は、同じ約70%の確率で205～265百万円の範囲に収まることが期待される。また、この変化に伴って、最大値は選択肢 の297百万円から選択肢 の281百万円に減少している。一方で、E a Rには95%と99%のケースがあるが、協力会社が短期の実務的な業務運営に注力していることを考えると、より実際に発生しやすい

¹⁷ 95%の確率における最大値。

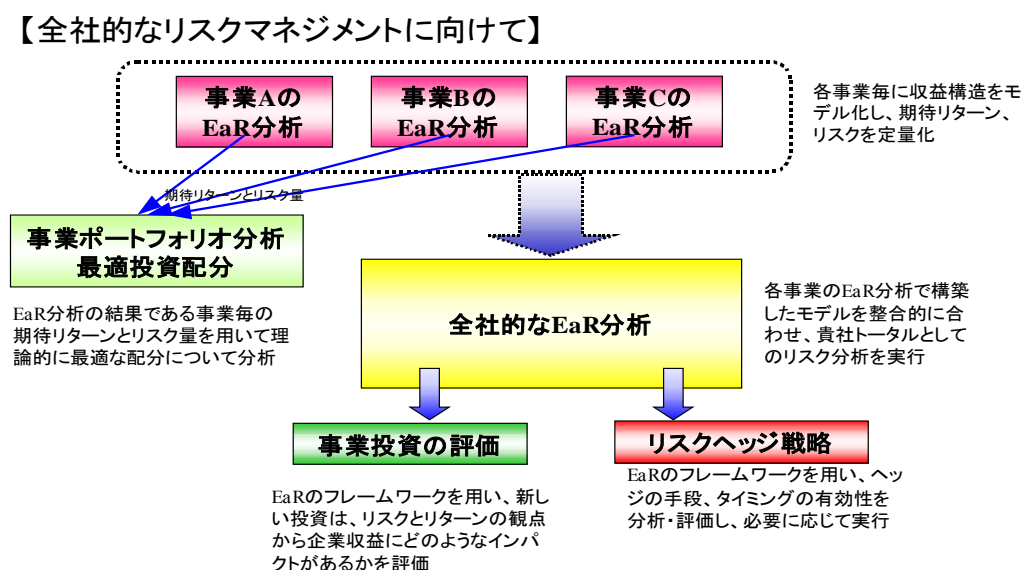
95%のE a R値を参考にした方が良いと思われる。その場合、E a Rの値は、選択肢の方が17百万円大きくなっている。これらの結果、総じて選択肢が手堅い経常利益を享受する姿になっている。また、このケースでは、従来の仕入れ戦略である選択肢に比べて、概ね10~20百万円の大きさを各統計値が変化している。協力会社の月間経常利益が2.5億円強、売上高が7億円強であることを考えると、協力会社におけるアンサンプル予報に基づく選択肢の経済的効果は、対経常利益比で4~8%程度、対売上高比で2~3%程度と考えられる。

同様に選択肢を選んだ場合を考察する。この場合最大値は、選択肢の297百万円及び選択肢の281百万円から292百万円に変化する。これは、アンサンプル予報が示すビジネス機会を最大限活用したいとする戦略を採る効果といえる。選択肢との比較で言えば、過去3年の実績が強めであったことを反映した販売戦略であれば、アンサンプル予報に基づいた本事例による選択肢との違いはあまり出てこないことになる。逆に、過去3年の実績が弱めであることを反映した販売戦略であれば、大きな違いを生むことになる。したがって、単に経験的に仕入れ水準を決定する場合に比べて、より戦略的判断材料として、アンサンプル予報を採用することになる。また、選択肢との比較で言えば、アンサンプル予報が示すビジネス機会を最大限活用したいとする戦略を採用した場合に、必ず最大値が大きくなる。この時の違いは11百万円となる。一方で、選択肢の場合は、経常利益の期待値が選択肢の232百万円や選択肢の235百万円から237百万円とあまり変化が見られないものの、分布全体が左側に流れることから選択肢と比べるとE a Rが181百万円から174百万円に減少している。したがって、11百万円強の収益を追及する一方で、思いのほか悪いシナリオが生じた際の損失7百万円の増加を受容れる戦略となっている。

< 2 > E a Rの展開可能性とアンサンプル予報の経済効果の確認に係る課題

今回の調査では、E a Rのフレームワークの中でアンサンプル予報の活用を考えた。企業におけるリスク管理や経営情報の充実を図る中で、異なるリスクに晒されながらも特定の期間において確率的に発生するキャッシュフローとしてビジネスを把握するE a Rの概念は、企業ビジネスのツールとして適用範囲が広く、今回のような確率情報であるアンサンプル予報を取り込むことが可能なアプローチである。E a Rを利用することのメリットを簡単に述べたものが図67になる。

図 67 E a R分析の将来性



出所：みずほ第一フィナンシャルテクノロジー(株)

まず、何らかの事業単位毎に収益構造をモデル化しE a Rとしてのリスク量を計測することができれば、リスクと期待収益との対比が可能となる。また、事業ごとのE a Rを全社的に展開することも考えられる。更に、企業の事業ポートフォリオに関してE a R分析の結果である事業毎の期待収益とリスク量を用いることで、理論的に最適な配分を考えることも可能となる。その他、事業投資の評価や本報告書でも展開したリスクヘッジ戦略の有効性評価や分析に適用することも可能である。

今回採用したE a Rの手法は、以上のような将来的展開可能性を兼ね備えるものであり、アンサンブル予報のような確率情報を取り込むことに適した概念であったと言える。しかしながら、個別のリスク要因がもたらす効果や影響を複数のリスクが統合されたE a R(例えば、全社的なE a R)の中で議論すると、互いにリスクを相殺し合う効果が大きい場合や特定のリスクで説明できない要因が大きい場合には、個々のリスク要因のみならず、ヘッジ効果やオペレーション効果が明確に示されないことになる。そこで、これらを明確に示したり、経済的効果を考えたりするためには、個別のリスクに焦点を当てたE a R計測の段階まで立ち返って分析する必要がある。

IV. アンサンブル予報の活用に係る課題と活用拡大のための提言

アンサンブル予報から得られる確率的な情報を天候リスクマネジメントに活用する際の課題と、当該情報の活用拡大のための提言等について、天候リスクを抱える企業、金融機関、行政、民間気象事業者等のそれぞれに関して述べる。

なお、本章については、本報告書の作成と並行して運営された第二回委員会における各委員（巻末資料1参照）のコメントや意見を参考に事務局が集約したものとなっている。

（1）天候リスクを抱える企業

まず、天候リスクを抱える企業がアンサンブル予報を入手して、本報告書で示された分析手法を採用しようと考えた際の課題について整理する。

一つ目の課題は、天候リスクを抱える企業が、自らの企業におけるリスク構造についてモデル化することを意識して、日頃から売上や販売量のデータを収集、整理、保存するといったことが挙げられる。まず、企業の収益を変化させる要因を特定化するためにどのようなデータをどのような細かさで抽出し整理するかといった課題を解決する必要がある。大きな分類でのみ商品の販売量データを収集しているとすれば、後になって細かな商品別分析を行おうと思っても困難な場合が多い。また、集計する期間の取り方も後々になって分析の柔軟性を制限する可能性がある。更に、収集する分類や商品構成がある時変更された場合にはデータの継続性を保つことが必要になり、何らかの工夫を施さねばならない。データの蓄積の仕方においても、紙ベースから電子データに移行しておく必要がある。将来における分析の柔軟性を担保しておきたいのであれば、簡単なデータベース化も必要であろう。多くの企業において、このようなデータの収集、整理、保存する努力が必要であることは現実的な課題である。

二つ目の課題として、自社の事業構造についてモデル化を行うことの困難さがある。事業構造のモデル化を行うには、まずリスク要因の抽出と、その中から定量化可能なリスク要因の特定を図る必要がある。その上で、影響度の大きいリスク要因、つまり定量化する意味があるリスク要因を更に特定し、それらを定式化していく必要がある。つまり、何をどういった形でモデルに組み込んでいけば期待していたような企業活動に関する情報（本報告書では、関心ある期間における経常利益の予測分布）が得られるかを念頭におきながら、モデル化の対象となるリスク要因を決めていかねばならないといった難しさがある。そういう意味で、最初にリスク要因を抽出・選定しながら、結果についても展望しておく必要があるといった作業になる。せっかく作業を進めても思った結果にならないことが、往々にしてあり得る。したがって、定量化する意味

があるリスク要因について、事前によく検討しておくことが重要になる。また、企業活動に対する影響度が大きくても定量化に馴染まないリスク要因も多々あるといった課題もモデル化には必ず伴うテーマである。例えば、販売量に与える影響は、気象要因だけに限ったものではなく、セールスの開催や売り場面積の増減、ファッションの推移や有名人による衣服の着用などの要因が内在しているが、これらの要因については定量化することも定量的に除去することも困難である。更に、分析対象の企業によっては、所属する業種や業界によって価格や取引量の設定に関する制度やルールが存在する¹⁸。したがって、場合によっては、このような制度やルールまで考えた事業構造のモデル化が必要になる。

三つ目の課題は、定量化する際に最も重要なテーマである、気象要因（本報告書では、気温）と企業の経済活動（本報告書では、販売量）との良好な関係式の導出である。一つ目の課題にあるように、仮に定量化するリスク要因を特定したとしても、気象要因と企業活動との関連性について良好な関係式を得ることが難しい場合がある。両者の間に本来的な関連性があったとしても、取扱うデータに適切な処理や加工がなされなければ、本来的な姿が抽出されない場合がある。つまり、算出された関係式において、ある程度の説明力と小さな誤差を得るためには、企業活動に関するデータや気象に関するデータについて、実態に即した加工を行う必要が生じる。あるいは、そういったデータの加工を経て初めて、気象要因と企業活動の関係の強さが確認できることになる。例えば、企業活動の捕捉に適した分析期間の特定とそれに見合った気象データの抽出や対応が求められる。企業の求めるデータの期間が、週次や月次であったり、企業の意思決定や活動に必要なリードタイムであったり、また企業が要する特定の時期から始まる期間であったりといった多様なニーズに応じて、柔軟な気象データの抽出が必要になる。また、分析の目的にあったデータ加工として、経年トレンドの除去や例えば、1メータあたりの使用量への変換、ガス消費日数の調整、店舗数増減の調整等といった対応が求められる。これらの分析の結果として良好な関係式が得られると、最終的な企業における経常利益の予測分布が実際的なものとなり、より経営判断やリスク管理に利用されやすい姿になる。

四つ目の課題は、三つ目の課題にも関連するが、そもそもどのような期間や地域を対象に分析することが、期待される結果や利用目的に合致することになるかをよく考えて分析する必要があるという点である。アンサンブル予報の活用を前提に企業活動における天候リスクを評価するためには、企業活動を示す指数 Y と Y の変動に影響する気象要素 X との関連を分析することになる。より良い関係式を導くためにはでき

¹⁸ 例として、本報告書ではエネルギー会社における原料費調整制度がある。

るだけ長期間かつ多種に渡るデータについて分析を行わなければならない。しかしながら、多種にわたる気象データと企業活動を示す指数 Y との関係を調べる際には、幾つか注意すべき点がある。その中で、主な点は次の2点と考えられる。

1. 企業活動の時間・空間的な広がり、気象データの時間・空間スケールができるだけ一致していること。
2. アンサンブル予報の予測できる気象要素や時間・空間的なスケールを認識すること。

1については、両者の時空間スケールが近ければ、より良好な関係を導くことができると考えられる。本報告書では、エネルギー会社の場合、3か月ごとの月次平均気温とガス販売量の関係式を利用して、冬期や夏期における3か月の経常利益の予測分布を取り扱った。衣料品販売会社の場合は、商品の販売が伸長する時期を含む解析期間を商品毎に特定し、その期間中の1か月を定めて経常利益の予測分布を作成した。前者は、季節ごとの経常利益の予測分布を導出し、天候リスクやリスク管理手法を考察することが目的であったためであり、後者は商品の立ち上がり時期の仕入れ・販売戦略への適用可能性を検討することが目的であったからである。したがって、アンサンブル予報を利用するにあたっては、どのような目的に利用するのかを念頭におきながら、より好ましい分析期間を設定する必要がある。その意味で、エネルギー会社の場合は、季節ごとにガス販売の性格が変化することを意識して、3か月単位の季節に区切った関係式の導出を行い、それに基づいた冬期や夏期の経常利益の予測分布を行った¹⁹。

また、本報告書では、気象庁の気温ガイダンスデータを利用した。ガイダンスデータとは、格子点値と気象要素の重回帰式を作成し、格子点値から地域の値を求めたものである。例えば、気象庁の1ヶ月予報では、全国を18地域に分けてそれぞれの地域について回帰式を作成し、地域ごとのガイダンス値が提供されている。対象企業の営業エリアが、この気温ガイダンスデータの提供地域と同様な地域であれば、気象庁の提供するガイダンス値を利用可能である。しかしながら、当該地域と異なる営業エリアであれば、アンサンブル予報の格子点値から特定地域の気象要素の関係式を直接求めたり（巻末資料3参照）、既往のガイダンス値を営業規模に応じてウェイト付けする等の変換を行ったりする必要がある。

2については、たとえ理想的な X を見出せたとしても、その関係を適用しようと

¹⁹ 事務局としては、1年間にわたる関係式の導出も試みているが、本報告書には季節の節目を意識した3か月ごとの関係式を採用している。

した際に気象データが実際に利用可能でなければ実務上意味がないことになる。例えば、ある店舗における商品の一日の販売量 Y とある地点の日降水量 X の関係はわかっているものの向こう1か月の販売量予測に長期予報を利用しようとしても、長期予報では特定地点の日別降水量について精度よく予測することは難しい。そのため、特定地点の日降水量と販売量の関係が詳しく分析できても、実際のところ精度の良い販売量予測は難しいことになる。このように、利用目的を描く際には、そもそもアンサンプル予報の予測対象としている気象要素や気象技術、時間的・空間的スケール上の制約から、必ずしも、企業の希望する利用目的やニーズに応えられない可能性があるといった点についても認識しておく必要がある。

以上のように、報告書で示した作業を実際に企業が運営するにあたって想定される課題を整理したが、この他にも各委員の間から幾つかの具体的課題が示された。

例えば、特定の食料品（例：調理麺）における季節感と売上の関係についての事例である。当該食料品の場合は、1月と3月で同じような日中最高気温が示されても、人々の心理的要因が働いて3月の売上のほうがかなり伸びるというものである。単なる気温と販売量の関係に止まらず、人々の季節感も関係してくるため、例えば、日照時間といった他の気象要因との関連性についても分析する必要があるといった認識であった。

また、飲料等の商品では売れ筋の推移が激しく、ライフサイクルが短い。したがって、昨年用いた分析モデルが今年では使えない、あるいは、適切なデータが不足しているため新たな分析ができないといった現状も報告された。

それでは、これらの課題を解決しながら、アンサンプル予報に関する企業の活用可能性を検討する。本報告書においては、在庫水準の調整や仕入れ・販売戦略に対する適用可能性、並びに天候デリバティブ導入における利用可能性について、2つの実証的事例を通じて示した。

エネルギー会社である協力会社からは、長期のLNG購入契約とは別に短期の調達が必要になったり、配船稼働率の調整も可能になったりすれば、将来的な可能性としてアンサンプル予報の利用価値が拡大するといった意見を頂いた。また、アンサンプル予報に基づいて最大利益や最小利益を意識して仕入れのオペレーションを行うというよりも、まずは過去実績と比較しつつ平均値の水準を見ながら仕入れ量を考えるところから始まるのではないかといったコメントも頂いた。更には、その他の委員から、寒い冬が予想されるのであれば、灯油が多く抽出される油種の原油を予測される

分布の発生情報に応じて早めにかつ多めに調達することができるといった意見も頂いた。

これ以外にも、アンサンプル予報による確率分布の利用可能性を考えると、電力等の他のエネルギーにおける需要予測やイベントやテーマパーク、百貨店等における来客予想、衣料品や飲料品をはじめとした各種季節性商品、例えば化粧品や生鮮食品、花卉、医薬品（かぜ薬、花粉症薬）、家電製品（エアコン、扇風機、温風ヒーター、コタツ、加湿・除湿器）等における地域別の商品販売戦略などが挙げられる。その他にも、広く季節性商品に係る販促活動やコマーシャル、在庫処分セールsの投入戦略、強いては販売要員の確保や人員配置、売り場面積の確保・見直し等といった営業費用等のコスト管理面についても活用可能と考えられ、いずれも確率分布として将来見通しを立てることになる。

また、E a R分析の枠組みにアンサンプル予報が取り込まれる効果を勘案すると、天候に左右される事業やその他の事業から構成される事業ポートフォリオの分析や、事業投資判断に資するリスクリターン分析、同分析に基づく事業投資の事前・事後評価といった利用例を描くこともできる。更に、事業単位にリスクの評価や分析を行う観点をより広範に適用すれば、企業が販売する商品構成の評価や見直し、商品毎の販売時期・タイミングの事前評価、商品展開を図る複数地域を対象にした事前の地域的収益性評価や事後的な販売戦略の評価及びモニタリング等にも応用可能と考えられる。

（２）天候リスクマネジメントに係る金融機関

現行の天候デリバティブは、気温等のヒストリカルデータに基づきながら市場動向を反映した価格で取引が行われている。そこで、アンサンプル予報においてヒストリカルなデータと大きく異なる気温分布が予想された場合を考えてみる。本報告書にあるようにアンサンプル予報に基づいて予測される経常利益の毀損を天候デリバティブでカバーしようとする場合、天候デリバティブでカバーする経済的効果に実質的な相違が生じ得ると考えられる。例えば、ヒストリカルの分布に較べて、アンサンプル予報の分布が、高い確率で夏期に低温になると予想した場合、アンサンプル予報に基づく経常利益分布の下限をヘッジするために、相対的に割安感のある天候デリバティブをヘッジ・ツールとして使用することは有効である。こういったケースが生じる場合には、アンサンプル予報による確率分布の精度に対する信頼がどの程度存在するかによって人々の対応が変わってくるものと思われる。特に、金融機関においては、統計的処理に基づきつつ、相場の先行きを勘案してデリバティブのプライシングを行っ

ているのが現状である。その際に、アンサンブル予報による確率分布の精度が向上してくれば、確率予報が示す将来の予測を織り込んでプライシングしたり、ポジションの評価に利用したりする可能性が生じてくると考えられる。一方で、現状のままではアンサンブル予報による確率分布の利用のされ方や確率予報そのものの精度が受容られていないことから、すぐに同予報がプライシングに取り込まれるものではないといった問題意識も参加委員から提起された。いずれにせよ、天候リスクマネジメントに係る金融機関においても、アンサンブル予報が気象という物理法則を反映した現象に対する予想を確率分布として表していることや、アンサンブル予報の表すことのできる気象要素及び時間・空間的なスケール等の特性を理解する姿勢が大切である。

(3) 気象情報を活用した天候リスクマネジメント普及のための行政、金融機関、民間気象事業者、企業等のあるべき姿

委員の質問の中で、ヒストリカルな情報を基にした予報とアンサンブル予報を対比した場合、どちらが良いか躊躇するのが一般的な経営者を始め利用者の感覚ではないかといった疑問が投げかけられた。これは、先にも触れたアンサンブル予報による確率分布とヒストリカルな手法とにおける予測精度の比較の問題であり、この点についての検証結果を示さないと利用者がアンサンブル予報を信じて広く利用することにはならないと言った意見が委員から示された。確かに、本報告では、アンサンブル予報から求められる確率分布の精度については、述べられていない。当然のことではあるが、アンサンブル予報に基づく確率的な予測情報が適切かどうか自明ではない。なぜなら、数値予報モデルは完璧ではなく、また、アンサンブル手法にも改良の余地があるからである。

実際にアンサンブル予報を利用するにあたっては、確率としての予報精度が高い方が望ましいことは勿論であるが、それと共に、確率予報そのものの精度を把握しておく必要がある。その意味で、アンサンブル予報のより一層の精度向上はもとより、今回の調査で示された活用をする場合には、それに適合した予報精度に関する情報が提示されることを期待したい(気象庁による現行の季節予報の精度評価については、巻末資料6参照)。これらのことは、今後のアンサンブル予報による確率分布の利用とその拡大にとって大きな鍵になると考えられる。精度評価されたアンサンブル予報による確率が一般的に受容られるようになった場合には、金融機関等におけるデリバティブ開発者や研究者も当該手法の利用価値を改めて評価し、プライシング手法やポジション評価への取り込みについて検討が必要となろう。

また、今回の報告書の内容を参照しながら、何人かの委員からは企業ないし民間気

象会社の更なる研鑽が必要であるといった意見があった。例えば、『天候リスクの存在については広く意識されているものの、リスクを軽減させる為の天候デリバティブ活用に関しては依然限定的な利用状況である。将来的なニーズを考えると、更なる有効なリスク管理手段として天候デリバティブが広く活用されることが望ましい。しかしながら、企業の経営層や企業内の財務部門における天候リスクや天候デリバティブに関する理解・関心が必ずしも高くないのが実情と認識している。よって、経営におけるリスクマネジメント手法の一貫として活用できるように、意識して啓発活動を行うことが重要である』といった意見も寄せられた。その他、『民間気象会社による情報提供は、WEBや放送局等への指数情報や局地予報配信が中心であり、ごく一部を除いて、今回の提言にあるようなニーズに対応できるレベルにないのが現状である。企業のリスク管理といったニーズに応えていくためには、気象振興協議会²⁰等の業界団体が核となって業界全体のさらなるレベルアップを図る必要があるのではないか』といった提言もあった。米国では、エネルギー会社等において、メテオロロジストやクライメテオロロジスト（気候学者）が活躍しているが、わが国においても、気象予報士を中心に気象分野で活躍する人材が企業活動のリスク分析に対しても関心を持つことが望まれる。そのためには、気象予報士が当該分野においても力を発揮できるような努力が求められよう。また、企業側にもそういった人材を開発することに注力する意義が今後深まると思われる。一方で、エンドユーザーとしての企業は、自らのニーズに適応した情報提供を求める一方で、自らの気象及びリスク管理一般に対する理解度が必ずしも充分ではないといった点が委員から指摘された。一般的な企業がこういった状況にあるのであれば、企業自身のニーズと気象やリスク管理に関する理解の間に生じているこのような認識の開き（ギャップ）を埋める企業側の努力も引き続き求められよう。また、民間気象会社である委員からは、アンサンブル予報を企業活動のニーズに結びつけるといった、本報告書がテーマにする分野・領域における、より一般的な手法の開発や普及を図りたいといった声もあった。

最後に、今回の調査報告の中で、気象要因と企業活動の間に成立する、より良い関係式の導出というテーマがあったことをもう一度喚起し、この点について気象庁から提案された手法を紹介する。

アンサンブル予報におけるガイダンス作成の基礎情報として、GPVのデータがあることは、報告書で触れた（巻末資料3参照）。アンサンブル予報におけるガイダンスを作成する際には、このGPVデータから当該関係式を作成している。アンサンブ

²⁰ 気象情報等の有効利用のため、会員相互の情報交換と親睦を図り、もって気象事業の振興に寄与することを目的に設立した団体で、財団法人気象業務支援センターが事務局を務める。

ル予報を本調査のように活用するためには、本来、アンサンブル数値予報モデルG P Vから、企業の経済活動の地域や期間に合わせて、確率情報に展開する作業が必要になる。今回の調査では、本報告書のII章（II 2 . 調査の前提）で触れたように、気象庁が当該作業を行った。具体的には、気象庁がアンサンブル予報のG P Vデータからある期間の地上の地域平均気温に変換し、これを説明変数として、事務局にて販売量等の企業活動との関係式を求めた。そのため、G P Vデータを企業活動に直接回帰するアプローチに比べて誤差が大きくなっている可能性を否定できない。したがって、より直接的にG P Vデータを企業活動に関連付ければ、より良好な関係式の導出を図れるかもしれない。

また、1か月予報や週間天気予報のアンサンブル予報のG P Vデータについては、既に、財団法人気象業務支援センターから提供されており²¹、平成15年度中には、3か月予報などのアンサンブル予報のG P Vデータも提供開始となる予定である。これらのG P Vデータを活用し、民間気象会社等が実際の企業活動との関連性を研究し工夫することが期待される。

²¹ 財団法人気象業務支援センターからのアンサンブル数値予報モデルG P Vの入手や内容については、同センターのホームページに掲載されている。
(<http://www.jmbc.or.jp/online/cf.htm>)

V. まとめ

昨年度の調査では、アンサンブル予報による確率情報を企業の経常利益等の確率分布に展開する分析手法とその適用可能性を示したが、今年度の調査では、当該手法を実際の企業に適用し、その中で同手法の実現可能性や課題を整理・確認を図った。

2年間にわたり、企業の天候リスクマネジメントにアンサンブル予報をはじめとする各種気象情報を活用するための方策を調査してきた立場から、実際の作業を通して認識した課題、2年間にわたる調査の意義、本調査報告書に期待される役割などについて述べることで「まとめ」とする。

(1) 本調査における課題（事務局作業を通じた課題認識）

今年度の調査は、アンサンブル予報を活用する場合の効果を、実際の企業データに基づいて実証することが主眼であったため、協力していただける企業の選定が調査の大前提であった。協力企業の選定には慎重を期したが、エネルギー会社と衣料品販売会社には、今回の調査の趣旨に快くご賛同頂くことができた。このような試みが、とかく実態に乏しい企業モデルの作成や紹介になりがちなか、今回の調査では、なるべく実態に基づいた作業やモデル化が行えたと考えている。改めて、両社の協力に感謝したい。

作業は協力企業の活動と気象要素の関係の抽出や当該関係の運営手法といった点を認識するため、両社にヒアリングするところから始まった。両社共に気象の影響に対する認識が高く、企業業績と気象要素（特に、日中の気温）について自らデータを蓄積して日頃から分析を行っていた。それらに基づく貴重な経験や知見を参考にさせて頂きながら、月次や週次の気温に焦点を当てて特に売上や販売量との関係抽出を試みた。その際には、月次や週次の販売量といった特定の企業活動に対して、どのような期間のいかなる気温が対応するのか試行錯誤で検討するといったプロセスを踏む必要があった。また、経年トレンドの除去や集計対象の整合性確保（1メータ数あたりの調整、ないし店舗数増減の調整等）といったデータの修正を施す必要もあった。これらの作業を行うにあたっては、入手可能な気象データと企業が有用と考える分析情報との間に、時間的・空間的整合性があることを常に念頭に置きながら進めねばならなかった。その結果、良好な関係式、特に決定係数が大きく、誤差項の小さな回帰式を導くことが、今次分析の初期段階におけるキーポイントであった。

一方で、両社の事業構造に則したモデル化の作業を行った。気温が主要な変動要因であることを確認しながら、その他のリスク要因をどこまで含め、且つどのように定

式化するかが課題であった。この段階でも、知見ある両社の意見をヒアリングしながら、納得感のあるモデル化を心掛けた。その後、アンサンブル予報における31メンバーから任意に抽出した各メンバーに対して、予め定式化しておいたモデルや気温と販売量の関係式に準拠する整合的な経常利益を算出し、乱数を発生させてこれを10,000回計算するモンテカルロシミュレーションを通じて経常利益の分布を作成するといった一連のプログラムを組むこととなった(資料5 E a Rの【解説】参照)。この分布情報をもとに、E a Rの水準やその他統計値を確認していった。算出結果を検討する中で、定式化やモデル化する中での誤差項の大きさが最終的な分布の大きさやE a Rの水準に大きく関わることも改めて実感した。

また、何種類ものグラフを作成し、今回の調査の趣旨であるアンサンブル予報の利用価値を考えやすい組み合わせを見出す努力を重ねた。こういったグラフの算出には、何種類ものグラフ作成が何度も容易にできる環境が必要である。

このように、複雑な企業活動をモデル化し分析する実作業を行う中では、各種の課題やそれに対する工夫が求められてくる。以上のような課題については、第IV章において天候リスクを抱える企業の課題として解説した。しかしながら、本報告書をまとめるにあたって、事務局としてもこういった課題や経緯を解決しながら進めてきたことについて読者に伝えることは、アンサンブル予報の活用を考える上での貴重な指針になると考える次第である。

(2) 本調査における新しい試み

今回の調査においては、いくつかの斬新さがある。その一つは、企業における事業リスク管理を考える際に、『予想』をリスク管理に取り込んでいる点である。金融機関が行うリスク管理のフレームワークでは、通常、市場等における過去の事象を統計的に認識し、それを将来に再現することを以って将来シナリオに当てている。今回の調査では、気象という物理法則を反映した現象に対する予想を確率分布情報という特性を活かして、リスク管理のフレームワークに取り込んだ。過去の単なる延長で将来シナリオを設定する金融的アプローチの弱点を克服しているだけに、アンサンブル予報の実績が的確なものになればなるほど、従来のアプローチをもっと柔軟に考える契機になるのではないかと感じている。また、リスクを評価する際に、過去に依存した情報でリスクを見るべきか、将来の予想データに基づいてリスクを評価すべきかといった大きなテーマも問われることになる。単に、天候デリバティブの価格付けや時価評価に止まらず、そもそもリスクは何と対比して評価するのが妥当かといった議論も呼び起こしかねない一石である。

二つ目の斬新さは、数量のリスクをリスク管理のフレームワークに取り入れたことである。ビジネスが増減する要因には、景気の良し悪しや人口の増減、人々の嗜好の移り変わり等様々な要因が考えられるが、中でも、人々の実感により則したものが天候や気象の変化であろう。気象をリスクファクターとした企業活動の分析は、ビジネスの大きさを左右する要因のかなり重要な部分を扱うことになる。こういった分析を通じて、数量リスクが従来からの価格リスクと同様に定量化され、E a Rの枠組みの中で統合されていくことになれば、信用リスク等のその他リスクとも整合性をもった手法として採用されていくことになる。

最後に、三つ目の斬新さである。E a R自体が、本来はリスク管理のツールであるものの、将来の収益状況のシミュレーションであることを考えると、単なるリスク管理の作業やツールから戦略的経営情報への活用といった広がりが見えてくる。IV章で示した通り、E a Rのフレームワークは事業会社において利用の仕方は多岐にわたると考えられる。そういったE a Rの柔軟性や将来性が期待される中で、アンサンブル予報を具体的に取り込むフレームワークとしてE a Rが有効であることを本報告書で確認することができた。E a Rが戦略的経営情報ツールになる際には、アンサンブル予報が重要な役割を果たすことについて、本報告書に目を通して頂いた読者は、ごく自然に受容れて頂けることかと思う。

(3) 2年間にわたる調査の意義

今回の調査は、昨年度の調査報告で示されたアンサンブル予報の活用方法を実際の企業のオペレーションや運営に適用する可能性を探ることであった。当該予報から得られる気温等の確率分布を用いて、企業の収益構造に関する確率分布を実際にシミュレーションして作成することにより、こういった手法を採用することが可能であることが、今回の調査を通じて実証的に示されたと考えている。また、当該作業に必要な一連の作業手順や関連する課題、今後の活用可能性や提言を示すことで、当該手法を試みる者に対して有用かつ有効な情報を本調査報告が提供することになった。

また、昨年度の調査では、さまざまな気象要因から企業のビジネス対応が変化し、気象情報のより積極的な活用やリスク管理的な利用のニーズが存在することについては、幾つかのケーススタディーを報告した。その結果、気象と企業ビジネスの間には、本来的に大きな関連性があることを意識しながらも、アンサンブル予報のような気象情報の有効な活用手法の開発や人材交流や意見交換の場の設定、関連する各種人材の開発等は引き続き今後の課題であるといったことが結論の一つであった。気象情

報を有効に活用するためには、当該ビジネスが気象とどのような関係にあるのかを把握した上で、活用する気象情報の特性（当該気象情報の表している内容、時間・空間的なスケール及び予報精度など）を理解して、必要な対応策を判断することが大切である。昨年度からの2年間にわたる一連の調査、及び並行して運営された委員会等によって、気象情報を提供する関係者と気象情報を活用する企業との間に存在していた距離感が縮小する契機となったのではないかと考えている。また、一連の報告書が示した各種課題や提言について両者が問題意識を開示し、これらの解決に向けて今後の方向感を共有することができた意義は大きい。

（４） 企業におけるリスク管理の重要性の高まり

企業の経営環境における不透明感が強まる中で、事業会社のリスク管理がさまざまな角度から求められ始めている。事業会社のリスク管理については、危機管理対応から始まり、企業統治（コーポレートガバナンス）や法令遵守（コンプライアンス）、情報開示（ディスクロージャー）の整備、会計基準の見直し等、テーマは多方面にわたる。その一方で、各種リスクを定量的に計測し把握する手法の開発や導入の動きも高まっている。かつてのように、企業経営に係る各種リスクの吸収機能を金融機関が充分果たせなくなっている中、自らの抱える事業特性を反映した定量的リスク計測やリスク把握を各企業がどのくらい行えるかといったことが、体力に見合った健全な企業経営を可能にする必要条件と言える時代がそう遠くないことも考えられる。

経済産業省は、平成15年2月に『事業リスク評価・管理人材育成システム開発』を立ち上げた。同事業は、企業における事業リスクの管理に必要な運営手法や定量技術等に関する教材や研修・教育プログラムを作成するプロジェクトである。本調査報告書に示したように、例えばアンサンブル予報を活用したE a R分析を行えるといった人材を企業が育成し、実際のオペレーションや経営情報に活用する日の到来を念頭においている。

（５） アンサンブル予報の広範な活用可能性

今回の報告書を通じて、アンサンブル予報の広範な活用可能性に関して事務局なりに検討し展望してきた。経済学や統計学で生まれたリスクを定量化する各種概念や手法は、IT技術の進展により1990年代に入って急速に進展した。金融市場の国際化や市場化が相次いで進展したことも、理論でしか過ぎなかった概念を現実に応用する可能性を広げた。また、市場化の進展により金融機関の経営環境が一層不透明になったこともリスクの定量化を却って押し進める背景であった。こういった展開や背景が

金融工学のニーズを高め、デリバティブ等の各種手法が当該分野で開花した。その上で、一連のリスク計測やリスク管理の手法が1990年代を通じて金融機関を中心に導入されていった。

このような背景から生まれたリスク管理手法の一つであるE a R分析が、今回の調査報告のテーマであったアンサンプル予報と違和感なく運営できることは、昨年度の調査報告で示した通り、予測できるものではあった。しかしながら、本調査報告は、気象という全く異なる分野と経済学や統計学を始めとする金融工学の分野に関する接点を初めて描いたものとなった。確率分布といった情報の持ち方が両者の親和性を高めていることになったのは間違いない。その一方で、両者の新しい組み合わせは、リスクを計測する際に、過去の実測データに基づくアプローチと予測を加味したアプローチといずれを採用するか、あるいは、そもそもリスクは何に対してリスクと考えるのかといった課題まで示唆していた。この報告書を読んだ読者は、本報告書の試みについて引き続き研究し進めていってほしい。

更に、『IV. アンサンプル予報の活用可能性と活用拡大のための提言』で示した通り、在庫戦略や需要予測、販売戦略、コスト管理等さまざまな企業運営の分野で、確率分布としてのアンサンプル予報の活用可能性を考えることができる。金融機関においても、天候デリバティブのプライシングに対する影響について留意する必要があると思われる。こういった実務的な分野におけるアンサンプル予報の活用可能性に対する研究や検討についても、読者は積極的に取り組んでほしい。

本調査を契機に、アンサンプル予報の活用に関する取組みが一段と前進し、単なるリスク管理手法への活用にとまらず、経営や業務運営を始めとする多様な企業活動に広く応用されることを願いたい。

以上

天候リスクマネジメントへのアンサンプル予報の活用に関する調査 報告書 / 2003年3月

本報告書の著作権は、みずほ第一フィナンシャルテクノロジー株式会社に帰属します。本報告書の全部または一部を無断で複写複製することを禁じます。尚、報告書の内容には最善を尽くしておりますが、その正確性、妥当性、完全性は保証されたものではなく、具体的な用途に基づいて発生したいかなる損害についても、弊社は一切の責任を負いません。
