

マシーン・ティーチング

オペティマイザーから学んだこと

2023年11月

The logo for DE Shaw & Co, featuring the company name in a blue serif font with a thin blue line above the letters.

www.deshaw.com/library

この日本語訳は参考として作成しています。英語版と日本語版の内容が異なる場合、英語版が優先します。

D. E. Shaw group は 30 年以上にわたり、世界の様々な資産クラスを対象にシステマティック投資戦略とディスクレショナリー（裁量型）投資戦略を展開してきました。私たちは複数の投資分野を扱うことから恩恵を受けていますが、それは主に、これらの投資分野が互いに関連し、情報をもたらし合うためです。

一例を挙げると、私たちはシステマティック投資の分野において、ポートフォリオを構築し、リスクを管理するための高度なアプローチを開発してきました。これはオプティマイザーの構築に役立ち、こうしたオプティマイザーを様々なディスクレショナリー投資戦略でも利用することによって、人間主導のプロセスにさらなる規律を与えることができました。私たちはこのようなツールを使って多くのことを学び、投資家としての直感を研ぎ澄ませています。以下では、これらの教訓について、まず基本的なことから振り返ってみましょう。

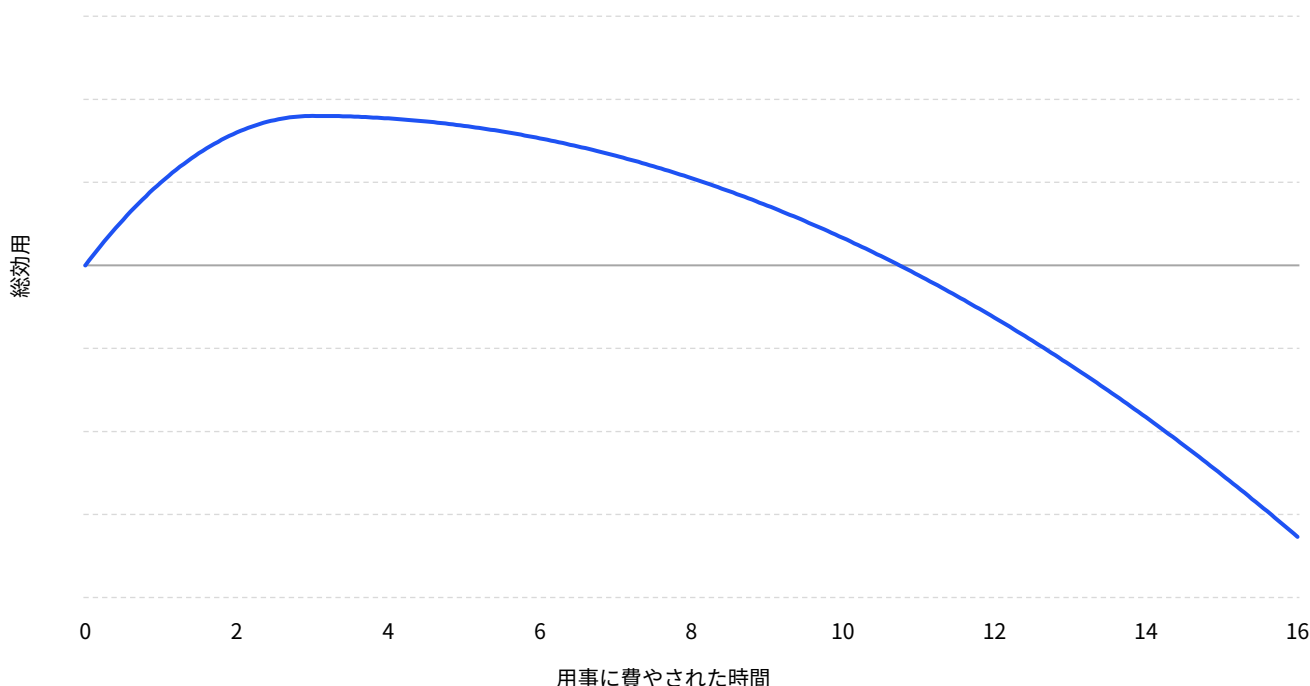
最適化とは何か？

最初に用語を定義しておくことは有用です。実務者によって定義は異なるかもしれませんが、基本的に、オプティマイザーは制約のある問題を「最適化」する、すなわち、最適解を見つけるための計算ツールです。これは一般的に、プラスとマイナスの効用要素を同時に考慮することで特定の効用関数を最大化するという形を取ります。

人類史の大半にわたり、利用可能で最も高度なオプティマイザーとなってきたのは人間の脳であり、私たちは日常生活でそれを使い続けています。例えば、土曜日の限られた時間（制約）の中で、やらなければならない用事、こなさなければならない家の雑用、そして実際に「やりたい」と思っている気晴らしのバランスをどう取るでしょうか。これらの活動の優先度と順序をどのように決めるべきでしょうか。あなたの暗黙の最適化プロセス（図 1）は、3 時間の用事が最適であると判断するかもしれませんが。最も重要な用事が進むにつれて効用は急速に増加し、最初のいくつかの用事を済ませると増加ペースは低下します。その後、おろそかにしてきた活動の機会費用が優勢になり始めると効用は減少に転じます（起きている時間のすべてを用事のために費やすとすれば、隣人のバーベキューに行く時間も洗濯をする時間もありません）。

最適化の問題は複雑な場合もあるため、人間の脳はしばしば経験則に頼り、過去の経験への過度の依存、二元論的思考、過度の楽観といった認知バイアスを引き起こすことがあります。17 世紀に微積分が発明され、関数の勾配が発見されたことにより、こうした問題を数学的に分析する能力が一步前進しました。20 世紀半ば以降、コンピューターの処理能力が飛躍的に向

図1：用事に費やされた時間の関数としての効用



上するのに伴い、マシンパワーを最適化に利用することが可能になり、当たり前のことになっています。単純なオブティマイザーは表計算ソフトで作ることができますが、そうでないものは複雑なカスタム・ソフトウェアの形を取る場合もあります。

オブティマイザーは、次のような数多くの分野で重要な役割を果たしています。

- 燃料消費量に対して配送効率を最大化するトラックのルート設計
- コストと二酸化炭素排出量に対して信頼性を最大化する発電源のスケジューリング
- 機械学習モデルの精度向上

金融の分野では、オブティマイザーは多様な問題の解決を助けるために様々な市場参加者によって利用されており、機関投資家の資産配分決定や、銀行や保険会社のリスク配分決定に役立てられています。また、システムティック投資とディスクレショナリー投資の両方で、当社のような投資運用会社がポートフォリオ構築の意思決定をするのにも利用されています。

ここでは、ディスクレショナリー投資に焦点を当てます。ディスクレショナリー投資におけるオブティマイザーは、人間が情報を処理し、より適切な判断を下すのを支援するツールです。私たちにとって、様々なポートフォリオや市場にまたがって展開している1つの統一された「オブティマイザー」は存在しません。そうではなく、私たちは個々の投資戦略や用途に合わせて、様々な最適化ツールを適用しています。本稿で紹介する例も同様に多様であり、オブティマイザーを使用するための包括的な指針というよりも、例示的な（そして願わくは有益な）教訓を示していることに留意してください。投資における多くのことと同様、使い方は状況に左右されます。オブティマイザーの使い方に正解はありません。

こうしたディスクレショナリー投資では、オブティマイザーは手元のポートフォリオに関する人間の意思決定を助けるだけでなく、そのアウトプットを通じて、オブティマイザー自体の設計や操作を改善する方法や、重要な点として、投資判断を下す際に行動の罫や認知バイアスに対処する方法などを人間に教えられることがわかりました。

最適化、理解、反復：最適化とは対話である

オブティマイザーを構築し、それを使用してそこから学ぶことの中にあるのは、反復的な対話です¹。

最適化の科学（理論）は数学に深く根ざしていますが、最適化の芸術（実践）、すなわち設計、インプット、そして願わくはアウトプットの改善は人間の直感と突き合わせることから生まれ、逆もまた然りです。この反復プロセスこそが、人間の実務者に学習の機会を提供するのです。

ポートフォリオ・マネージャーが新たなトレード・アイデアを思いつき、それをポートフォリオに組み入れる際のサイズについて直感を持っているとします。マネージャーはそのトレードに関する予想やその他のパラメーターをオブティマイザーに追加します。オブティマイザーが提案するトレードサイズがマネージャーの最初の直感と大きく異なっている場合、それは何を意味し、マネージャーは次に何をすべきなのでしょう。その答えは、「オブティマイザーの言う通りにする」と「オブティマイザーを無視する」の間のどこかにある可能性が高いでしょう。

オブティマイザーの設計が健全であると仮定すると、このような状況で出発点となる枠組みとしては、「直感とオブティマイザーとのギャップは、(a) 不正確なインプットと (b) バイアスのかかった直感または不完全な直感の組み合わせによって説明できる」と仮定することが考えられます。言い換えると、マネージャーは次のように自問するかもしれません。「オブティマイザーが望むトレードサイズは、なぜ私の予想と大きく異なっているのか。私はパラメーターを推定するときに何か基本的なことを見落としたのだろうか。そうでないとすれば、オブティマイザーのアウトプットは、私自身の仮定、判断、潜在的なバイアスについて何を物語っているのだろうか」。

これらの疑問を念頭に置いて、マネージャーはオブティマイザーによる最適化を繰り返し、提案されたポジションサイズが最も敏感に反応する変数を特定し、それらのインプットを試すことができます。マネージャーは自分の予想にどの程度自信を持っているのでしょうか。信頼区間が広い場合には、どうすればそれをオブティマイザーに伝えられるのでしょうか。マネージ

¹ ある種の最適化アルゴリズム自体はアウトプットに到達するために反復計算に依存しますが、それはここでの焦点ではありません。

ャーが暗黙のうちに考慮しているものの、最適化には反映されていない変数があるのでしょうか。オブティマイザーは、マネージャーが見落としている重要な変数に気づいているのでしょうか。

マネージャーにとっては、オブティマイザーが自分の直感と合致するポジションサイズを提案するような一連のインプットを見つけ、そこから逆算することも有用かもしれません。それらのインプットは妥当でしょうか。このようにオブティマイザーとともに反復作業をすることで、マネージャーの仮定を試し、うまくいけばマネージャーの判断を研ぎ澄ますことができます。

本稿全体を通じて紹介する見解は、人間と機械の長年にわたる反復的な対話（すなわちマシン・ティーチング）の結果です。

オブティマイザーは強力なツール：使用には注意が必要

私たちがオブティマイザーの使用から学んだ教訓の1つは、オブティマイザー自体の動作に関するものです。例えば、オブティマイザーは時として予想外のアウトプットや直感に反するアウトプットを出力することがあります。そうした場合、オブティマイザーの設計に関する直接的な教訓が得られる可能性があります。そこにはしばしば投資家自身の直感に関する教訓も潜んでいます。

フラットな曲線、シャープな端点：オブティマイザーは敏感

多くの実務者が気づいているように、オブティマイザーは極端な結果を示しがちです。

オブティマイザーのアウトプットは、1つの最適解を提案します。これは、投資ポートフォリオの場合には、投資家がオブティマイザーを設計する際に目標とした事前の効用を最大化するポジションとサイズの組み合わせになります。このアウトプットは、インプットのわずかな違いにも驚くほど敏感に反応することがあり、オブティマイザーはある配分案から大幅に異なる配分案へと不規則にジャンプするように見えます。

これは、効用曲線が一般的にカーブしており、効用曲線上の最適点はその曲面の比較的フラットな部分にあることが多いためです。したがって、効用曲線のピーク値付近では、あるポジションへの配分を大幅に減らしたり増やしたりしても、ポートフォリオの正味の効用はわずかに変化しないかもしれません。その結果、オブティマイザーが予想外の端点解を追求し、インプットの小さな変化によって配分サイズが大きくジャンプする余地が生まれます。

これを説明するために、資産の期待シャープレシオがわずかに変化しただけで、「最適な」ポジションサイズがいかに大きく変化し得るかを検討してみましょう。表1に示すように、期待シャープレシオが同じで相関が高い（約0.95）2つの株式インデックスから構成される単純なポートフォリオを考えてみます。この場合、オブティマイザーは2つの株式インデックスの配分を50対50にするよう提案するでしょう。

ここで、マネージャーが推定するインデックスBのボラティリティが上昇し、期待シャープレシオがわずかに低下したとします。この一見大したことのない変化と、オブティマイザーがわずかな効用の向上さえも捕捉しようとする結果として、オブティマイザーは2つのインデックス間の配分を今度は75対25にするよう推奨します。

表1

	当初の予想		更新後の予想	
	期待シャープレシオ	配分案	期待シャープレシオ	配分案
インデックス A	0.200	50%	0.200	75%
インデックス B	0.200	50%	0.195	25%

この新たなアウトプットをどの程度考慮すべきかは、インプットに対するマネージャーの自信によって変わります。最適マイザーは事実上、マネージャーに対し、期待シャープレシオのわずかな違いが本質的な何かを表していると考えられるのか、それとも単に推定値のノイズを反映しているに過ぎないかと考えるのかを問いかけているのです。ノイズであるとすれば、このアウトプットはマネージャーの予想や仮定の過剰精度に由来している可能性があります。不確実性を過小評価すると、ポートフォリオの構成に大きな違いが生じる場合があります。改めて想起させられるのは、(a) インプットを疑い、注意深く反復作業を行うこと、および/または (b) インプットに関する不確実性を組み込むことの重要性です。

ノイズでなければ、別の教訓があるかもしれません。50対50の配分と75対25の配分との違いは、マネージャーには劇的なものに見えるかもしれませんが、ポートフォリオ全体から見ればそうではありません。むしろ、長期的な成果にとって重要なものは「ポートフォリオ全体の効用」であり、必ずしも途中の（私たちが固執しがちな）トレードサイズではありません。このようにポートフォリオの全体的な効用を考慮できることは最適マイザーの最大の強みの1つであり、これについては以下で繰り返し取り上げます。

期待は慎重に：最適マイザーは（たとえそれが最適なものでなくても）制約に従う

最適マイザーは通常、プログラムされた通りに動作し、特定の考慮事項を無視したり主観的に解釈したりしたくなる人間の性質とは無縁です。しかし、あまりにも文字通りに願いを叶えてくれる精霊のように、プログラミングにとにかく忠実な動作が本来の意図と一致するとは限りません。

ポートフォリオの目的と制約がこの現象の良い例になります。投資家はポートフォリオに一定の事前予防策を設けたいと考えることが多く、最適マイザーは少なくとも事前にそのようにプログラミングすることができます。

対ベンチマークのアクティブ株式ポートフォリオのマネージャーが、常に一定のアクティブ・リスク目標（トラッキングエラーを4.9~5.1%にするなど）を維持しつつ、様々なセクターや業種に分散したエクスポージャーを保有したいと考えています。多くの場合、おそらくこれらの目的は問題なく共存可能です。しかし、市場が固有ボラティリティが持続的に低い局面に入った場合、このマネージャーの最適マイザーはその制約に促され、予想外の方法でアクティブ・リスクを追求する可能性があります。

例えば、最適マイザーは各セクターや業種の中で最もボラティリティの高い銘柄をオーバーウェイトし、全体的なトラッキングエラーを維持しつつ、目標とする分散を保つかもしれません。しかし、これは隠れたコストを伴う恐れがあります。ポートフォリオは今やリスク要因としてのボラティリティに多額の「分散化されていない」ポジションを持ち、マネージャーが実際に具現化したい予想に対するエクスポージャーが過小になっている可能性があります。最適マイザーの制約にある程度の柔軟性を持たせることで、このような意図せぬ結果は軽減することができます。そうすることは、いかに注意深いマネージャーでもすべてのリスク要因や起こり得るすべての状況を完全に特定し、コントロールすることはできないという事実を認めることでもあります。

別の例を挙げると、世界金融危機（GFC）の後、ポートフォリオ・マネージャーは当然ながらこのようなイベントに対するポートフォリオのエクスポージャーを測定したいと考えたかもしれません。しかし、さらに一歩踏み込んで、GFCのようなシナリオでポートフォリオの損失を事前に定めた上限に制限しようとするならば、極めて特殊な過去の状況における個々の資産のパフォーマンスにポジションを過剰適合させてしまうリスクがあります。より堅固なアプローチは、想定される様々な危機に関してポートフォリオの予想損失にペナルティを課すか、さもなければ制約を課し、そうしたシナリオにおける特定の資産の反応に関する不確実性を反映することでしょう。直近では2020年初めに市場関係者が思い知らされたように、次の危機が一つ前の危機と同じようなものになることは滅多にありません。

投資家としては、ポートフォリオを極めて高い精度で制約しようとしたくなります。忠実な最適マイザーは、すべての目的に代償が伴う現実の世界では、それがさほど単純なものではないことを思い起こさせてくれます。制約が野心的過ぎたり柔軟性に欠けていたり、あるいは状況が好ましくなかったりすると、予想せぬコストが発生しかねません。特定のポートフォリオのために強固な目標や制約をどう設計するかを考える際には、意図せざる結果の法則に留意することが重要です。

オプティマイザーは強力なツール：その強みを活かす

時折尋ねられる質問は、そもそもディスクレションナリー投資にオプティマイザーを使うのはなぜなのか、というものです。

私たちがオプティマイザーに価値を見出している理由の1つは、オプティマイザーがその客観性や計算能力により、人間のトレーダーが予想やポジションの重層的な影響について深く検討するのを手助けしてくれることにあります。

ローカルに考える

オプティマイザーはインプットを要求します。トレーダーは自分の考えや仮定を定量化し、予想の各要素を個別に分析しなければなりません。

例えば、2019年6月に株式マーケットニュートラル・ポートフォリオのトレーダーがブルームバーク端末でユーロストックス配当先物を見たすると、6ヵ月物が120ユーロ強で取引されていたのに対し、8年物は95ユーロ未満で取引されていました。このトレーダーはこれらの期間が長めの配当先物に魅力的な投資機会を見出したかもしれません。8年間で配当が約20%低下するという予想は妥当だったのでしょうか。さらに、一見すると、トレーダーは「長期の」配当先物と「今日の」株価との間にファンダメンタルな関係はほとんどないと合理的に推測していたとも考えられます。結局のところ、株価が今日1%下がった場合、それは数年後に配当も1%低下する可能性が高いことを意味するのでしょうか。

マーケットニュートラルというマニフェストからして、トレーダーがオプティマイザーを使っていた場合、オプティマイザーは標準的なインプットとして、あらゆるトレードの株式に対するベータを要求していたでしょう。配当先物についてこのインプットを計算する際に、トレーダーは実際問題として、また比較的長い投資期間では、配当先物の株式ベータが多くの場合ほぼ1であることに驚いたかもしれません。よく考えてみると、これは理に適っています。投資家は通常、将来の配当金を「購入」するためにその間の株式所有のリスクを負う必要があり、同じ株式リスク・プレミアムの結果として配当先物市場の共変動が存在します。トレーダーがもともと配当先物市場で観察したディスカウントは、その時点の予想配当が金利を上回っていたため、インデックス先物自体における同様のディスカウントを反映したものでした。

このような情報があれば、オプティマイザーが長期の配当先物トレードを望まないことを知っても、トレーダーは驚かなかったかもしれません。株式マーケットニュートラルという目的を考えると、オプティマイザーはこの予想には正味の効用がほとんどないと認識したとみられ、実質的にトレードがなくなるまで、株式ベータをヘッジすることを望んだでしょう。言い換えれば、このアウトプットは、相関を考慮すると、この予想にはほとんどアルファが存在しないことをトレーダーが認識する助けになったと思われる。

オプティマイザーは標準的で完全なインプットを要求することで、トレーダーに合理的ではあるものの間違っただけの仮定（「この2つの金融商品は基本的に相関しないはずである」という仮定）に疑問を持つよう促すとともに、相関は直感しにくく、ポジショニングに大きな影響を与え得ることを思い起こさせました。

グローバルに考える

人間はしばしば物事を個別に、そして連続的に考えがちです。同様に、投資家は自分のポジションのリターンとリスクについて個別に、そして日ごとに考える傾向があります。

このように個々のポジションに注目することは、リスクの帰属やパフォーマンスのモニタリングなど、いくつかの点で有用です。しかし、個々のトレードの価値は個別に理解するのではなく、ポートフォリオ全体の効用への寄与度という観点から理解するのが最善でしょう。それは、そのトレード自体の特性だけでなく、資産レベルの相関、テールリスクへの寄与度、さらには各予想の出所や基本的見解など、ポートフォリオにすでに組み込まれている他のすべてのトレードとの関係にも左右されます。

計算の複雑さを踏まえると、人間が自力でこれらすべての関係を完全に考慮するのは不可能ではないにしても困難と思われる。オプティマイザーを使えば、投資家はその複雑さを克服し、ポートフォリオ全体に対する自身の考えをより全般的に方向づけることができます。

速いトレードと遅いトレード：オプティマイザーは取引速度の決定に有用

オプティマイザーは総じて、取引コストの処理や取引速度の管理において人間のトレーダーよりも優れています。その理由は、経験豊富なトレーダーでもバイアスの影響を受ける可能性があることや、取引コストに関連する計算の複雑さ（複雑さはあらゆる問題でバイアスを生じさせやすくします）にあると思われます。

あるトレーダーが、現在 100 ドルで取引されている資産 A のユニットが 30 日間で 1% 上昇すると予想したとしましょう。さらに、トレーダーとオプティマイザーが使用するオプティマイザーが、ポートフォリオ内の資産 A の最終的なサイズを 200 万ユニット（市場価値で約 2 億ドル）にするという提案で一致したと仮定します。

ここで、トレーダーがオプティマイザーに取引コストについて妥当なインプットを与えたとしましょう（この例では、取引コストは市場インパクト/スリッページのみで構成されるとします）。これらのコストを考慮して、オプティマイザーはこのトレードを分割して 20 日間にわたって購入を進め、各購入の市場インパクトがある程度薄れてから次の購入を行うよう提案します。

一方、トレーダーは取引をより迅速に完了させたいという傾向があります。トレーダーは不適切な経験則に頼っているのかもしれませんが、特徴バイアスや非対称損失回避といった心理効果によって、過去に取引が遅すぎて予想利益の一部を逃してしまったときの経験にとらわれているのかもしれませんが、いずれにせよ、この例では、トレーダーはオプティマイザーの提案よりも取引をスピードアップしたいと考える可能性があります。

私たちの経験では、オプティマイザーの方が優れた指針となりそうです。取引期間や予測の実現、および市場インパクトの予想される発生と減衰について、より客観的にバランスをとることで、取引速度はトレーダーの意向よりも遅くなるでしょう。その効果は大きくなる可能性があり、場合によっては予想利益に匹敵する額のスリッページ・コストが節約されます。さらに、取引によって発生するコストは概して、予測自体の結果と比べてより確実に実現すると予想できます。

ここでの教訓は、見込まれる予測の実現と取引コストに関してできるだけ多くの情報をオプティマイザーに与え、取引速度についてはオプティマイザーに任せるということです。ただし、上記のような場合、この教訓は単に「もっとゆっくりトレードしなさい」という意味になることがよくあります。比較的正確なインプットを与えられたオプティマイザーは、人間のトレーダーが当然ながら影響を受けやすいバイアスに左右されにくい傾向にあります。

重要な注意点として、上の例では、トレーダーが予想される取引コストと実現経路（線形である必要はありません）の両方について、オプティマイザーにかなり正確なインプットを与えたと仮定しました。この仮定は実際には簡単に覆されます。本稿でこれまで見てきたように、また以下でも示すように、オプティマイザーのアウトプットはインプットに対して非常に敏感です。

大きなトレードと小さなトレード：オプティマイザーはトレードサイズの決定に有用

前述の例では、1 つのトレードの取引期間という概念を引き合いに出して、取引速度の指針を示すうえでのオプティマイザーの役割を説明しました。ここでは、予想取引期間が異なる 2 つのトレードからなるシナリオを用いて取引期間を巡る議論を拡張し、オプティマイザーがいかにして最適なポジションサイズを決定し、その過程でトレーダーの直感を覆すかを説明します。

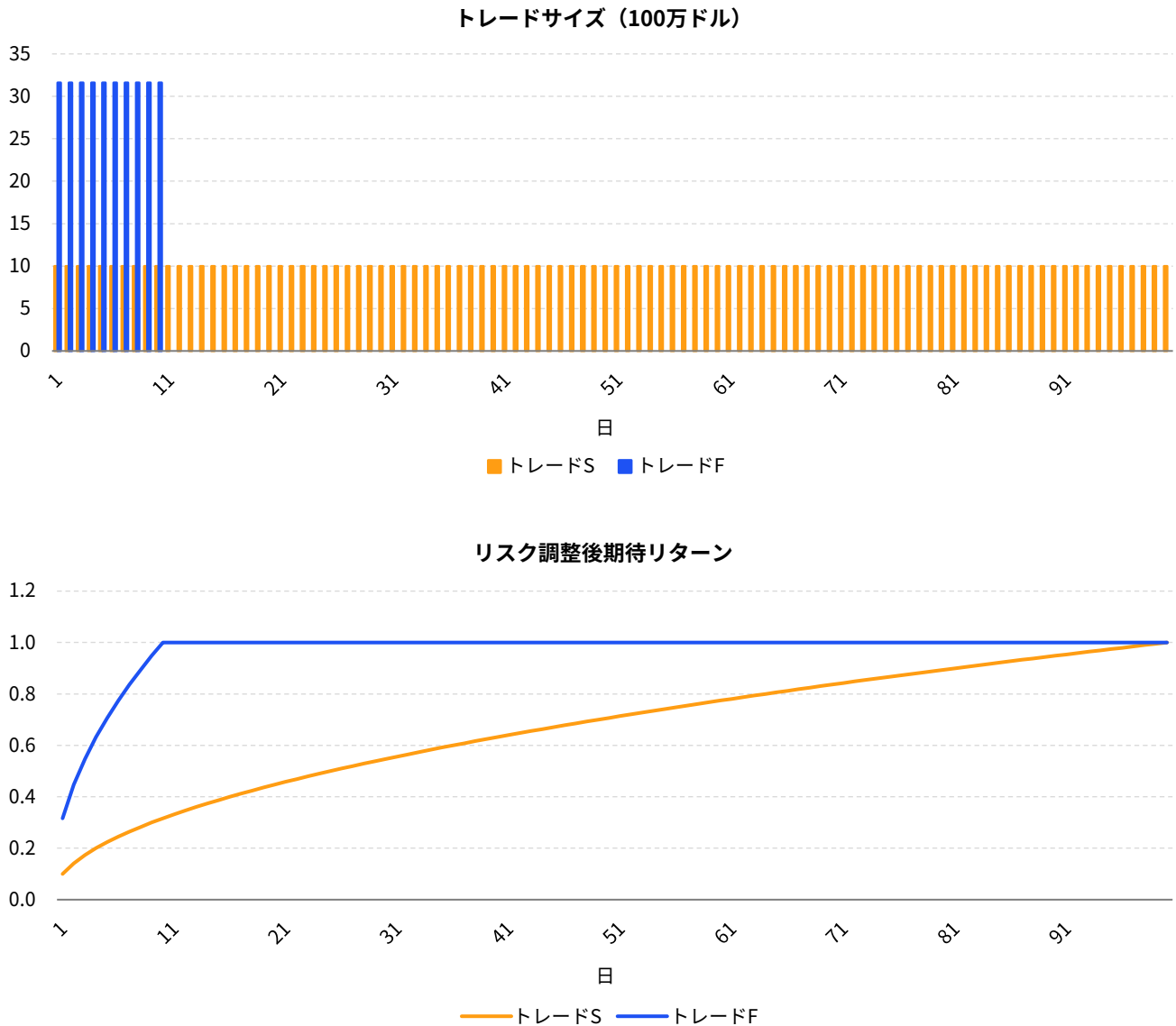
あるトレーダーが、流動性の高い（すなわち、スリッページがないか極めて小さい）金融商品について S と F という 2 つの予測を立てており、それぞれをポートフォリオ内でどのように具現化するかを検討しているとしましょう。トレーダーは、2 つの予測の保有期間のシャープレシオが同じである（すなわち、各トレードの期待アルファがその累積リスクに比例する）と考えていますが、予測 S（遅い予測）の予想投資期間が 100 日であるのに対し、予測 F（速い予測）は 10 日での実現が予想されているという点でこれらのトレードは異なります。

私たちの経験では、多くのトレーダーはピーク時のポジションサイズを重視する傾向にあり、この例でトレーダーは、結局のところリスクに対するアルファの比率が同じである 2 つのトレードにはポートフォリオ内でほぼ同等のリスクが割り当てられるはずであると予想するでしょう。

トレーダーは、トレード F のサイズをトレード S よりはるかに大きくするというオプティマイザーの提案に驚くかもしれませんが、パラメーターが与えられると、オプティマイザーは 2 つのトレードに同じ全期間（ライフタイム）累積リスクを割り当て

ようとしてます（両者の全期間リスク調整後期待リターンは同じであるため）。予測 F の投資期間の方が短いということは単純に、予測 S と同じ全期間リスクを達成するにはより大きなポジションが必要になることを意味します。

図 2：単純化した例



私たちの経験では、この現象を直感しているトレーダーでさえ、オプティマイザーが速い予測の方のサイズをどれだけ大きくすることを求めるかに驚かされることがよくあります。この例では、遅い予測の約 3.2 倍です。望ましいポジションサイズの違いを考えるもう 1 つの方法は、予測 F の年率換算シャープレシオが予測 S の年率換算シャープレシオの約 3.2 倍である点に注目することです。年率換算シャープレシオを比較することで、「予測 F が有効であるはるかに短い期間中、予測 F はより大きなリスク配分に値する」というオプティマイザーの評価がより明確になります。

自分のものにするのは難しいかもしれませんが、この全体的な教訓は単純です。すなわち、「他の条件がすべて同じで、スリッページの制約がなければ、ピーク時のサイズという点で、ポートフォリオでは長期のトレードよりも短期のトレードを（しばしばはるかに）多く保有することが望ましいはずである」ということです。

また、「グローバルに考える」という文脈で先に紹介した、よりニュアンスに富む教訓もあります。多くのトレーダーは、個々のポジションの日々のリスクについて考え、それを非常に気にしがちです。これは、人間のある種の傾向（リスク回避や損失回避など）や制度的制約（リスク目標やリスク制限など）の結果かもしれません。しかし、このように視点を狭めると、「重要なのは長期にわたるポートフォリオの総効用であり、それはポートフォリオを構成する個々のトレードの全期間のリスクとリターンの関数である」という事実が見えにくくなりかねません。

関係を定義する：ポジションサイズの決定では相関が（大いに）重要

前述の例では、オプティマイザーのアウトプットが、取引期間の関数としてトレーダーが直感的にそうするよりも片方の予測をはるか選好し、トレーダーを驚かせました。オプティマイザーがサプライズをもたらし得るもう1つの例としては、相関がポートフォリオ内のポジションの相対的な魅力にどのような影響を及ぼすかを明らかにするケースがあります。この2つの教訓の根底にあるものは似ています。すなわち、盲点は多くの場合、人間が個々のポジションのリスク・リターン特性に固執すること、つまり、ポートフォリオ全体を構成するポジションの集合体のリスク・リターン特性ではなく、ローカルに考えることによって生じます。

マーケットニュートラル戦略を取るポートフォリオ・マネージャーが、金利が今後1年間に債券市場が織り込んでいるよりも上昇する（債券価格は下落する）と予想しているとします。マネージャーは自分の予想を具現化するために、債券をショートしたくなるかもしれません。

債券は過去数十年にわたって株式の分散化手段と見なされてきたため、マネージャーはこの2つの資産クラスが総じて中程度の負の相関（-0.25程度）を示してきたことを認識しているでしょう²。

しかし、マネージャーは、何らかの正当性があれば、債券市場のミスプライシングが認識されている状況でこの関係についてまったく考えないかもしれません。結局のところ、マネージャーの予想は金利が予測期間中に予想よりも上昇するかしないかという二者択一の結果に関するものであり、この例では、マネージャーは株式の方向性に関しては見解を持っていないのです。

一方、適切に設計されたオプティマイザーは、特にマネージャーのマーケットニュートラルというマニフェストからして、この関係を考慮するでしょう。そして、債券に関する予想を具現化すると同時にベータ中立を維持するためには、S&P500®の（ショート）ヘッジを行う必要があることを認識するはずで、さらに、株式のリスク・プレミアムを踏まえると、株式ショートによるヘッジは長期的にコストが高いことを考慮し、債券のショートポジションをまったく取らないことを決定する可能性もあります。

オプティマイザーは、「一見すると小さな数字を暗黙のうちにゼロに丸めてしまい、トレードの効用に対する相関の影響を無視する」というマネージャーの潜在的バイアスを阻止することができます。また、株式のリスク・プレミアムやポートフォリオのリスク特性に対する株式の重要性を考えると、あるポジションの株式に対する相関は他の資産に対する相関とは根本的に異なることも思い出させてくれます（これに対して、可能性の低い例を挙げれば、豚赤身肉先物は景気循環との関係が薄く、したがって同様のリスク・プレミアムを要求しないため、この先物に対する債券の相関は、マネージャーが豚赤身肉にも資金を配分している場合にのみ重要になり得ます）。

トレーダーは、相関特性がポートフォリオ内のあるトレードの相対的な魅力に及ぼす影響を、方向性に関しては把握できるかもしれません。しかし、概してトレーダーはその影響の大きさを過小評価しがちで、時とともに相関が変化すると、そうした影響の判断に一貫性がなくなる傾向にあります。結局のところ、優れたトレードの基準が、取引されている金融商品を見てもわからないような形で変化するというのは、直感的ではありません。適切に設計されたオプティマイザーはこうした欠点に対処し、相関の重要性、資産分散の効用、不要なエクスポージャーや重複したエクスポージャーを生み出す資産の非効用をより明確にするのに役立ちます。

²この値は2000年1月～2023年6月のS&P500®と米10年国債の1年ローリング相関の平均を表し、0.05未満を四捨五入しています。該当するデータはブルームバーグの許可を得て使用しています。

より一般的には、他の箇所でも見てきたように、オブティマイザーは投資家が1つのポジションの狭い特性からポートフォリオ全体の特性へと視野を広げる助けとなります。個々のトレードの効用は、他のすべてのトレードとの関係の中でしか適切に理解することができません。

テールリスクの勘案に有用：オブティマイザーは暴落リスクを考慮するのに役立つ

上で説明したように、オブティマイザーにとって相関は重要であり、他のリスク関連のインプットも同様です。しかし、この原則を実行に移すには、相関やボラティリティなどの大きさを合理的に予測できることが前提となります。オブティマイザーは、状況が本来であれば正常とみなされるもの（具体的には、伝統的な平均分散最適化の枠組みで正常とみなされるもの）から乖離する可能性があり、またしばしば乖離するという事実を説明するのに役立ちます。

このような不測の変化に対処することの不確実性を踏まえると、トレーダーは（適度に長い時間枠における実現ボラティリティのような）1つの集約的なインプットで、想定される将来の状況を代用したくなるかもしれません。この傾向は、暴落シナリオにおける資産レベルのリスク特性を考慮しようとする場合に特に顕著になる可能性があります。暴落シナリオは本質的に様々な形態を取り、個々の形態の暴落が起こる確率は低いと考えられます。一方、オブティマイザーが通常のインプットと暴落時のインプットの両方を組み込むように設計されている場合、その結果は、ポートフォリオを構築する際に状況がいかに重要かを時には驚くような方法で明らかにしてくれるかもしれません。

債券の暴落テスト

あるポートフォリオ・マネージャーが、投資適格債とハイイールド債にリスクを配分しようとしているとします。単純な平均分散最適化と、ルックバック期間5年で導出したリターンとリスクのインプットを使用すると、オブティマイザーはこの2つの資産にリスクを均等配分したポートフォリオを要求するかもしれません。

表 2

	予想リターン	推定ボラティリティ	期待シャープレシオ	相関	配分案
投資適格債	0.3%	1.5%	0.2	0.75	50%
ハイイールド債	1.2%	6.0%	0.2		50%

多くの場合、マネージャーのインプットはまずまず正確であると考えられます。しかし、この単純な平均分散アプローチでは資産のリターンがほぼ正規分布に従うと仮定しており、これはマネージャーが認識しているように不適切な仮定である可能性があります。

この欠点を認識したマネージャーは、推定発生確率が低い（5%）単純な暴落要素と、そのような暴落に見舞われた場合のペナルティを最適化関数に組み込むことにしました。

表 3

	予想リターン	推定ボラティリティ	期待シャープレシオ	相関	暴落時の予想損失	暴落リスク1 単位当たりの 予想リターン	配分案
投資適格債	0.3%	1.5%	0.2	0.75	-5%	6.0%	40%
ハイイールド債	1.2%	6.0%	0.2		-18%	6.7%	60%

そうすると、このやや高度なオプティマイザーは、ハイイールド債に 60%、投資適格債に 40%のエクスポージャーを要求します。たとえ可能性が低くても、暴落が起きた時の状況を考慮することは、望ましいポートフォリオに実質的な影響を及ぼします。

ハイイールド債は暴落時に絶対ベースでより多くの損失を被ることが予想されるため、この影響の「方向性」（ハイイールド債への配分を増やすこと）は意外に見えるかもしれません。ここで、オプティマイザーは「暴落リスク 1 単位当たりのリターン」という概念について教訓を与えてくれます。この例における 2 つの資産の期待シャープレシオ（ボラティリティまたは通常リスク 1 単位当たりのリターンを示す指標）が同じであっても、ハイイールド債の方が暴落リスク 1 単位当たりのリターンが優れているというマネージャーの予想によって、ハイイールド債は暴落が起きた時の状況を考慮した場合にポートフォリオ全体の効用への寄与度がより大きくなります。

上の例では、マネージャーは最適化プロセスに 1 つの暴落要素を組み込みました。ポートフォリオのポジショニングへの影響は、様々な資産の動向や不確実性を考慮した幅広いシナリオを追加するとさらに顕著になる可能性があります。オプティマイザーは、その計算能力からして、こうした複数の考え得る状況を同時に考慮し（人間の脳にとっては難しい作業です）、それらの中でポートフォリオの期待効用を最大化することができます。与えられた変数の 1 つの推定値や、1 つの平均的な状況に焦点を当てがちな人間の傾向を超越しています。また、特定の状況や普通ではない状況を軽視しないよう注意も促しています。

共通の投資家リスクは極めて重要

極端な状況が問題となる具体的な例は、共通の投資家リスクに起因するものです。

共通の投資家リスクは、市場参加者のポジション、予測、投資手法の重複から生じる可能性があります。1 人以上のマネージャーがリスクを削減すると、特定の資産間やトレード間の相関が急上昇するかもしれません。

共通の投資家リスクの性質としては、（a）特に時間の経過とともに変化することを考えると、高い精度で識別またはモデル化するのが困難である、（b）一度に多くのポジションにまたがってある程度の量が存在する可能性がある、（c）通常は減多に起こらないとしても重大なリスクの源になる、ことなどが挙げられます。そのため、これは高度なオプティマイザーに組み込むことが必要な種類のリスクです。

あるトレーダーが 2 つの予測を持っているとします。1 つは銀先物に関する独自の予測、もう 1 つは豚赤身肉に関する予測です。この 2 つの予測は、豚赤身肉の取引に関して現在、投機筋の間で強いコンセンサスがあることを除けば、すべての点で類似していると仮定します。トレーダーはその基本的な傾向として、他の投資家も同じ予想をしているという安心感から、豚赤身肉のトレードサイズをポートフォリオの中で大きくするかもしれません。

この直感は必ずしも間違いではないとしても、不完全です。市場は概して効率的であり、他の参加者が信じていることには有益な情報が含まれている場合があります。しかし同時に、そのコンセンサスは共通の投資家リスクの存在を示唆している可能性があります。

トレーダーはこのトレードオフを認識していても、豚赤身肉の取引で比較的小さなポジションを取る、あるいはまったくポジションを取らないというオプティマイザーの提案に驚くかもしれません。これは、トレーダーが通常直感するよりも極端な結果です。なぜなら、トレーダーは一般的にローカルに考え、1 つのトレードによってもたらされるこうしたわずかな量のリスクに注目する傾向があるからです。

オプティマイザーがより容易に考慮できるのは、問題のポートフォリオ全体です。ポートフォリオにはおそらく多くの個別のトレードが含まれており、中には共通の投資家リスクにさらされているものもあるでしょう。オプティマイザーは、共通の投資家リスクの全体的なバジェットを効果的に管理することができます。一定の水準を超えると、そうしたリスクの 1 限界単位を負うハードルは高くなります。

オプティマイザーは、確率は低いものの重大な結果をもたらすリスクをポートフォリオ全体レベルで織り込めるため、投資家が共通の投資家リスクの深刻度を理解し、それをあまりにもローカルに評価しないようにすることを助けます。

最後に

オリジナルのオブティマイザー：人間はなお重要な役割を果たしている

本稿の議論では主に、オブティマイザーの比較優位が裁量投資家の投資成果の向上にどのように役立つか、またオブティマイザーのアウトプットが直感の改善にどのように役立つかに焦点を当てました。

私たちはこれらの教訓を重視していますが、「前例のない動向や一定の状況をオブティマイザーが考慮できない可能性があるケース」を特定するうえでは、人間の実務者が依然として重要な役割を担っているとも考えています。人間の介入が正当化される場合もあり、そうした介入は、リスク要因の追加、制限やその他のパラメーターの変更、重要なインプットの計算方法の更新、さらにはオブティマイザーを完全に棚上げするなど、様々な形を取ることができます。

このような状況には、知的謙虚さをもって臨むべきでしょう。さもなければ、オブティマイザーを「いじくり回したい」という誘惑が、上で説明したオブティマイザーの利点の多くを覆してしまうかもしれません。しかし、人間がオブティマイザーと連携し、インプットを改善したりアウトプットを検証したりする経験を積み重ねれば、そうした介入が必要なケースを適切に判断できるようになるとも考えられます。

結論

幅広い投資を手掛けてきた当社の歴史の中で、私たちが構築し、利用してきたオブティマイザーは、啓発的なパートナーでありました。

その過程で、私たちはオブティマイザーがインプットに対して敏感であることや、端点解を求める傾向があることなどを考慮し、オブティマイザーの設計やオブティマイザーへの情報提供を改善する方法を学びました。また、私たちは投資家として（そして人間として）、私たち自身の性質についても多くのことを学びました。例えば、予測を立てるうえでの過信や過剰精度の影響、リスクや相関関係を過小推測したり過小評価したりする傾向、複数の複雑な計算を一度に直感することの限界などです。これらの教訓はオブティマイザーとの膨大な反復作業から得られたものであり、私たちは今後もオブティマイザーから学び続けられると確信しています。

人工知能が急速に普及しつつある昨今、このように言うと陳腐に聞こえるかもしれませんが、人間と機械との協力関係はそれぞれの比較優位を活かすうえで強力な武器になり得ます。私たちは、トレーダーやポートフォリオ・マネージャーがこうした協力関係から得た教訓をいかに自分のものにし、仮定をより正確に伝え、知的バイアスへの意識を高め、あらゆる判断に内在するトレードオフにより敏感になるのを見てきました。

投資家として、金融市場で実際に知り得ることや合理的に予測できることの限界を踏まえると、これらの教訓は特に有益であると考えられます。最先端のオブティマイザーと連携して仕事をこなす最高の実務者でも、投資に伴うすべての問題を解決できるわけではありません。しかし、私たちはオブティマイザーなしで仕事をするよりも、喜んでオブティマイザーと連携することを選びます。

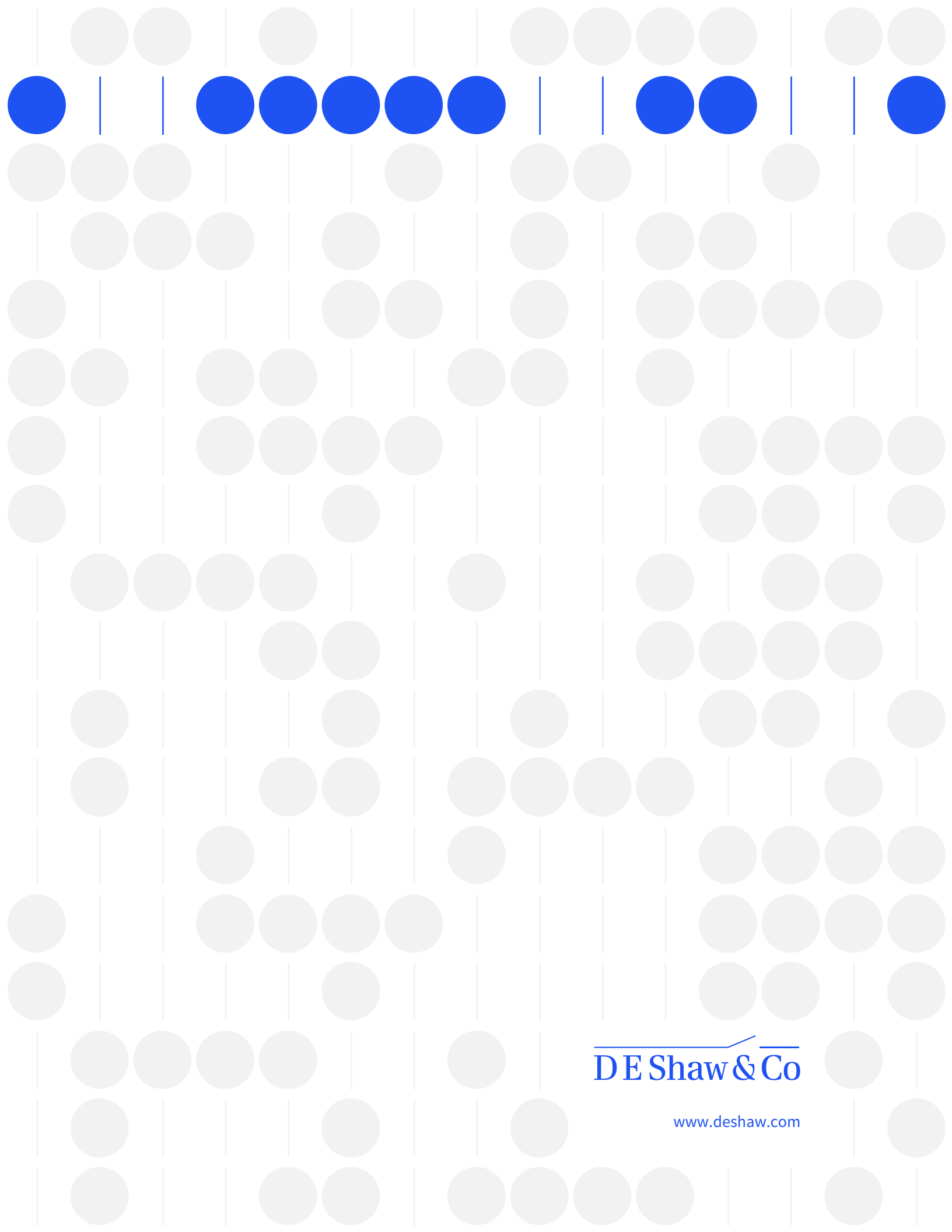
本資料は情報提供のみを目的としており、投資助言、またはいかなる証券、投資商品、サービスの販売の申し出（または購入の勧誘）を構成するものではありません。

本資料に記載されている見解はもっぱら本資料の日付時点における D. E. SHAW GROUP の見解であり、予告なしに変更されることがあります。また、D. E. SHAW GROUP 内の個人または事業体が投資や投資戦略を評価するために採用している基準を反映していない場合もあります。同様に、本資料に含まれる情報は（別途記載のない限り）もっぱら本資料の日付に関連して記載されており、本資料の受領者に通知することなくいつでも変更または更新される可能性があります。本資料に含まれる情報は、D. E. SHAW GROUP が作成したものか、信頼できると考えられる情報源から入手したのですが、D. E. SHAW GROUP はこれらの情報の正確性、妥当性、完全性を保証するものではありません。さらに、本資料には、将来の出来事、目標、予想に関する見通しやその他の将来予想に関する記述が含まれています。それらの記述の一部は現在の市場環境に基づいており、今後の市場イベントやその他の要因により変動し、更新される可能性があります。過去の市場動向は将来の市場動向や特定の投資の将来のパフォーマンスを示す信頼できる指標ではなく、そのようなものとして依拠すべきではありません。

より全般的には、本資料に記載されている目的、仮定、予想、目標が実現される保証はありません。D. E. SHAW GROUP の事業体、それぞれの関連会社、および前記のいずれかの株主、パートナー、メンバー、マネージャー、取締役、プリンシパル、職員、受託者、または代理人は、本資料の作成または内容におけるいかなる誤りについても（過失その他を問わず、不正がない限り法律で認められる最大限の範囲で）責任を負わず、かかる内容に依拠した結果についても責任を負いません。

本資料および本資料のいかなる部分も、D. E. SHAW GROUP の書面による事前の許可なく複製または配布することを禁じます。

COPYRIGHT © 2023 D. E. SHAW & CO., L.P. ALL RIGHTS RESERVED.



DE Shaw & Co

www.deshaw.com