

Oracle® Crystal Ball Decision Optimizer

OptQuest User's Guide

リリース 11.1.2.4

著作権情報

Oracle® Crystal Ball Decision Optimizer OptQuest User's Guide, 11.1.2.4

Copyright © 1988, Oracle and/or its affiliates. All rights reserved.

著者: EPM 情報開発チーム

OracleおよびJavaはOracle Corporationおよびその関連企業の登録商標です。その他の名称は、それぞれの所有者の商標または登録商標です。

Intel, Intel Xeonは、Intel Corporationの商標または登録商標です。すべてのSPARCの商標はライセンスをもとに使用し、SPARC International, Inc.の商標または登録商標です。AMD, Opteron, AMDロゴ、AMD Opteronロゴは、Advanced Micro Devices, Inc.の商標または登録商標です。UNIXは、The Open Groupの登録商標です。

このソフトウェアおよび関連ドキュメントの使用と開示は、ライセンス契約の制約条件に従うものとし、知的財産に関する法律により保護されています。ライセンス契約で明示的に許諾されている場合もしくは法律によって認められている場合を除き、形式、手段に関係なく、いかなる部分も使用、複写、複製、翻訳、放送、修正、ライセンス供与、送信、配布、発表、実行、公開または表示することはできません。このソフトウェアのリバース・エンジニアリング、逆アセンブル、逆コンパイルは互換性のために法律によって規定されている場合を除き、禁止されています。

ここに記載された情報は予告なしに変更される場合があります。また、誤りが無いことの保証はいたしかねます。誤りを見つけた場合は、オラクル社までご連絡ください。

このソフトウェアまたは関連ドキュメントを、米国政府機関もしくは米国政府機関に代わってこのソフトウェアまたは関連ドキュメントをライセンスされた者に提供する場合は、次の通知が適用されます。

U.S. GOVERNMENT END USERS:

Oracle programs, including any operating system, integrated software, any programs installed on the hardware, and/or documentation, delivered to U.S. Government end users are "commercial computer software" pursuant to the applicable Federal Acquisition Regulation and agency-specific supplemental regulations. As such, use, duplication, disclosure, modification, and adaptation of the programs, including any operating system, integrated software, any programs installed on the hardware, and/or documentation, shall be subject to license terms and license restrictions applicable to the programs. No other rights are granted to the U.S. Government.

このソフトウェアもしくはハードウェアは様々な情報管理アプリケーションでの一般的な使用のために開発されたものです。このソフトウェアもしくはハードウェアは、危険が伴うアプリケーション(人的傷害を発生させる可能性があるアプリケーションを含む)への用途を目的として開発されていません。このソフトウェアもしくはハードウェアを危険が伴うアプリケーションで使用する場合、安全に使用するために、適切な安全装置、バックアップ、冗長性(redundancy)、その他の対策を講じることは使用者の責任となります。このソフトウェアもしくはハードウェアを危険が伴うアプリケーションで使用したこと起因して損害が発生しても、オラクル社およびその関連会社は一切の責任を負いかねます。

このソフトウェアまたはハードウェア、そしてドキュメントは、第三者のコンテンツ、製品、サービスへのアクセス、あるいはそれらに関する情報を提供することがあります。オラクル社およびその関連会社は、第三者のコンテンツ、製品、サービスに関して一切の責任を負わず、いかなる保証もいたしません。オラクル社およびその関連会社は、第三者のコンテンツ、製品、サービスへのアクセスまたは使用によって損失、費用、あるいは損害が発生しても一切の責任を負いかねます。

目次

ドキュメントのアクセシビリティについて	5
ドキュメントのフィードバック	6
第1章. ようこそ	7
はじめに	7
このマニュアルの編成方法	7
スクリーン・キャプチャについて	8
ヘルプの表示	8
追加リソース	9
第2章. 概要	11
はじめに	11
OptQuestの機能	11
OptQuestの動作	12
最適化モデルについて	13
最適化の目的関数	14
予測統計量	14
最小化または最大化	14
要件	15
要件の例	15
意思決定変数	15
制約条件	16
モデルと解の実現可能性	16
効率的フロンティア分析	17
効率的ポートフォリオ	17
OptQuestと工程能力	19
第3章. モデルの設定と最適化	21
はじめに	21
概要	21
11.1.1.x以下のバージョンのOptQuestを使用中のユーザーへ	22
Crystal Ball最適化モデルの作成	22
ワークシートの作成	22
仮定、意思決定変数および予測の定義	23
Crystal Ballの実行プリファレンスの設定	23
OptQuestの起動	24
予測目的関数の選択	24
最適化する意思決定変数の選択	25
制約条件の指定	26
簡易入力モードでの制約条件の指定	27
「高度な入力」モードでの制約条件の指定	27
高度な入力の例	28
「制約条件」エディタと関連ボタン	29
制約条件のルールと構文	29

「高度な入力」モードでの制約条件とセル参照	31
制約条件のタイプ	31
バルク制約条件の使用	32
バルク制約条件のルール	32
バルク制約条件の例	32
オプションの設定	37
詳細設定オプション	38
最適化の実行	38
OptQuestの「コントロール・パネル」のボタンとコマンド	38
「OptQuestの結果」ウィンドウ	39
最適解ビュー	40
解の分析ビュー	41
「効率的フロンティア」グラフ	43
結果の解釈	44
解の分析の表示	45
限界値の分析	45
感度分析	45
結果の長期的なシミュレーションの実行	46
OptQuestの結果の印刷	46
Crystal Ballでのグラフの表示	46
OptQuestレポートの作成	46
OptQuestデータの抽出	49
最適化モデルと設定の保存	50
OptQuestの終了	51
OptQuestでの効率的フロンティア分析の設定	51
効率的フロンティアの変数の限界値の例	51
.optファイルからの設定の移行	51
OptQuestの詳細情報	53

第4章. OptQuestチュートリアル 55

はじめに	55
チュートリアル1 - Futura Apartmentsモデル	55
OptQuestの実行	56
チュートリアル2 - ポートフォリオ割当てモデル	61
問題の説明	61
OptQuestの使用	62
Crystal Ballモデルの作成	62
意思決定変数の定義	64
OptQuestの起動と予測目的関数の定義	64
最適化する意思決定変数の選択	65
制約の指定	66
オプションの設定と最適化の実行	68
結果の解釈	70
最適化設定の編集	71
結果の解釈	74
ポートフォリオ割当ての最適化のサマリー	74

用語集 75

ドキュメントのアクセシビリティについて

Oracleのアクセシビリティについての詳細情報は、Oracle Accessibility ProgramのWeb サイト <http://www.oracle.com/pls/topic/lookup?ctx=acc&id=docacc> を参照してください。

Access to Oracle Support

Oracleサポート・サービスでは、My Oracle Supportを通して電子支援サービスを提供しています。詳細情報は <http://www.oracle.com/pls/topic/lookup?ctx=acc&id=info> か、聴覚に障害のあるお客様は <http://www.oracle.com/pls/topic/lookup?ctx=acc&id=trs> を参照してください。

ドキュメントのフィードバック

このドキュメントへのフィードバックをお送りください: epmdoc_ww@oracle.com

次のソーシャル・メディア・サイトでEPM情報開発をフォローできます:

LinkedIn - http://www.linkedin.com/groups?gid=3127051&goback=.gmp_3127051

Twitter - <http://twitter.com/hyperionepminfo>

Facebook - <http://www.facebook.com/pages/Hyperion-EPM-Info/102682103112642>

Google+ - <https://plus.google.com/106915048672979407731/#106915048672979407731/posts>

YouTube - <http://www.youtube.com/user/OracleEPMWebcasts>

1

ようこそ

この項の内容:

はじめに	7
このマニュアルの編成方法	7
スクリーン・キャプチャについて	8
ヘルプの表示	8
追加リソース	9

はじめに

OptQuestは、Oracle Crystal Ball Decision Optimizerで利用できる最適化の機能です。

OptQuestは、シミュレーション・モデルに対する最適解を自動的に検索することによってCrystal Ball Decision Optimizerを強化します。シミュレーション・モデル自体は、あらゆる状況について想定される範囲の結果を示すのみです。最適な結果を残すためにシミュレーションをどう扱うかまでは示しません。

OptQuestは、高度な最適化手法を利用して適切な変数の組合せを見つけ、正確な結果を導き出します。シミュレーション・モデルを使用して、たとえば「来月の売上予想はどうか?」という質問に答えるとしましょう。この場合は、月次の売上を最大にする統一小売価格を見つけることができます。「この新しい油田の生産率はどのくらいになるか?」という質問はどうでしょうか。この場合は、正味現在価値が最大になるように、掘削する油井の数を決定できます。「どの株式ポートフォリオを選ばよいか?」だったらどうでしょう。OptQuestを使用すれば、最小限のリスクで最大限の利益を生むポートフォリオを選択できます。

Crystal Ball Decision OptimizerとOptQuestは、学習も使用方法も簡単です。ウィザードベースの設計なので、1時間もかからずにモデルの最適化を開始できます。習熟が必要なのは、Crystal Ballスプレッドシート・モデルの使用方法のみです。そこから、このマニュアルでは段階を追って、OptQuestの用語、手順、結果について説明していきます。

このマニュアルの編成方法

この「ようこそ」の章に続いて、OptQuestのユーザー・マニュアルには次の各章と付録があります:

- [11ページの第2章「概要」](#)

この章では、最適化モデルとそのコンポーネントについて説明します。

- [21ページの第3章「モデルの設定と最適化」](#)

この章では、OptQuestで最適化を設定して実行する手順を段階的に説明します。

- [55ページの第4章「OptQuestチュートリアル」](#)

この章には、OptQuestの機能を簡単に紹介し、プログラムの使用方法を示すための2つのチュートリアルがあります。OptQuestの基本的な知識が必要な場合は、この章をお読みください。

- 用語集

この章には、OptQuestに固有の用語と、このマニュアルで使用する統計用語がまとめてあります。

OptQuestのサンプル、OptQuestの動作とパフォーマンス最適化についての情報、参考文献については、*Oracle Crystal Ballリファレンスおよびサンプル・ガイド*を参照してください。

OptQuestのメニューのまとめと、キーボードから直接実行できるコマンドのリストは、*Oracle Crystal Ballアクセシビリティ・ガイド*を参照してください。

スクリーン・キャプチャについて

このドキュメント内のすべてのスクリーン・キャプチャは、特に断りのないかぎり、Crystal Ballの実行プリファレンスの乱数シードを999に設定して撮られたものです。

システム構成ごとに丸め処理に違いがあるため、計算結果はサンプルの結果と若干異なる場合があります。

ヘルプの表示

OptQuestの操作中は、様々な方法でオンライン・ヘルプを参照できます：

- ダイアログで「ヘルプ」ボタン  をクリックする方法。
- Crystal Ballリボンの最後にある「ヘルプ」ボタン  をクリックします。
- ダイアログで[F1]キーを押す方法。



注：

[F1]キーを押すと、分布一覧またはCrystal Ballの他のダイアログを表示していないかぎり、Microsoft Excelのヘルプが表示されます。



ヒント：

ヘルプが開いたら、「検索」タブを選択します。「目次」タブをクリックすると、ヘルプの目次が表示されます。

追加リソース

オラクル社は、Crystal Ball製品をより効果的に使用するためのテクニカル・サポート、トレーニング、追加リソースを提供しています。

これらのリソースの詳細は、次のURLでCrystal BallのWebサイトを参照してください:

<http://www.oracle.com/crystalball>

2

概要

この項の内容:

はじめに	11
OptQuestの機能	11
OptQuestの動作	12
最適化モデルについて	13
最適化の目的関数	14
意思決定変数	15
制約条件	16
モデルと解の実現可能性	16
効率的フロンティア分析	17
OptQuestと工程能力	19

はじめに

この章では、最適化モデルの大きな要素として、次の3つを説明しています: 目的関数、意思決定変数およびオプションの制約条件。予測統計量や要件など、不確実性を伴うモデルに必要な他の要素についても説明し、実現可能性、効率的フロンティア分析、Crystal Ballの工程能力機能による最適化について触れました。

OptQuestの機能

ほとんどのシミュレーション・モデルには、賃貸料や投資額などを制御する変数があります。Crystal Ballでは、このように制御される変数を意思決定変数と呼びます。意思決定変数の最適値を求めると、重要な目標の達成と、目標の失敗との間の差が明確になります。

最適値を取得するため、一般的には反復的またはアドホックの検索が必要になります。より厳密な方法では、考えられる選択肢をすべて体系的に列挙します。このプロセスは、たとえ小さいモデルであっても非常に冗長であり、時間もかかり、1回のシミュレーションから次に進むときに値を調整する方法も明確ではありません。

OptQuestは、シミュレーション・モデルに最適な解をインテリジェントに検索することによって、アドホックの方法と列挙的な方法の限界をどちらも克服しています。OptQuestでの最適化問題を記述すれば、事前定義済の目的関数を最大化または最小化する意思決定変数の値が検索されます。ほとんどの場合、考えられる膨大な選択肢から、たとえそのごく一部を調べるときでも、最適な、または最適に近い解が効果的に検出されます。

OptQuestの機能を最も簡単に理解するには、簡単な例に適用するという方法があります。基本的なOptQuestの操作は、[55ページのチュートリアル1 - Futura Apartmentsモデル](#)で実例が示されています。

OptQuestの動作

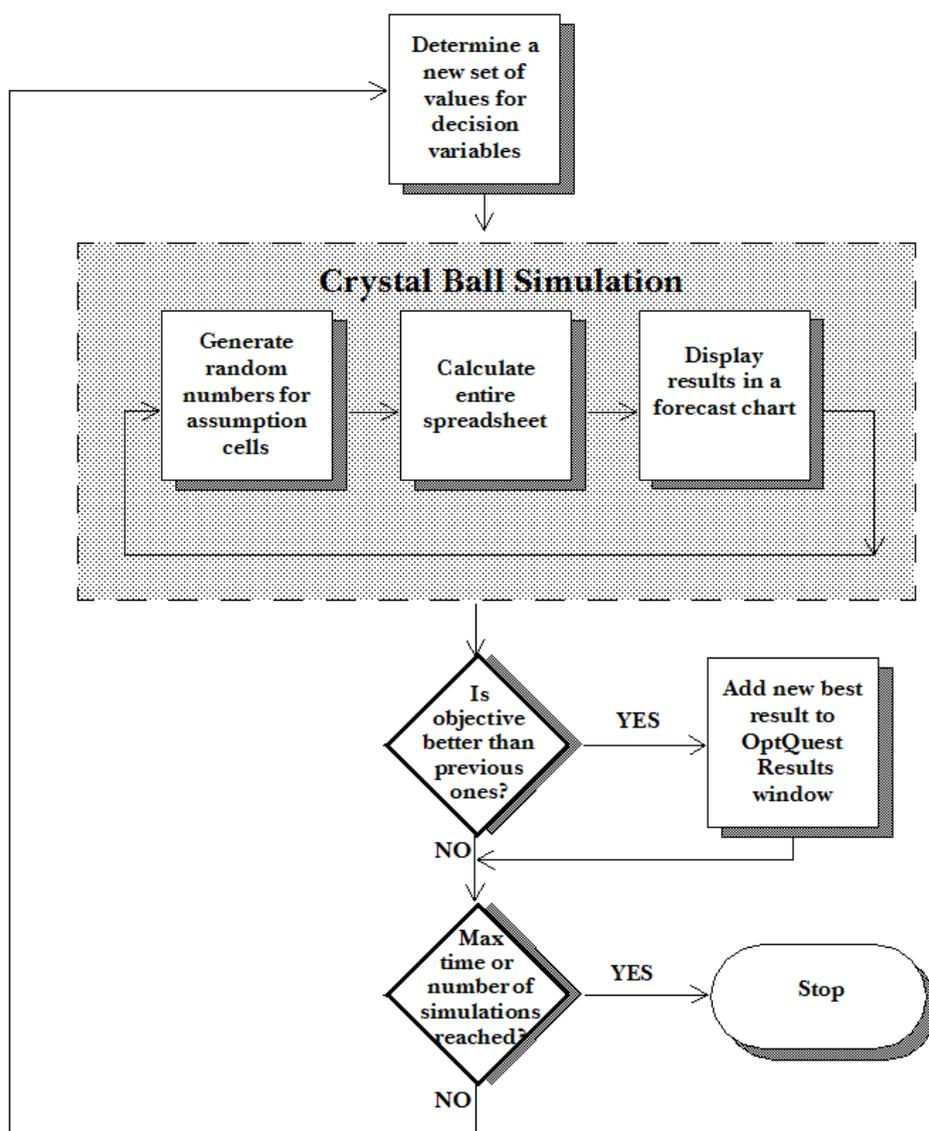
正確にわかっているモデル・データを使用し、所定の開始ポイントをめぐる局所解を求める場合であれば、従来の検索方法でも十分です。ただし、多くの不確実性が含まれる現実的な問題に対するグローバルな解を探る場合、この方法では失敗します。最適化の近年の向上により、不確実な要素を伴う複雑な問題に対する最適解を求めることのできる効率的な検索方法が生まれました。

OptQuestには、その検索アルゴリズムを利用して適切な解を求めるメタヒューリスティックが採用されています。このアプローチでは、以前のような解が適切に機能したかを記憶しておく一種の適応型メモリーを使用し、それを新しく適切な解に組み合わせます。この手法は通常のソルバーの勾配型アプローチを使用しないため、局所解にとどまることも、ノイズの多い(不確実な)モデル・データに影響されることもありません。OptQuestの検索手法の詳細は、*Oracle Crystal Ball* フォアキャストおよびサンプル・ガイドで、OptQuestに関する項にリストされているドキュメントを参照してください。

(意思決定変数と目的関数を選択し、場合によっては制約条件と要件を指定して)最適化問題を記述したら、OptQuestによってCrystal Ballが起動され、意思決定変数の値ごとにシミュレーション・モデルが評価されます。OptQuestは、シミュレーション・モデルの統計量出力を評価し、それ以前に実行したシミュレーションからの出力とあわせて分析および統合して、評価が必要な新しい値セットを決定します。これは、新しい値セットを継続的に生成する反復的なプロセスです。これらの値がすべて目的関数を改善するわけではありませんが、長期的に見れば最適解に対するきわめて効率的な軌跡となります。

次のフロー・チャートに示すように、検索に指定された時間の制限か、シミュレーション最大回数のいずれかの一定の決定基準に達するまで、検索プロセスが続行されます。

図1 OptQuestのフロー



最適化モデルについて

競争の激しい今日のグローバル経済において、人は数多くの困難な意思決定を迫られます。そのような意思決定には、何千あるいは何百万という選択肢が存在します。モデルは、意思決定を分析し適切な解を求めるうえで有効な補助手段です。モデルは、問題の最も重要な特徴を取得し、解釈しやすい形でそれを提示します。直観のみでは得られない洞察が、モデルで得られることも少なくありません。

OptQuestの最適化モデルで重要な要素は、目的関数、Crystal Ballの意思決定変数、オプションとしての要件および制約条件の4つです。

- [14ページの最適化の目的関数](#) - 予測や関連する意思決定変数に基づいて、最適化の目標を表す要素。利益の最大化やコストの最小化など。
- [15ページの要件](#) - (オプション)予測統計量に対して課される制限。解が可能解とみなされるには、すべての要件が満たされる必要があります。

- **15ページの意思決定変数** - 制御可能な変数。たとえば、製造する製品の数量、投資ごとに割り当てる金額、制限された中で選択するプロジェクト数など。
- **16ページの制約条件** - (オプション)意思決定変数の値に対して課される制限。たとえば、いくつかの投資に割り当てる金額の合計が指定金額を超えないようにする、または特定のグループから1つのプロジェクトのみを選択するように限定できます。

モデルの設定と最適化の実行を実際に体験するには、[61ページのチュートリアル2 - ポートフォリオ割当てモデル](#)を参照してください。

最適化の目的関数

最適化モデルは、それぞれ1つの目的関数を持ちます。これは、仮定セルと意思決定変数セルの関数、およびモデルにおけるその他の式としてモデルの目標を数学的に表す関数です。OptQuestの役割は、意思決定変数に対して異なる値の選択と改善を繰り返しながら、目的関数の最適値を求めることです。

モデル・データが不確実で、確率分布によってしか表せない場合には、目的関数それ自体が一定の意思決定変数に対する確率分布を持つようになります。この確率分布は、目的関数を予測として定義し、Crystal Ballでモデルをシミュレートすることで求められます。

予測統計量

予測分布の全体を目的関数として使用することはできませんが、分布どうしを比較して選択するためには、1つの要約測度を使用して分布を特徴づける必要があります。したがって、OptQuestを使用するには、1つの予測の統計量を目的関数として選択する必要があります。目的関数を最大化するか最小化するかを選択し、それをターゲット値に設定することも必要です。

選択する統計量は、目的関数の目標によって異なります。ある数量を最大化または最小化する際、中心傾向の測度としては平均または中央値を使用することが多く、その中では平均の使用が一般的です。ただし、分布の歪度が大きい場合には、平均の方が不安定になる(標準偏差の誤差が大きくなる)ことがあり、中心傾向の測度として中央値の方が適切になります。

X/Yの機会統計は、目的関数ではなく要件に対してのみ使用できます。

全体的なリスクを最小化する場合は、目的関数の標準偏差と分散が統計として最適です。目的関数の極値を最大化または最小化する場合は、低と高のパーセンタイルが統計として適しています。目的関数の形状、つまり範囲を制御する場合は、歪度、尖度、不確実性の統計を使用します。シックス・シグマなどの工程品質管理プログラムを扱う場合は、目的関数を決定する際の指標として、工程能力を使用する必要が生じることがあります。これらの統計の詳細は、用語集、オンライン・ヘルプ、およびオンラインの[Oracle Crystal Ball統計ガイド](#)を参照してください。

最小化または最大化

目的関数を最大化するか最小化するかは、最適化する対象として選択する統計量によって異なります。たとえば、利益を予測する際に統計量として平均を選択した場合、最大化するのは利益の平均です。一方、統計量として標準偏差を選択した場合は、予測の不確実性を抑えるため、これを最小化することがあります。

要件

要件は、予測統計量を制限します。制約条件は意思決定変数(または意思決定変数の関係)を制限するので、その点で異なります。文献によっては、要件を確率的制約条件、機会制約条件、副制約条件、目標と呼ぶこともあります。

要件を定義する際には、まず予測を選択します(目的予測、または他の予測)。目的関数の場合と同様、その予測の統計量を選択しますが、最大化または最小化するかわりに、上限、下限、または両方(範囲)を指定します。

効率的フロンティア分析を実行する場合には、変数の限界値を伴う要件を定義します。詳細は、[17ページの効率的フロンティア分析](#)を参照してください。

要件の例

55ページの第4章「OptQuestチュートリアル」の「ポートフォリオ割当ての例」では、投資家が投資利益の標準偏差を制限する条件を設定しようとしています。標準偏差は統計予測量であり、意思決定変数ではないため、この制限は要件です。

指定できる予測統計量に対する要件の例を、次に示します:

95th percentile \geq 1000

$-1 \leq$ skewness \leq 1

Range 1000 to 2000 \geq 50% certainty

意思決定変数

意思決定変数とは、賃貸料やミューチュアル・ファンドにおける投資額など、制御可能なモデルにおける変数です。意思決定変数は、Crystal Ballモデルで必須ではありませんが、OptQuestモデルでは必須です。Crystal Ballの「意思決定変数の定義」ボタンをクリックして、Crystal Ballの意思決定変数を定義します。

Crystal Ballで意思決定変数を定義するとき、定義する内容は次のとおりです:

- **限界値** - 変数の上限と下限を定義します。この範囲でのみ意思決定変数の解が検索されます。
- **タイプ** - 変数タイプが離散、連続、二項、カテゴリ、カスタムのいずれであるかを定義します:
 - 連続 - 小数をとり得る変数(つまり、整数である必要がなく、上限と下限の間で任意の値をとれます); ステップ・サイズは必須ではなく、任意の範囲に無限数の値をとれます。
 - 離散 - 下限に等しい値と、そのステップ・サイズの倍数のみをとる変数。ステップ・サイズは、ゼロより大きく変数の範囲より小さい任意の数です。
 - 二項 - 0または1をとり、Yes-Noによる意思決定を表す変数。0がNo、1がYesです。
 - カテゴリ - 属性またはインデックスを表す意思決定変数。下限と上限の間(下限値および上限値を含む)の任意の離散整数を受け入れることができます。この場合、値の順序(方向)は関係ありません(名目)。限界値は整数です。
 - カスタム - 特定の値(複数)のリストから任意の値をとることのできる意思決定変数。スプレッドシートで、値のリストを入力することも、値のリストに対するセル参照を入力することもできます。セル参照を使用する場合、複数

の値が存在するように複数のセルを含める必要があります。範囲内の空白および数値以外の値は無視されます。値をリストで入力する場合は、有効なリスト区切り文字(Windowsの地域と言語の設定で指定されているカンマ、セミコロンまたは他の値)で区切ります。

詳細は、*Oracle Crystal Ballユーザーズ・ガイド*を参照してください。

- **ステップ・サイズ** - 定義された範囲で、離散意思決定変数の連続値の間の差を決定します。たとえば、離散意思決定変数の範囲が1から5、ステップ・サイズが1の場合、とり得る値は1、2、3、4、5のみであり、離散意思決定変数の範囲が0から2、ステップ・サイズが0.25の場合、とり得る値は0、0.25、0.5、0.75、1.0、1.25、1.5、1.75、2.0のみです。

セルの値はベース・ケース値、つまり最適化の開始値です。



注:

意思決定変数のタイプを変更すると、ベース・ケースがそのタイプで有効な値の範囲から外れる場合には、新しいベース・ケース値を選択します。ベース・ケースは、新しいタイプで許容される最も近い値に変更されます。

最適化モデルで、最適化する意思決定変数を、定義されているすべての意思決定変数のリストから選択します。選択した意思決定変数の値は、その最適値が見つかるまで、時間とシミュレーション制限の範囲内でシミュレーションごとに変化します。

制約条件

制約条件は、最適化モデルではオプションの設定です。意思決定変数は、その関係を定義することで制限されます。たとえば、2つのミューチュアル・ファンドにおける投資額を\$50,000とする場合、これは次のように定義できます:

```
mutual fund #1 + mutual fund #2 = 50000
```

OptQuestでは、この2つのミューチュアル・ファンドで、合計が\$50,000になる値の組合せしか判定されません。

あるいは、ガソリンと運輸サービスに対する支出が予算上\$2,500に制限される場合、次のように定義します:

```
gasoline + service <= 2500
```

この場合、OptQuestではガソリンとサービスを組み合わせた値が\$2,500を下回る場合についてのみ計算されます。

すべての最適化モデルで制約条件が必須なわけではありません。

モデルと解の実現可能性

可能解とは、定義されている制約条件と要件をすべて満たす解です。意思決定変数の値をどのように組み合わせても、要件と制約条件のセット全体を満たすことができなければ、不可能解となります。解(意思決定変数に対する1組の値)が不可能解となるのは、問題の要件または制約条件を満たせない場合ですが、その問題またはモデル自体が実現不可能であることを意味するとはかぎりません。

モデル全体が実現不可能となるような制約条件と要件が定義される場合もあるということです。たとえば、第1章のポートフォリオ割当ての問題で、投資家が次のような制約条件で最適な投資ポートフォリオを求めたいと仮定します:

$$\text{Income fund} + \text{Aggressive growth fund} \leq 10000$$
$$\text{Income fund} + \text{Aggressive growth fund} \geq 12000$$

インカム・ファンドと積極成長型ファンドの合計が\$10,000を超えず、同時に\$12,000以上になるという投資の組合せが存在しないことは、明らかです。

あるいは、これと同じ例で、意思決定変数の限界値が次のとおりであると仮定します:

$$\$15,000 \leq \text{Income fund} \leq \$25,000$$

制約条件は次のとおりです:

$$\text{Income fund} \leq 5000$$

この結果も不可能解となります。

制約条件によってモデル化される関係の矛盾を修正すれば、実現不可能な問題を実現可能にすることができます。OptQuestは、制約条件について不可能解となる最適化モデルを検出し、ユーザーにレポートします。

モデルが制約条件について可能解となる場合には、OptQuestは常に可能解を求め、最適解(すべての制約条件を満たす最適な解)を検索します。

最適化モデルに要件が含まれる場合、制約条件を満たす解が、1つ以上の要件については不可能解になることもあります。

制約条件の実現可能性を満たすと、次に優先されるものは、要件の点でも可能解となる解を見つけることであると想定されます。したがってOptQuestは、まず要件についての可能解を求めることに集中し、次にモデルの目的関数に応じてその解を改善しようとします。

効率的フロンティア分析

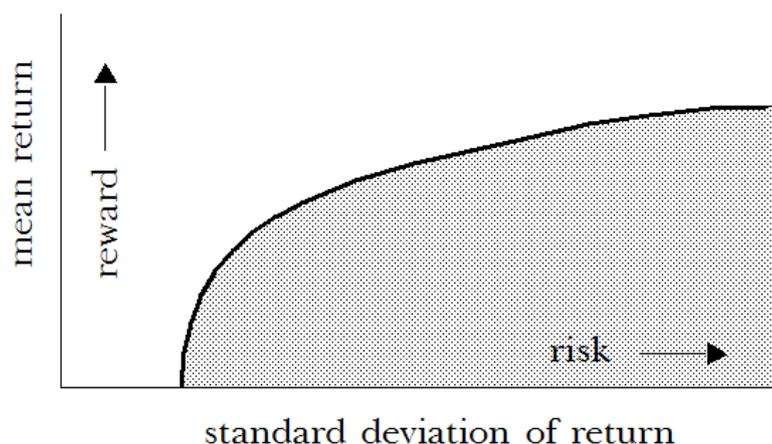
効率的フロンティア分析は、要件または制約条件の変化に対して目的関数値をプロットする曲線を計算します。一般的な使用方法としては、投資家が投資利益率を最大化してリスクを最小化できるように、リスク・レベルごとにポートフォリオ・リターンを比較します。このタイプの分析を使用するには、要件または制約条件に範囲を定義する必要があります。手順については、[51ページのOptQuestでの効率的フロンティア分析の設定](#)を参照してください。

効率的フロンティア分析の用法の1つが、投資のポートフォリオ間で最も効率的にファンドを割り当てることです。この手法については、Portfolio Revisited EF.xlsxの説明ページで説明されています。次の[17ページの効率的ポートフォリオ](#)では、その背景にある概念について説明します。

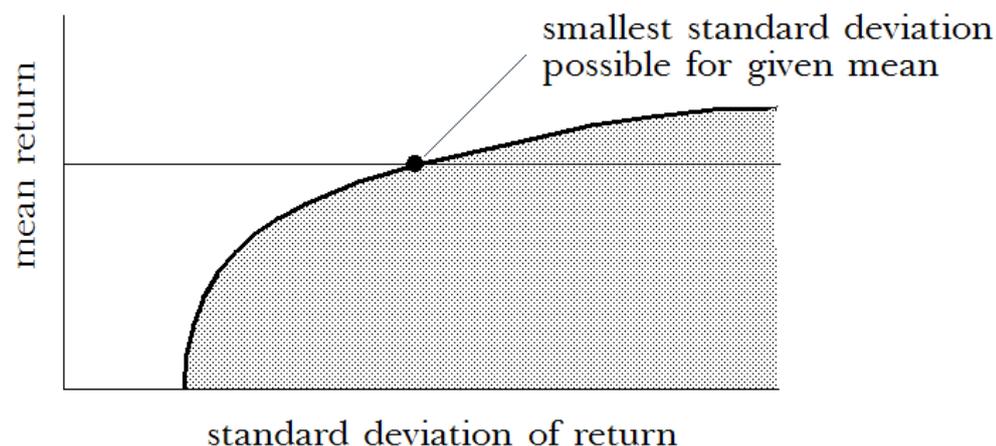
効率的ポートフォリオ

Portfolio Revisited.xlsxに記述されている資産に対する投資戦略で、考え得るすべての組合せを調べようとすると、特定の平均投資利益と、それに関連する投資利益の標準偏差がポートフォリオごとに存在することがわかりま

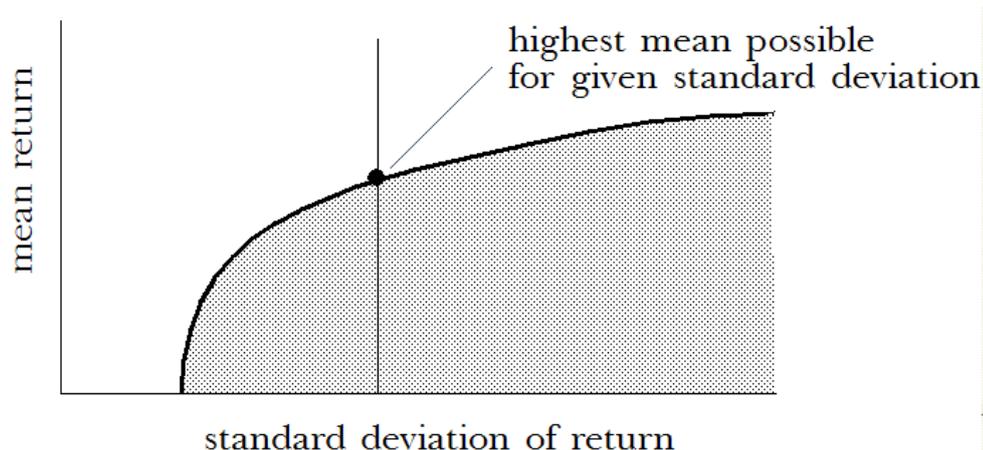
す。一方の軸上に平均をプロットし、もう一方の軸上に標準偏差をプロットすると、次のようなグラフを描くことができます:



曲線上およびそれを下回る点(曲線以下の値)が、可能な投資の組合せを表しています。曲線を超える点(曲線より高い値)は、特定の資産を使用できる場合に不可能な組合せです。特定の平均投資利益に対して、標準偏差が最小となるポートフォリオが1つあります。このポートフォリオは、曲線が投資利益の平均と交差する点上に存在します。



同様に、投資利益の特定の標準偏差について、平均投資利益が最大となるポートフォリオも1つあります。このポートフォリオは、曲線が投資利益の標準偏差と交差する点上に存在します。



この曲線上にあるポートフォリオを効率的と呼びます(*Oracle Crystal Ball*リファレンスおよび*サンプル・ガイド*の OptQuestに関する項で、参考文献にリストされているMarkowitz, 1991を参照)。標準偏差を高くしないかぎり平

均投資利益を高くすることはできず、平均投資利益を低くせずに標準偏差を低くすることもできないからです。効率的ポートフォリオの曲線は、多くの場合、効率的フロンティアと呼ばれます。

この曲線より下の値をとるポートフォリオは非効率的である、つまり投資利益が高いか標準偏差が低い、あるいはその両方である、より適切なポートフォリオが存在することになります。

[61ページのチュートリアル2 - ポートフォリオ割当てモデル](#)の例では、ある手法を使用して効率的フロンティア上の最適解を求めています。この手法では、投資利益の平均と標準偏差が、リスクと利益を均衡する基準として使用されます。

ポートフォリオの選択には、他の基準も使用できます。平均投資利益のかわりに、中心傾向の基準として中央値または最頻値(モード)を選択できます。このような選択基準を、中央値-標準偏差効率、または最頻値-標準偏差効率と呼びます。投資利益の標準偏差のかわりに、分散、範囲の最小、下限パーセンタイルをリスクまたは不確実性の基準と選択することもできます。このような選択基準を、平均-分散効率、平均-範囲最小効率、または平均-パーセンタイル効率と呼びます。

最頻値(モード)を使用するのは、シミュレーション中に離散値が複数回出現する離散値予測分布に限られます。

OptQuestと工程能力

OptQuestを使用すると、シックス・シグマやDesign for Six Sigma (DFSS)、リーン原理、その他の品質管理計画などの工程能力管理プログラムに対応できます。そのためには、「実行プリファレンス」ダイアログの「統計量」タブで「工程能力指標の計算」を選択して、Crystal Ballの工程能力機能をアクティブ化します。これを設定したら、「予測の定義」ダイアログで、予測に対して規格限界の下限(LSL)、規格限界の上限(USL)、またはその両方を定義します。(オプションで目標値を指定することもできます。)

少なくとも1つの規格限界を定義すると、その予測について工程能力指標を最適化できるようになります。工程能力指標は、他の予測統計量とともにOptQuestの「目的関数」パネルに表示されます。モデルに値をコピーし戻すと、最適化された値、関連する予測グラフ、および工程能力指標がワークブックに表示されます。詳細は、*Oracle Crystal Ballユーザーズ・ガイド*を参照してください。

3

モデルの設定と最適化

この項の内容:

はじめに	21
概要	21
Crystal Ball最適化モデルの作成	22
OptQuestの起動	24
予測目的関数の選択	24
最適化する意思決定変数の選択	25
制約条件の指定	26
オプションの設定	37
最適化の実行	38
結果の解釈	44
最適化モデルと設定の保存	50
OptQuestの終了	51
OptQuestでの効率的フロンティア分析の設定	51
.optファイルからの設定の移行	51
OptQuestの詳細情報	53

はじめに

この章では、段階的にOptQuestの使用方法を説明します。OptQuestのパネルとダイアログについても詳細に説明します。

概要

▶ OptQuestでモデルの設定と最適化を行うには、次の手順に従います:

1. 問題からCrystal Ballモデルを作成します。
2. Crystal Ballで意思決定変数を定義します。
3. OptQuestで、予測目的関数を選択し、要件があれば定義します。
4. 最適化する意思決定変数を選択します。
5. 意思決定変数に対する制約条件があれば指定します。
6. 最適化設定を選択します。
7. 最適化を実行します。

8. 結果を解釈します。

11.1.1.x以下のバージョンのOptQuestを使用中のユーザーへ

11.1.1.x以下のバージョンのOptQuestを使用していた場合は、大きな変更点がありますので注意してください。すでにおわかりのように、ユーザー・インタフェースは簡単に使用できるように再設計されています。柔軟性が高くなり、意思決定変数は5種類になりました。

その他の変更点として、.optファイルは最適化設定の保存に使用されなくなりました。最適化設定とオプションの保存の詳細は、[50ページの最適化モデルと設定の保存](#)を参照してください。.optファイルから、現行モデルのワークブックに設定を移行しやすいように、.optファイル・ビューアが提供されます。手順については、[51ページの.optファイルからの設定の移行](#)を参照してください。

Crystal Ball最適化モデルの作成

OptQuestを使用する前に、まず適切なOptQuestモデルを作成する必要があります。その手順として、十分なテストを経たMicrosoft Excelスプレッドシートを作成し、Crystal Ballを使用して仮定と予測のセルを定義します。モデルが正常に動作し、予定の結果が得られることを確認するためには、Crystal Ballモデルを調整してシミュレーションを何回か実行する必要があります。

ワークシートの作成

スプレッドシート・モデルは、良好な設計の原則に従って作成してください。そうすれば解釈も変更も容易になるからです。

スプレッドシートには次のものが含まれます：

- わかりやすいタイトル。
- 出力および作業領域とは別の入力データ領域。入力変数はすべて独自のセルに配置し、後から仮定または意思決定変数として定義できるようにします。
- 複雑な計算、式、データ・テーブルに必要な作業領域。
- モデルの結果を表示する独立した出力セクション。

例は、ポートフォリオ割当てのスプレッドシート・モデル([63ページの図 23](#))を参照してください。

仮定はすべて、行5から行8に配置されています。行13から行16は、OptQuestチュートリアルの中でユーザーが意思決定変数を作成するので、そのために確保されています。計算の際、予測セルは値を直接ではなく、これらの入力変数を参照します。したがって、値を簡単に変更でき、予測の計算が自動的に更新されます。

スプレッドシートを簡単に使用するための、その他のヒント：

- どのような変更でも、ワークシート全体に自動的に反映されるように、入力データの参照にはセル参照または範囲名のみを使用します。

- 通貨やカンマの書式などに、適切なセル書式を使用します。
- エラーを最小限に抑え、理解もしやすいように、複雑な式は複数のセルに分けます。
- 式のセルの隣には、必要に応じて説明のコメントを追加します。
- 適切なスプレッドシートの設計については、*Oracle Crystal Ballリファレンスおよびサンプル・ガイド*で、OptQuestに関する項にリストされているドキュメントを参照してください。

仮定、意思決定変数および予測の定義

スプレッドシートの作成とテストが完了したら、仮定、意思決定変数および予測を定義できます。仮定、意思決定変数および予測の定義の詳細は、*Oracle Crystal Ballユーザーズ・ガイド*を参照してください。

Crystal Ballの実行プリファレンスの設定

Crystal Ballの実行プリファレンスを設定するには、Oracle Crystal Ballリボンの「実行プリファレンス」を選択します。最適化のために、通常はCrystal Ballを次のように設定してください：

- 「試行」タブ - 実行する最大試行回数を1000に設定します。

平均、中央値、最頻値(モード)などの中心傾向統計は、1つのシミュレーションについて500回から1000回試行すると安定した解が得られます。末端のパーセンタイルと、最大および最小の範囲値には通常、2000回以上の試行が必要です。

- 「サンプリング」タブ - サンプリング手法を「ラテン・ハイパーキューブ」にデフォルトの分割サイズで設定します。

「ラテン・ハイパーキューブ」のサンプリングでは、解の品質、特に平均統計量の精度が高くなります。

- 「サンプリング」タブ - 「乱数の生成」を「同じ乱数シーケンスを使用」に、「初期シード値」を999に設定します。

初期シード値は、仮定セルに対して生成される乱数シーケンスの最初の値を決定します。こうすると、同じセットの乱数を使用してシミュレーションを繰り返し、シミュレーション結果を高精度で比較できます。初期シード値を設定しない場合は、OptQuestで自動的にランダムなシードが選択され、シミュレーションを実行するたびにその開始シードが使用されます。

Crystal Ballの予測で極端な外れ値が出る場合は、シード値を変えた最適化を実行して、解の安定性を検証してください。

- 「速度」タブ - 可能であれば、「最高速モード」で実行します。



注：

「最高速モード」を使用すると、特定の条件下でのモデル互換性に関する問題を作成できます。詳細は、*Oracle Crystal Ballユーザーズ・ガイド*の実行プリファレンスに関する項および付録Cを参照してください。

Crystal Ballで仮定、意思決定変数および予測の定義が完了すると、OptQuestで最適化プロセスを開始できます。

OptQuestの起動

▶ OptQuestを起動するには:

1. Crystal Ballリボンの「**OptQuest**」を選択します。

OptQuestウィザードが起動します。

2. ウィザードの各パネルを完了して最適化を設定します。このプロセスの最初の手順としては、最適化する予測目的関数を選択します。



注:

このバージョンのOptQuestでは、.optファイルは使用しません。既存の.optファイルから設定を取り出してこのバージョンのOptQuestで使用する場合には、[51ページの.optファイルからの設定の移行](#)を参照してください。

予測目的関数の選択

OptQuestウィザードが起動すると、[53ページの図 15](#)に示すような「目的関数」パネルが開きます。(初めてウィザードを起動する場合は、「ようこそ」画面が表示されます。「次」をクリックして「目的関数」パネルを表示します。)

「目的関数」パネルで、最大化または最小化する、あるいは目標値に設定する予測統計量を選択します。オプションで、目的予測またはその他の予測に対して1つ以上の要件を定義できます。

[65ページの図 24](#)に、モデルで見つかった最初の予測を含めて、デフォルトの目的関数が表示されます。



注:

目的関数は複数定義できますが、一度に使用できるのは1つのみです。現在の最適化から目的関数を除外するには、「除外」を選択します。

▶ 予測目的関数を定義し、オプションで要件を定義するには:

1. 複数のワークブックを開いている場合には、「プライマリ・ワークブック」リストを使用して、最適化するデータを含むワークブックを選択します。
2. 「目的関数の追加」をクリックします。

デフォルトの目的関数が「目的関数」領域に表示されます。

3. デフォルトの目的関数の定義を確認します。「操作」、「統計」、「予測」の形式があります。
 - a. まず、モデルに複数の予測がある場合には、デフォルトの目的関数に、目的関数に追加する同じ予測が含まれているかどうかを確認します。含まれていない場合は、下線の付いた予測をクリックし、選択した予測に置き換えます。10を超える予測を使用できる場合は、リストの下部に「その他の予測」が表示されます。これを選択すると、予測を選択するダイアログが表示されます。
 - b. 次に、その予測の統計量を最大化するかどうかを決定します。統計量を最小化する、または目標値として設定する場合には、下線の付いた操作をクリックして別の操作を選択します。
 - c. 最後に、下線の付いた統計量を使用するかどうかを決定します。使用しない場合には、クリックして別の統計量を選択します。Crystal Ballの工程能力機能をアクティブ化しており、LSLまたはUSLを定義している場合には、工程能力の統計量もリストから選択できます。



注:

多くの問題で、最適化する統計量として最も一般的なのは予測の平均(期待値)ですが、常にそうとはかぎりません。たとえば、投資家がポートフォリオの値上げ余地を最大化する場合には、目的関数としてパーセンタイル90または95を使用することが考えられます。最大のリターンを達成する可能性が最も高い結果が、解になります。同様に、ポートフォリオの値下げ余地を最小化する場合には、大規模な損失のリスクを最小化する目的関数としてパーセンタイル5または10を使用できます。その他の統計を使用して、各種の目的関数を実現できます。使用可能な統計量の説明は、用語集、オンライン・ヘルプ、およびオンラインのOracle Crystal Ball統計ガイドを参照してください。

4. オプション: 要件を定義します。

- a. 要件を追加するには、「要件の追加」をクリックします。デフォルトの要件が表示されます。
- b. 最初に、デフォルトの統計量を確認します。これを使用しますか?使用可能な選択肢のリストを見るには、下線の付いた統計量をクリックし、必要に応じて別の統計量を選択します。選択の内容によって、要件の説明が変化することがあります。
- c. 次に、予測を確認します。必要な場合は、下線の付いた予測をクリックして別の予測を選択します。
- d. 次に、要件の演算子を確認します。選択した統計量が、選択した値以下か、選択した値以上か、または選択した2値の間(両端を含む)かのいずれかです。下線の付いた制限をクリックして別の制限を選択します。「次の値の間」を選択すると、追加の目標値が表示されます。
- e. 最後に、目標値(単数または複数)を確認し、調整します。値を変更するには、クリックして新しい値を上書きします。
- f. その他の要件を追加するには、手順3aから3eを繰り返します。新しい要件は、直前に入力した要件の複製です。
- g. **オプション:** 効率的フロンティア分析に変数の限界値を設定する場合には、変数をクリックして「効率的フロンティア」をクリックします。詳細は、[17ページの効率的フロンティア分析](#)を参照してください。



注:

複数の要件を作成できますが、すべてを同時には使用しません。「除外」を選択した場合、OptQuestによる現在の最適化でその要件が使用されません。

5. **オプション:** 旧バージョンのOptQuestの.optファイルがある場合には、「インポート」をクリックしてそのファイルを開き、新しい目的関数、要件、制約条件の定義に利用できます。詳細は、[51ページの.optファイルからの設定の移行](#)を参照してください。
6. **オプション:** 要件を削除するには、選択して「削除」をクリックします。
7. 目的関数と要件の設定が完了したら、「次」をクリックします。

「意思決定変数」パネルが開きます。

最適化する意思決定変数の選択

「目的関数」パネルで「次」をクリックすると、[66ページの図 25](#)のように「意思決定変数」パネルが開きます。開いているMicrosoft Excelワークブックで定義されている意思決定変数が、固定かどうかにかかわらず表示されます。

最適化プロセスの次の手順では、最適化する意思決定変数を選択します。意思決定変数それぞれの値は、最適な目的関数が得られるまでシミュレーションごとに変化します。一部の分析では、特定の意思決定変数の値を固定して残りを最適化できます。

デフォルトでは、開いているすべてのワークブックの意思決定変数が、モデルで固定されていてもすべて表示されます。固定された意思決定変数は、「固定」列が選択されます。必要に応じて、この選択を解除すれば最適化の対象になります。ただし、意思決定変数の固定と固定解除は、モデルでも反映されます。

OptQuestは、意思決定変数を定義するときに入力された制限、ベース・ケース(開始値)、意思決定変数タイプを使用します。

「セルの場所を表示」を選択すると、「意思決定変数」パネルには次の列が追加で表示されます:「セル・アドレス」、「ワークシート」および「ワークブック」。

▶ 選択内容を確認または変更するには:

1. リストされている変数を確認します。OptQuestによる最適化に含めない変数については、「固定」を選択します。
2. **オプション:** 意思決定変数の下限と上限、ベース・ケース、意思決定変数タイプを変更します。既存の値を強調表示して、上書き入力します。これで、ワークシートの意思決定変数の定義が変更されます。

これらの設定について、次の点に注意してください:

- 指定する限界値が厳密になるほど、最適解を求めるときの検索数は少なくなります。ただし、効率が向上するかわりに、最適解が指定された限界値の範囲外にあっても、その解が検出されないことになります。
- デフォルトでは、OptQuestはCrystal Ballモデルのベース・ケースのセル値を、初期の推奨解として使用します。推奨値が、指定された限界値の範囲外にある、または問題の制約条件を満たさない場合には、OptQuestで無視されます。



注:

「意思決定変数」パネルにリストされている意思決定変数は、名前、タイプ、固定ステータス、セル・アドレス、ワークシート、ワークブックを基準にしてソートできます。ソートするには、列見出しをクリックします。ソートの方向を示す矢印が表示されます。意思決定変数のソート基準列と方向はグローバル・プリファレンスとして保存され、レポートや抽出データで意思決定変数の順序を設定する際にも利用されます。

3. 意思決定変数の選択に問題がなければ、「次」をクリックします。

「制約条件」パネルが開きます。

制約条件の指定

OptQuestでは、意思決定変数間に関するモデルに対して可能な解を、制約条件で制限します。「制約条件」パネルを使用して、線形および非線形の制約条件を指定できます。たとえば、[61ページのチュートリアル2 - ポートフォリオ割当てモデル](#)の例では、投資の総額が\$100,000に制限されています。「制約条件」パネルでは、この制限が次の式で表されます:

Money Market fund + Income fund + Growth and Income fund + Aggressive Growth fund =
100000

デフォルトでは、「制約条件」パネルは簡易入力モードで開きます。このモードでは、ほとんどの制約条件式をスプレッドシートのセルに入力します。次に、Sheet!A1 <= 100などの単純な条件式を使用して、「制約条件」パネルで制約条件式を完成します。

詳細は、次の項、[27ページの簡易入力モードでの制約条件の指定](#)を参照してください。

「高度な入力」モードに移行すると、制約条件式を直接入力できます。[27ページの「高度な入力」モードでの制約条件の指定](#)を参照してください。



注:

複数の制約条件を作成できますが、すべてを同時には使用しません。「除外」を選択した場合は、OptQuestによる現在の最適化でその制約条件が使用されません。

現在、簡易入力モードおよび高度な入力モードの両方で、制約条件式のいずれかの側のセル範囲を使用して、バルク制約条件を作成できます([32ページのバルク制約条件の使用](#))。

簡易入力モードでの制約条件の指定

「意思決定変数」パネルで「次」をクリックするか、ナビゲーション・リストで「制約条件」をクリックすると、[67ページの図 26](#)のように「制約条件」パネルが開きます。

デフォルトでは、「制約条件」パネルは簡易入力モードで開きます。「制約条件の追加」をクリックすると、制約条件式の左辺と右辺の式があるセルを参照でき、演算子を選択できます。あるいは、右辺または左辺に値を入力できます。使用できる制約条件式の詳細は、[29ページの制約条件のルールと構文](#)を参照してください。

簡易入力モードの使用例は、[66ページの制約の指定](#)を参照してください。

「高度な入力」モードでの制約条件の指定

▶ 「高度な入力」モードで「制約条件」パネルを使用するには:

1. 「制約条件」エディタの隅にある「高度な入力」を選択して、「高度な入力」モードに切り替えます。
2. 「制約条件」エディタで、数式を入力します。「制約条件」パネルの下部にあるボタンを使用すると、式の編集が容易になります。

「制約条件」エディタの構文については、[29ページの制約条件のルールと構文](#)を参照してください。

制約条件式の一部をスプレッドシートのセルに入力し、演算子で区切って式で参照できます。[31ページの「高度な入力」モードでの制約条件とセル参照](#)を参照してください。

3. 制約条件を追加する場合は、新規行で入力します。
4. 入力が完了したら、「次」をクリックして「オプション」パネルに進みます。



注:

「高度な入力」モードでは、[Ctrl]+[C]と[Ctrl]+[V]を使用して制約条件をコピーし、そこに編集を加えることができます。クリップボードから式を貼り付けることもできますが、これは「高度な入力」モードのみの機能です。

高度な入力の例

「高度な入力」モードに切り替えるには、OptQuestウィザードの「制約条件」パネルで「高度な入力」を選択します。「制約条件」編集ボックスが開きます。

「制約条件」編集ボックスは、最初は空です。ダイアログの下部近くにある一連のボタンを使用すると、式の作成が容易になります。線形または非線形の式を入力でき、1つの制約条件式を1行で記述するかぎり、任意の数の式を入力できます。詳細は、29ページの「制約条件」エディタと関連ボタンを参照してください。

この場合、61ページのチュートリアル2 - ポートフォリオ割当てモデルで説明しているように、すべての意思決定変数値を加算し、合計が\$100,000に等しくなるように指定する式を仮定しています。

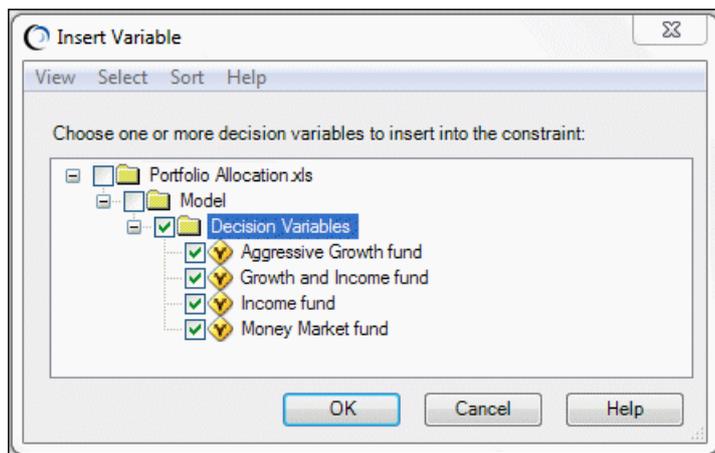
制約条件エディタの例

▶ この式を作成するには:

1. 「変数の挿入」をクリックします。

「変数の挿入」ダイアログが開きます。

図2 「変数の挿入」ダイアログ、ポートフォリオ割当てモデル



2. 4つの意思決定変数をすべて制約条件式に追加するため、それぞれの名前を選択します。4つすべてを同時に選択するには、「意思決定変数」の前にあるボックスを選択します。次に、「OK」をクリックします。

変数は合計として編集ボックスに表示されます:

Constraints	Type	Exclude
1 Aggressive Growth fund + Growth and Income fund + Income fund + Money Market fund		<input type="checkbox"/>

3. 「**Money Market fund**」の後ろに、等号(=)を入力します。
4. 投資の総額を\$100,000と入力します(ドル記号とカンマは含めません)。最終的な制約条件は次のようになります:

Money market fund + Income fund + Growth and income fund + Aggressive growth fund = 100000



注:

制約条件にドル記号(\$)とカンマは使用しないでください。制約条件式のその他のルールについては、[29ページの制約条件のルールと構文](#)を参照してください。

5. 「次」をクリックして続行します。

[29ページの制約条件のルールと構文](#)のように、「オプション」パネルが開きます。

「制約条件」エディタと関連ボタン

「制約条件」パネルの上部は、「制約条件」エディタです。「制約条件」パネルの下部には、「高度な入力」モードで次のタスクを実行するボタンがあります:

ボタン	説明
変数の挿入	挿入できる意思決定変数をすべてリストします。複数を選択すると、間にプラス記号(+)を加えて自動的に「制約条件」エディタに追加されます。
参照の挿入	「セル参照」ダイアログを表示します。このダイアログで、セルをポイントしたり、作成する制約条件式に含める式を入力したりできます。詳細は、 31ページの「高度な入力」モードでの制約条件とセル参照 を参照してください。
コメントの追加	「コメントの追加」ダイアログを表示し、制約条件の説明としてコメントを入力します。コメントは、「制約条件」パネルで制約条件の近くに表示されます。コメントは、制約条件を識別するために「 OptQuestの結果 」ウィンドウにも表示され、レポートにも含まれます。
効率的フロンティア	効率的フロンティア分析で使用する変数の上限と下限を指定して、選択した制約条件を変更します。詳細は、 17ページの効率的フロンティア分析 を参照してください。「 目的関数 」パネルで変数の要件をすでに追加している場合は、その要件ではなく選択した制約条件を使用するかどうかの確認を求めるメッセージが表示されます。
削除	現在選択されている制約条件を削除します。

制約条件に変数または参照を追加するには、追加したい場所にカーソルを置いて変数名を入力するか、「**変数の挿入**」ボタンをクリックしてリストから1つ以上の変数を選択します。任意の数の制約条件を定義できます。

制約条件のルールと構文

制約条件式は、標準的なMicrosoft Excelの式とおおむね類似しています。制約条件式には次の特徴があります:

- 定数、選択した意思決定変数、その他の要素の算術演算で構成されます。

- 1つの制約条件式が1行で記述されます。
- 線形、非線形のいずれも指定できます。意思決定変数に定数を掛ければ線形、意思決定変数に別の意思決定変数を掛ければ非線形です。
- カンマ、ドル記号など算術以外の記号は使用できません。

高度な入力モードでは意思決定変数を名前で直接入力できますが、簡易入力モードでは、スプレッドシートの式でセル位置または範囲名を使用して参照するのみです。

簡易入力モードで、減算されることを示すためにセル参照や範囲名の前にマイナス記号を付ける場合には、それが数式の一部であり、単独のセル参照または範囲名ではないことが必要です。

簡易入力モードでセル・セレクトを使用する場合は、単純なセル参照または範囲名のみを選択できます。係数や算術演算を含めることはできません。

制約条件式は、直接または間接的に少なくとも1つの意思決定変数を常に参照するのが普通です。ただし、他の方法で制約条件式に値を設定する場合があります(たとえば、ユーザー定義のマクロや、その他の方法)。この場合は、*cell_reference < constant*というフォームで制約条件を入力する必要があります。OptQuestはこの制約条件を定数タイプとして識別するため(意思決定変数が含まれていないので)、注意しないと制約条件の結果が可能解にならないという警告が表示される可能性があります。

制約条件式で使用できる算術演算は、次のとおりです:

表1 OptQuestの「制約条件」パネルで使用できる算術演算

演算	構文	例
加算	項の間に+を使用	$\text{var1} + \text{var2} = 30$
減算	項の間に-を使用	$\text{var1} - \text{var2} = 12$
乗算	項の間に*を使用	$4.2 * \text{var1} \geq 9$
除算	項の間に/を使用	$4.2 / \text{var1} \geq 18$
等号、不等号	制約条件の左辺と右辺の間に、=、<=、>=を使用。連続意思決定変数を含む制約条件の場合、<および>は<=および>=として扱われます。	$\text{var1} * \text{var2} \leq 5$
指数	項とべき乗数の間に^を使用	var1^3

30ページの表1の例は、「高度な入力」モードの場合です。簡易入力モードでは、演算の左辺の式をスプレッドシートのセルに入力します。「制約条件」パネルでの実際の式にはセル参照、演算子、および値または他のセル参照が含まれることになります。例は、68ページの図29を参照してください。



注:

これらの例ではいずれも、演算の左辺で式を使用した形を示していますが、実際には式の左辺でも右辺でも式(または、スプレッドシートの式に対するセル参照)を使用できます。

制約条件式では、Microsoft Excelの関数と範囲名も使用できます。

高度な入力モードを使用している場合、計算の優先順位は乗算および除算、加算および減算の順です。たとえば $5 * E6 + 10 * F7 - 26 * G4$ という式の場合、セルE6の値に5を掛けた積を、セルF7の値に10を掛けた積に加えてから、セルG4の値に26を掛けた積を引きます。この優先順位を変えるにはカッコを使用します。簡易入力モードを使用している場合は、Microsoft Excelで式を作成し、Microsoft Excelの優先順位が適用されます。



注:

現在、 $A1:A3 < B1:B3$ のようなセル範囲を使用する制約条件式は、OptQuestでサポートされています。詳細は、[32ページのバルク制約条件の使用](#)を参照してください。

「高度な入力」モードでの制約条件とセル参照

[27ページの簡易入力モードでの制約条件の指定](#)では、スプレッドシートのセルで式を作成し、制約条件を作成するときにそれを参照する方法について説明しています。高度な入力モードも、制約条件式を簡単にするためにセル参照を使用できます。

▶ 高度な入力モードでこれを行う手順:

1. 制約条件の左辺の式を、スプレッドシートのセルに入力します。[27ページの簡易入力モードでの制約条件の指定](#)の例では、 $=SUM(C13:C16)$ をセルG13に入力しています。
2. この式の右辺では何を使用するかを考えます。単一値でも、定数に解決する式のどちらでも使用できます。
3. 左辺と右辺の関係を決定します: $=$ 、 $<=$ 、 $>=$ 。
4. OptQuestを実行し、「制約条件」パネルを表示します。
5. 制約条件式の編集ボックスにカーソルを置いて、「参照の挿入」をクリックします。式の左辺を含むセルをポイントし、「OK」をクリックします。
6. セル参照に従い、関係演算子を入力します。
7. 再度「参照の挿入」をクリックし、式の右辺を表すセルをポイントします。再度「OK」をクリックします。あるいは、セル参照を使用するかわりに数値を入力します

制約条件、または他のOptQuest設定を追加し、設定が完了したら最適化を実行します。

最適な結果を得るために、演算子を含めた式全体を1つのセルに入力し、その式の真偽を判定する制約条件式でそのセルを参照することは避けてください。たとえば、セルG6に $=SUM(B2:E2) >= 10$ が含まれていると仮定します。この場合に、 $G6 = TRUE$ という制約条件は定義しないようにします。このように設定しても、解の改善に必要な情報をOptQuestで得ることはできません。

かわりに、この等式の左辺と右辺を分け、条件演算子($=$ 、 $>=$ 、 $<=$)を「制約条件」パネルに入力します。この例では、セルG6に $=SUM(B2:E2)$ を入力すれば、制約条件を $G6 >= 10$ と記述できます。

制約条件のタイプ

制約条件は、線形、非線形、定数(特別な状況で)、または混合のいずれかです:

- 試行する可能解を生成するうえでは、「線形」の制約条件がより効率的です。解を生成する前にOptQuestで評価されます。

- **非線形**の制約条件は、シミュレーションの実行前にMicrosoft Excelによって評価されます。Microsoft Excel関数が多く含まれている、またはスプレッドシートで多くの式を参照している場合には、評価に時間がかかることがあります。可能解の生成については効率が低くなります。
- 「**定数**」の制約条件は、ユーザー定義のマクロまたはCrystal Ballの自動抽出機能を使用して参照先のスプレッドシート・セルで値を設定する場合を除き、エラーになるのが普通です。ユーザー定義のマクロと定数の制約条件については、*Oracle Crystal Ball開発者ガイド*で、OptQuest Developer Kitに関する情報を参照してください。
- 「**混合**」の制約条件は、複数のタイプの制約条件を含む一連のバルク制約条件です。

制約条件を作成すると、そのタイプが式の後に表示されます。

バルク制約条件の使用

サブトピック

- [バルク制約条件のルール](#)
- [バルク制約条件の例](#)

Crystal Ball Decision Optimizerのバルク制約条件機能によって、A1:A3 < B1:B3などのセル範囲を使用して制約条件を結合できます。これは、A1 < B1、A2 < B2、A3 < B3という3つの制約条件を定義する簡略表記です。

ルールおよび例は、この項の先頭にあるトピックを参照してください。

バルク制約条件のルール

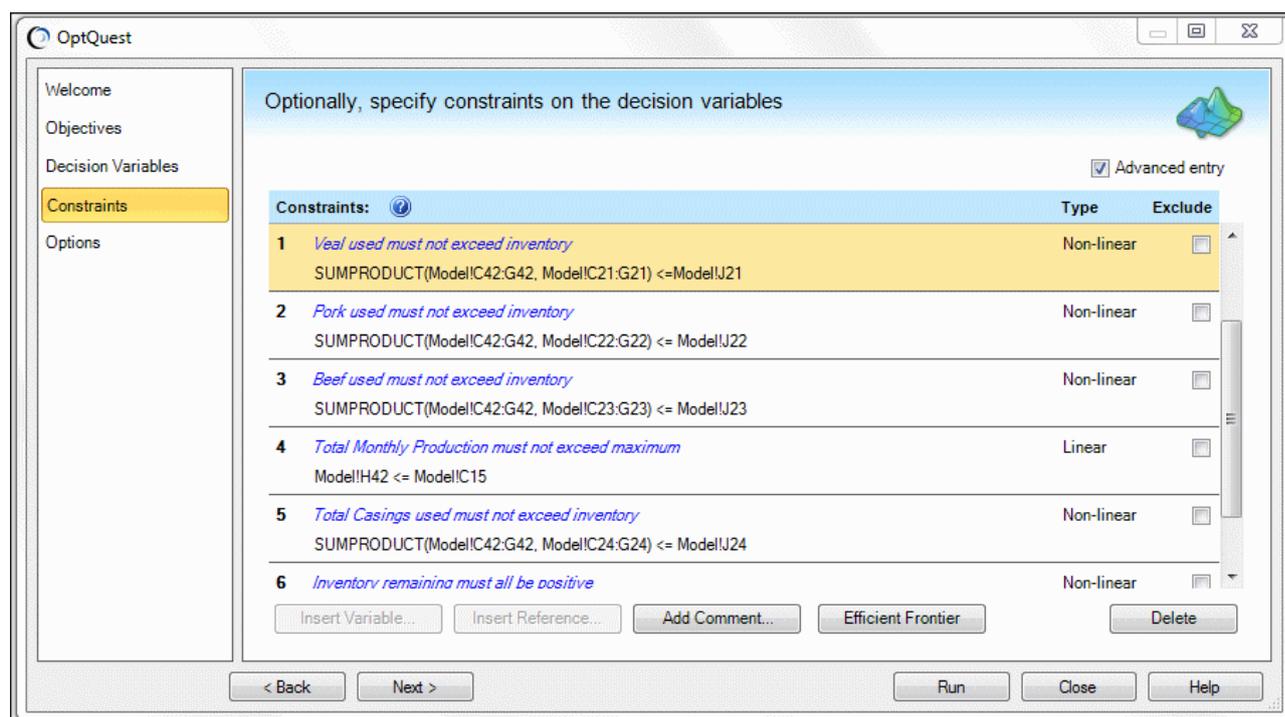
バルク制約条件を作成する際には、次のルールを考慮します：

- バルク制約条件は、基本的な入力モードまたは高度な入力モードのいずれかで入力できます。
- バルク制約条件式の右側は、範囲ではなく、単一の定数またはセル参照のみで構成されます。
- 2つのセル範囲を入力する場合、セルの数が同じである必要があります。
- 空白のセルが同じ位置で両方の範囲に存在する場合、その制約条件は無視されます。
- 制約条件がすべて同じ場合、「**タイプ**」列には、「**線形**」、**非線形**または「**定数**」が表示されます。それ以外の場合、タイプは「**混合**」です。
- 最適なパフォーマンスのために、セル範囲に含まれるセルは1,000より少なくする必要があります。
- 「**制約条件**」パネルにバルク制約条件が選択されると、「**効率的フロンティア**」ボタンは無効になります。
- バルク制約条件式にエラーがある場合、そのバルク制約条件に対するエラーが赤いアイコンで表示されます。
- 各セル範囲は連続していて、セルの単一の長方形のブロックである必要があります。

バルク制約条件の例

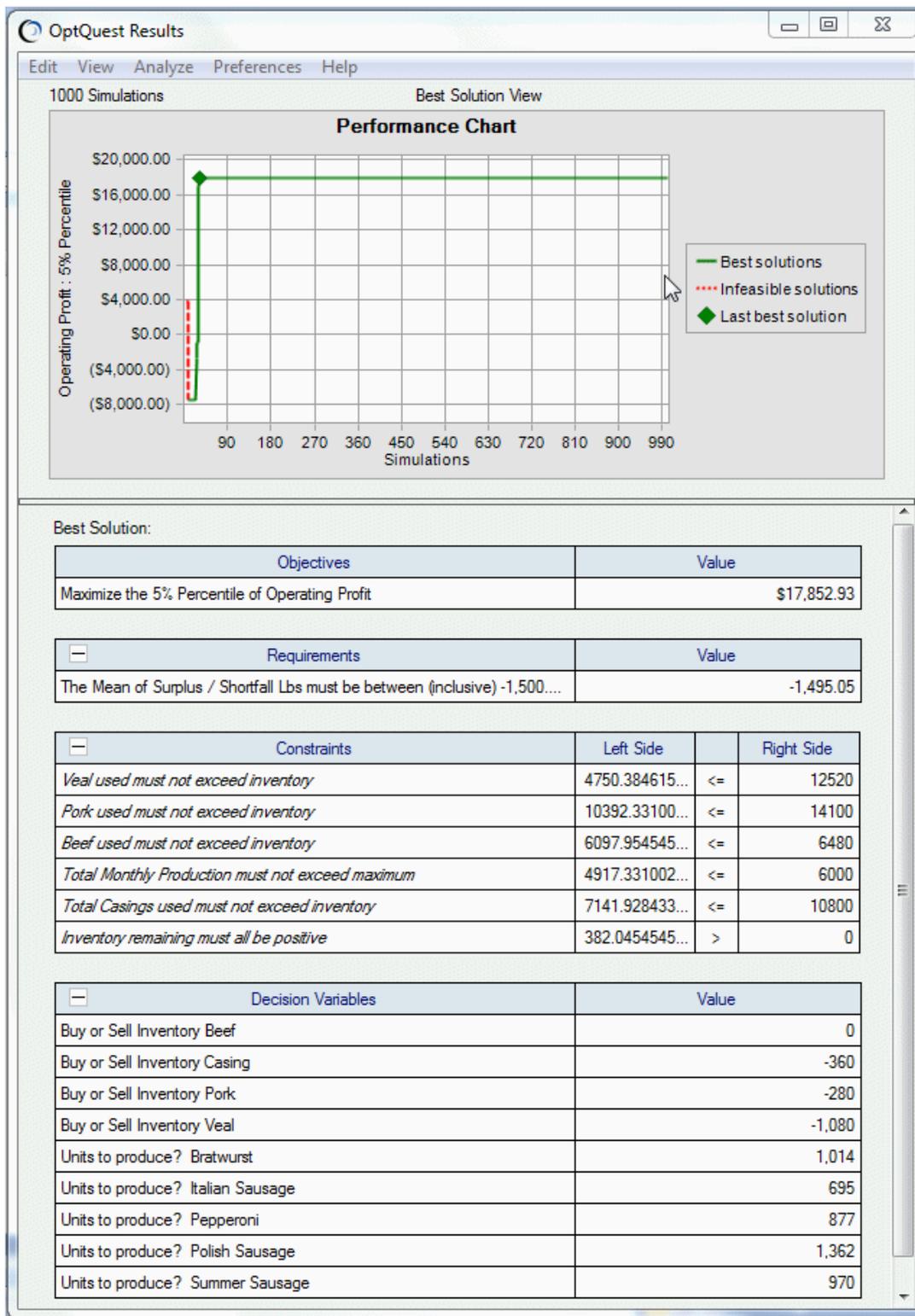
この例では、Product Mix.xlsxという名前のCrystal Ball Decision Optimizerのサンプル・ファイルを使用します。これを開く場合、OptQuestを起動し、「**制約条件**」を選択すると、「**制約条件**」パネルが表示されます ([33ページの図 3](#))。

図3 Product Mixサンプル・ファイルの「制約条件」パネル



肉の3つのタイプ(子牛肉、豚肉および牛肉)のそれぞれに対して、5つの各生産物(ポンド)に生産量を乗算し、生産された量は手持ち在庫の量以下になる必要があることを示す、Microsoft ExcelのSUMPRODUCT式があります。「OptQuestの結果」ウィンドウに示すように、目的関数および要件は、問題をさらに制限します (34ページの図 4)。コメントは制約条件のラベル付けに使用されます。

図4 デフォルトの制約条件を使用したProduct Mixの結果



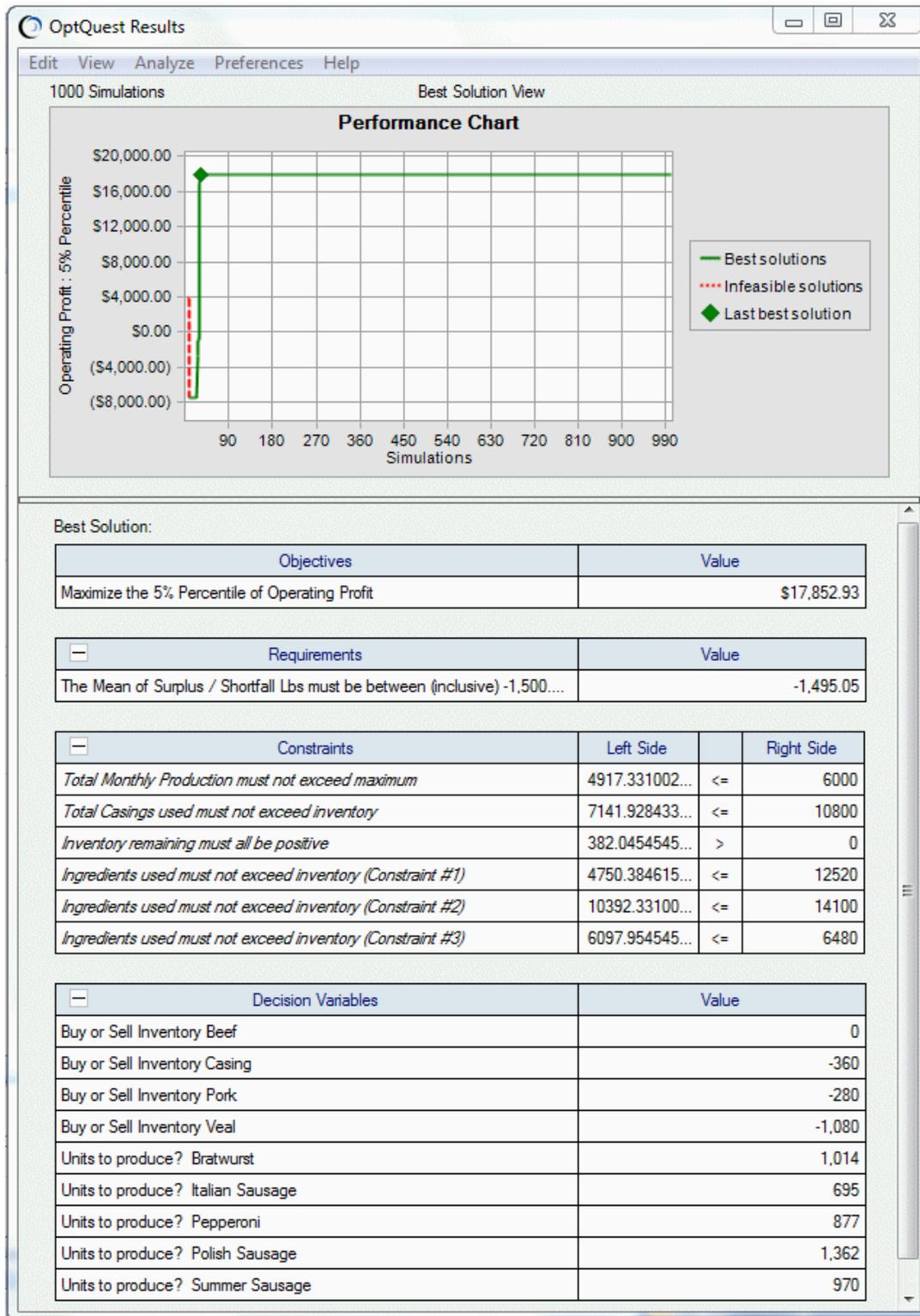
バルク制約条件を使用するには、SUMPRODUCT式は、手持ち在庫がセルJ21、J22およびJ23にある、セルP21、P22およびP23に配置されます。たとえば、セルP21には=SUMPRODUCT(Mode1!C42:G42, Mode1!C21:G21)が含まれます。これらのセルを参照するように制約条件式が書き直されます(35ページの図 5)。

図5 1つのバルク制約条件式として書き直された3つの制約条件

Constraints: 		Type	Exclude
1	<i>Ingredients used must not exceed inventory</i> Model!P21:P23 <=Model!J21:J23	Non-linear	<input type="checkbox"/>
2	<i>Total Monthly Production must not exceed maximum</i> Model!H42 <= Model!C15	Linear	<input type="checkbox"/>
3	<i>Total Casings used must not exceed inventory</i> SUMPRODUCT(Model!C42:G42, Model!C24:G24) <= Model!J24	Non-linear	<input type="checkbox"/>
4	<i>Inventory remaining must all be positive</i> MIN(Model!M21:M24) > 0	Non-linear	<input type="checkbox"/>
>			<input type="checkbox"/>

36ページの図 6は、35ページの図 5で示された制約条件式を使用した結果を示します。同じシード値が両方の最適化に使用されたため、表示順序は異なりますが、結果は同じです。元は1つの等式で定義されていても、各制約条件式にどのように別の結果が表示されるかを通知します。

図6 バルク制約条件式を使用したProduct Mixの結果



オプションの設定

「制約条件」パネルで「次」をクリックするか、ナビゲーション・リストで「オプション」をクリックすると、59ページの図 20のように「オプション」パネルが開きます。

「オプション」パネルを使用すると、最適化の長さ(時間またはシミュレーションの回数)、Crystal Ballシミュレーションのプリファレンス、最適化のタイプ(シミュレーションの有無、ウィンドウ表示、意思決定変数値の自動設定)など、OptQuestのオプションを設定できます。



注:

11.1.1以下のバージョンのOptQuestで設定を保存した場合は、このバージョンのOptQuestで新しくオプションを設定する必要があります。

▶ 設定を変更するには:

1. 必要な設定を選択し、新しい数値を入力します。

設定は次のとおりです:

表2 OptQuestの「オプション」パネルの設定

オプション	説明
最適化コントロール	最適化を実行する長さを制御する設定。 ___シミュレーションを実行または___分間実行を選択し、目標値を入力します。デフォルトは、シミュレーション1000回、および5分間です。 また、「実行プリファレンス」をクリックして、Crystal Ballの「実行プリファレンス」を変更できます。
最適化タイプ	仮定変数に対するシミュレーションを実行する場合は「シミュレーションあり(確率論的)」を選択し、仮定セルにベース・ケース(セル値)を使用する場合は「シミュレーションなし(決定論的)」を選択します。
実行中	グラフ・ウィンドウの表示を制御する設定。最大限の情報を表示する場合は「定義されたグラフ・ウィンドウを表示」を選択し、パフォーマンスを優先する場合は「対象予測ウィンドウのみ表示」を選択します。 デフォルトでは、パフォーマンス向上のために「新しい最適解のみ更新」が選択されており、最適解に関係する結果のみが表示されます。どの解についても予測結果を表示するには、この設定を解除します。
意思決定変数セル	意思決定変数セルで元のベース・ケース値をデフォルトのまま維持する場合には、「元の値に設定」を選択します。最適化の最後に、必要な場合にはOptQuestで試行された解(最適解を含む)をこれらのセルにコピーできます。

オプション	説明
	最適化の最後に見つかった最適解にあわせてワークブックの意思決定変数セルを更新する場合には、「最適解に自動的に設定」を選択します。
詳細設定オプション	このボタンをクリックして「詳細設定オプション」ダイアログを表示すると、目標の信頼度レベル、または改善されない解の数が満たされた場合に、シミュレーションを早期に停止できます。詳細は、 38ページの詳細設定オプション を参照してください。

2. オプション設定と、OptQuestで必要なその他の設定がすべて完了したら、「実行」をクリックします。

詳細設定オプション

OptQuestの詳細設定オプションでは、特定の状況で最適化を自動的に停止するかどうかを制御します。

- 1つ目の設定は「低信頼度テストの有効化」であり、予測目的関数に関する信頼区間で、現在の解が現在の最適解より劣ると示された場合に、アクティブな最適化を停止します。これが機能するのは、予測目的関数に使用される統計量が平均、標準偏差、パーセンタイルの場合のみです。

信頼区間の決定には、「実行プリファレンス」ダイアログの「試行」タブにある「信頼度レベル」が使用されます。

- 2つ目の設定、「解が向上しない場合に自動的に停止」では、指定された数の解を計算しても新たに最適解が生成されない場合に、アクティブなシミュレーションを停止します。デフォルト設定は選択解除(オフ)で、値は500です。



注:

信頼度テストを選択すると、同じシードを選択しても異なる結果になる可能性があります。複数の最適化で完全に等しい結果を得るためには、「低信頼度テストの有効化」を選択しないでください。

最適化の実行

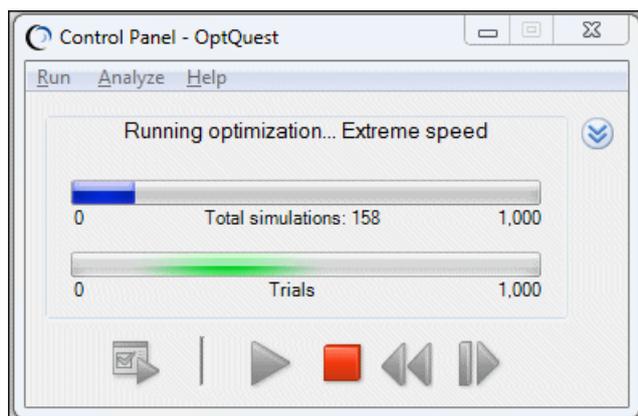
最適化を実行するには、OptQuestウィザードの各パネルの下部にある「実行」をクリックします。最適化の実行中に、「コントロール・パネル」のボタンを使用すればいつでも停止、一時停止、続行、再開が可能です。

最適化の実行中、Crystal BallやMicrosoft Excelを操作したり、OptQuestで変更を行ったりすることはできませんが、他のプログラムは使用できます。最適化の実行中は、Microsoft Excel、Crystal Ball、OptQuestを終了しないでください。

OptQuestの「コントロール・パネル」のボタンとコマンド

OptQuestの「コントロール・パネル」でボタンとコマンドを使用し、最適化を開始および停止できます ([39ページの図 7](#))。

図7 OptQuestの「コントロール・パネル」



「コントロール・パネル」のメニューは、Crystal Ballの「実行」と「分析」のメニューと同じです。「ヘルプ」は、「コントロール・パネル」を説明するメニューです。次のボタンを使用できます：

アクション	ボタン	説明
実行プリファレンス		最適化を制御するダイアログを開きます。
「開始」または「続行」		新しく最適化を開始するか、一時停止中の最適化を続行します。
「一時停止」または「停止」		現在の最適化を一時停止または停止します。
リセット		現在の最適化をリセットし、すべての結果を閉じます。

進行状況バーを見ると、個々のシミュレーションと、最適化の全体を簡単に追跡できます。1秒間に1回より高速にシミュレーションが実行されている場合は、マーカー形式の進行状況バーが表示されます。最適化を最大時間で実行するように設定している場合、上の進行状況バーにはシミュレーションの回数ではなく経過時間が示されます。設定された信頼度レベルに達した、または設定した回数で解の改善がなかったために最適化が早期に終了した場合には、通知メッセージが表示されます。

「詳細」ボタン  をクリックすると、最適化について追加の情報を示すパネルが開きます。

「OptQuestの結果」ウィンドウ

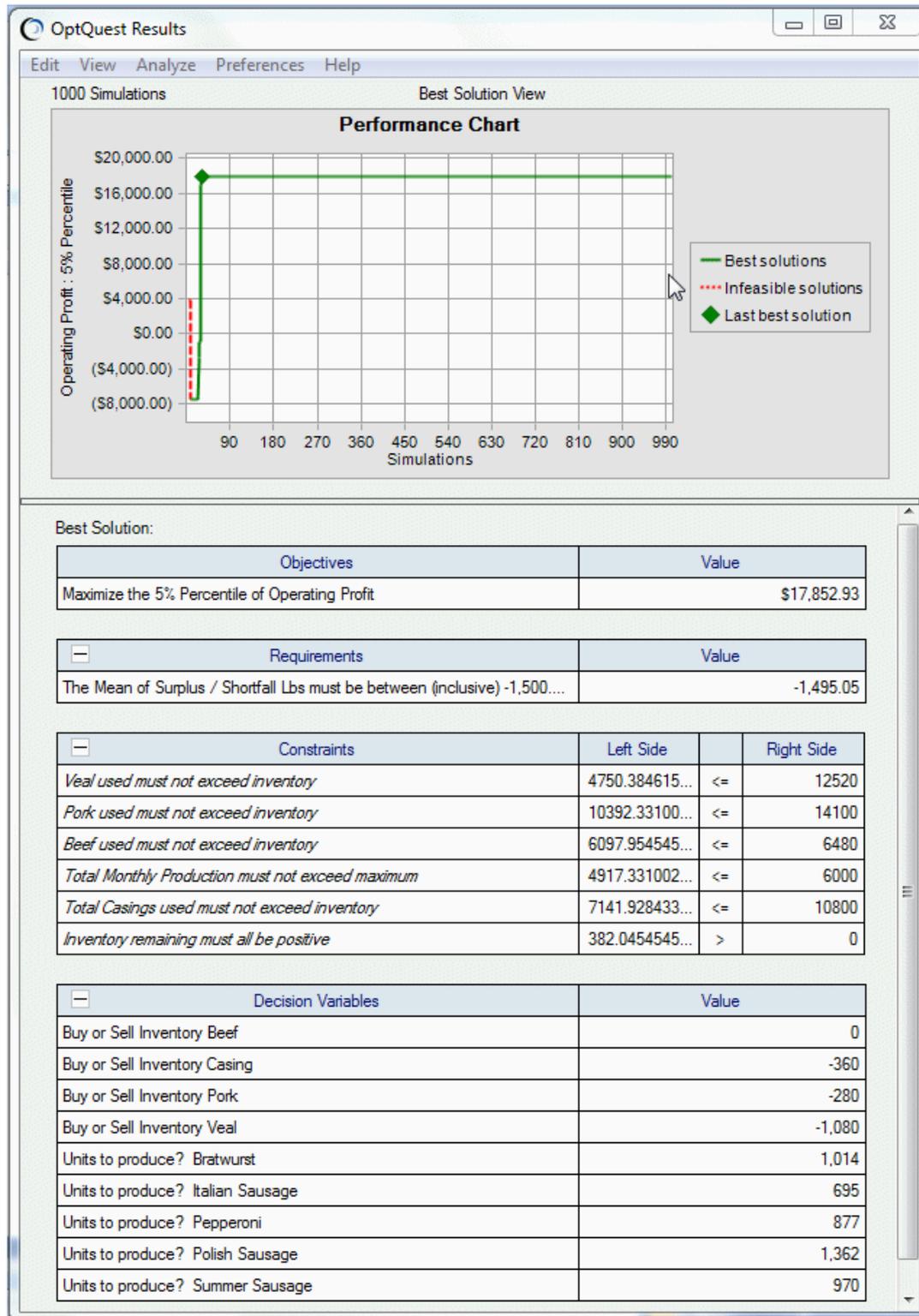
最適化が完了すると、「OptQuestの結果」ウィンドウで現在の最適化に関する情報を確認できます。次の項で、「結果」ウィンドウの各ビューについて説明します：

- [40ページの最適解ビュー](#)
- [41ページの解の分析ビュー](#)
- [43ページの「効率的フロンティア」グラフ](#)

最適解ビュー

40ページの図8は、OptQuestのサンプル・モデルであるProduct Mix.xlsxの結果が「最適解ビュー」で表示されているところです。

図8 「OptQuestの結果」ウィンドウの「最適解ビュー」



「OptQuestの結果」ウィンドウの「最適解ビュー」には、分析中に見つかった最適解をプロットしたパフォーマンス・グラフが表示されます。目的関数、要件、制約条件、および指定されたすべての意思決定変数について、1つの最適解も示されます。

パフォーマンス・グラフ

パフォーマンス・グラフには、検索の軌跡、つまり検索の過程で最適な目的関数値が変化した速度が表示されます。これは、シミュレーションの回数(解)の関数として最適な目的関数値をプロットしたグラフです。要件が指定されている場合、グラフの線は最初に赤で示される場合があります。これは、対応する解が要件に基づいて可能解ではないことを示します。緑の線は、可能解を示します。

OptQuestで可能解が見つかり、この線は指数関数的な減衰の形(最小化)をとり、ほとんどの改善は検索で早期に見つかります。

最適解の値

最適化中に、OptQuestでより適切な解(可能解に近い、または目的関数値に近い)が識別されるたびに、パフォーマンス・グラフに新しい点がプロットされ、グラフに対応する表が更新されます。

効率的フロンティア分析を指定した場合は、効率的フロンティアのビュー([17ページの効率的フロンティア分析](#))も表示されます。

メニュー

「OptQuestの結果」ウィンドウにはいくつかのメニューがあり、結果をスプレッドシートにコピーできる他に、グラフのコピー、結果の印刷、他のグラフの表示などが可能です。メニュー・コマンドとショートカット・キーのリストは、*Oracle Crystal Ballアクセシビリティガイド*を参照してください。

解の分析ビュー

「OptQuestの結果」ウィンドウの「解の分析ビュー」には、最適化中に見つかった最適解がリストされます。デフォルトでは上位5%の解が、目的関数値別にソートして表示されます。ウィンドウ下部のコントロールに、表示されている解の数が示されます。表示されている解について統計量が計算されます。



注:

OptQuestの実行中、「解の分析ビュー」には、効率的フロンティア分析を除いて新しい最適解が表示されます。効率的フロンティア分析の実行中も、上位10個の解は引き続き表示されます。

「解の分析ビュー」を表示するには、「OptQuestの結果」ウィンドウのメニュー・バーで「表示」、「解の分析」の順に選択します。

図9 解の分析ビュー

OptQuest Results

1000 Total Solutions Solution Analysis View 50 Displayed

Rank ▲	Solution #	Objective Maximize 5% Percentile Operating Profit	Requirements Mean between (inclusive) -1,500.00-1,500.00 Surplus / Shortfall Lbs	Constraints Veal used SUMPRODUCT(
1	31	\$17,852.93	-1,495.05	4750.3846
2	30	\$16,909.05	-1,407.06	4870.3846
3	984	\$15,769.26	-1,443.36	5650.3846
4	813	\$15,549.48	-1,421.07	5660.3846
5	802	\$15,537.72	-1,421.07	5660.3846
6	779	\$15,525.96	-1,421.07	5660.3846
7	816	\$15,515.85	-1,442.09	5660.3846
8	762	\$15,509.69	-1,421.07	5660.3846
9	811	\$15,499.58	-1,442.09	5660.3846
10	826	\$15,487.82	-1,442.09	5660.3846
11	789	\$15,477.71	-1,463.28	5660.3846
12	783	\$15,464.17	-1,421.07	5660.3846
13	786	\$15,464.17	-1,421.45	5655.3846
14	776	\$15,418.66	-1,421.45	5655.3846
15	778	\$15,280.15	-1,381.25	5640.3846
16	801	\$15,271.41	-1,463.89	5650.3846
17	796	\$15,258.08	-1,422.67	5640.3846
18	760	\$15,205.93	-1,360.85	5640.3846
19	780	\$15,185.52	-1,360.85	5640.3846
20	773	\$15,185.19	-1,465.86	5630.3846
21	793	\$15,182.64	-1,381.25	5640.3846
22	729	\$15,171.86	-1,421.68	5625.3846

Statistics:

Minimum		\$14,312.45	-1,495.05	4750.3846
Mean		\$15,199.99	-1,396.18	5567.5846
Maximum		\$17,852.93	-1,254.53	5690.3846
Std. Dev.		\$561.63	57.24	173.88173

Show the best

15 solutions

5 % of solutions

All feasible solutions (94)

New best solutions (5)

Include

Feasible solutions (50)

Infeasible solutions (0)

「最適解を表示」グループで、特定の個数またはパーセンテージの最適解を表示するか、すべての解を表示するかを指定します。この入力で分析の範囲が定義されます。たとえば、すべての解のうち上位10%を調べたい場合には、「解の%」を選択してボックスに10と入力します。

含める解として、可能解、不可能解、すべての解を選択できます。効率的フロンティア分析を指定した場合は、特定の効率的フロンティアのテスト・ポイントについてのみの解を選択できます。または、すべてのテスト・ポイントを表示(最適解のみ)を選択して、すべてのテスト・ポイントのデータを表示できます。この設定を選択すると、次の変更が行われます。

- グリッドが変化して、テスト・ポイントごとに1つの最適解のリストが表示されます。
- 「順位」列が「テスト・ポイント」に変わります。
- 要件または制約の演算子の右側の値が変化し、テスト・ポイントの範囲を示します。(「レポート」にもこの範囲が表示されます。)
- ウィンドウの右上に、表示される解の数としてテスト・ポイントの数が表示されます。

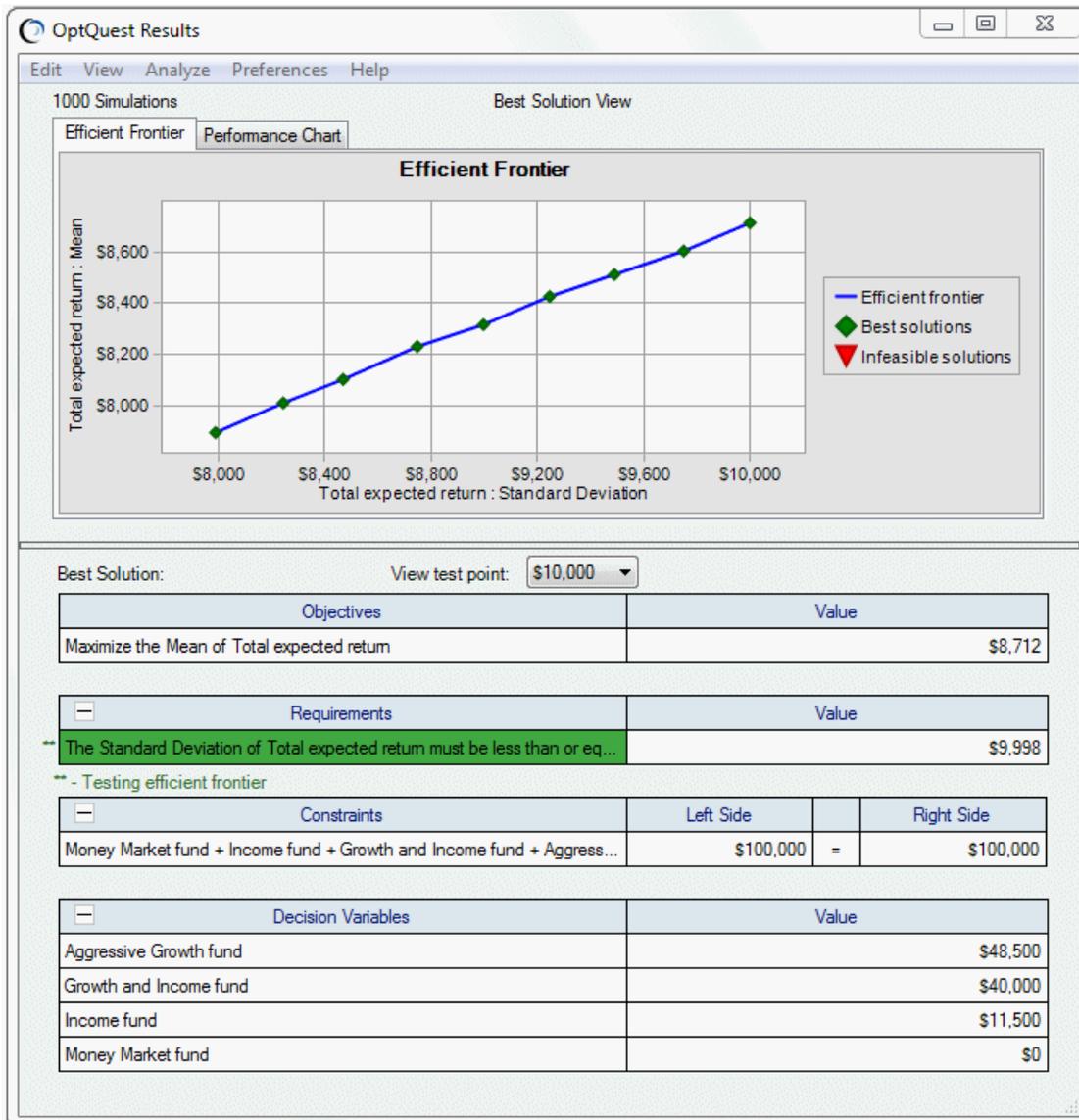
選択すると、その選択に対応するすべての列についての最小値、平均値、最大値、標準偏差値の統計量が、下部にある4行で計算されます。

列見出しの隣にある「-」と「+」をクリックすると、そのセクションの簡略表示と詳細表示を切り替えることができます。見出しをクリックすると、その列でソートすることもできます。小さい三角形が表示されます。それをクリックすると、列の昇順と降順が切り替わります。

「効率的フロンティア」グラフ

最適化に変数の要件を入力した場合には、「最適解ビュー」で「パフォーマンス・グラフ」タブとともに「効率的フロンティア」タブが開きます(44ページの図10)。

図10 「最適解ビュー」の「効率的フロンティア」グラフ



「効率的フロンティア」ウィンドウには、テスト中の要件または制約条件に対して、目的関数の値がプロットされます。各テスト・ポイントの最適解が、グラフ上の緑のひし形として表示されます。グラフに対応する表には、テスト・ポイントごとの最適解値が示されます。「テスト・ポイントの表示」ドロップダウン・メニューを選択するか、グラフでひし形の記号をクリックすると、表示する最適解を選択できます。効率的フロンティア分析の詳細は、51ページのOptQuestでの効率的フロンティア分析の設定を参照してください。

結果の解釈

OptQuestで最適化問題の解を得たら、次の操作を実行できます:

1. 解の分析を確認し、結果の確実性を判定します。
2. 最適値の意思決定変数を使用して、より長期のCrystal Ballシミュレーションを実行し、推奨された解のリスクをさらに高精度で査定します。

3. Crystal Ballの分析機能を使用して、最適解をさらに評価します。

解の分析の表示

▶ 最適化が完了したら、次のように最適化の結果を解釈します:

1. 「OptQuestの結果」ウィンドウで、「表示」、「解の分析」の順に選択します。

「解の分析ビュー」が開き、最適化中に試行された解の一部がリストされます。解は上部のグリッドに行単位で表示され、小さい方のグリッドには各列の統計量が表示されます。

「OptQuestの結果」ウィンドウにはいくつかのメニューがあり、結果をスプレッドシートにコピーできる他に、グラフのコピー、結果の印刷、他のグラフの表示などが可能です。メニュー・コマンドとショートカット・キーのリストは、*Oracle Crystal Ballアクセシビリティガイド*を参照してください。

2. 表示する解を選択します。

2つのグリッドの他に、表示する解を絞り込むためのコントロール・グループがあります。各コントロールを組み合わせ、表示する解を絞り込みます。一部のコントロールは、表示される解の数がカッコ内に示されます。

- 最初のグループでは、上位から何個または何パーセントの解を表示するか(目的関数値の最大値と最小値)、すべての解を表示するか、あるいは新しい最適解のみ(パフォーマンス・グラフで上または下のジャンプに相当)を表示するかを選択します。
- 次のグループでは、可能解、不可能解、その両方のどれを含めるかを選択します。
- 効率的フロンティア分析を指定した場合は、最後のグループでドロップダウン・メニューからテスト・ポイントを選択します。指定したテスト・ポイントについては、最適化の際に前または次のテスト・ポイントで評価された場合も含めて、すべての解が対象になります。

分析する解を選択したら、列見出しをクリックすると、その見出しで解をソートできます。小さい三角形は、ソートの方向を示しています。列のグループの横にある「+」と「-」の記号をクリックして、表示される情報量を簡略または詳細に切り替えることもできます。

限界値の分析

「解の分析ビュー」は、要件または制約条件の限界値がどのくらい厳密かを判定する際に、特に複数の限界値を伴うときに役立ちます。最適化の最適解を表示するとき、要件または制約条件の大部分の値が特定の限界値に、またはその付近に存在する場合は、目的関数で取得できる値に対してその要件または制約条件が大きく影響することを意味しています。

感度分析

「解の分析ビュー」は、モデルの目的関数に対して、意思決定変数の感度を判定する際に役立ちます。最適化の最適解を表示するとき、意思決定変数それぞれの範囲の相対的なサイズを比較します。全般的に、意思決定変数の範囲が相対的に小さければ、目的関数に対する影響が大きいと言えます。これは、意思決定変数の変化がわずか

でも、解が最適にならなくなるためです。逆に、意思決定変数の範囲が相対的に大きければ、値が異なっても最適解の集合は変わりにくいので、目的関数に対する影響は小さいと言えます。

これらは、一般的な目安にすぎません。最適化のタイプと長さ、意思決定変数に定義されている初期限界値、その他の要因によって、結果は変化します。

結果の長期的なシミュレーションの実行

▶ 推奨された解をさらに高精度で査定するには、最適値の意思決定変数を使用して、より長期のCrystal Ballシミュレーションを実行します。

1. OptQuestの結果をモデル・ワークブックに自動的にコピーするオプションを選択しなかった場合(「オプション」パネルでの設定)は、「OptQuestの結果」ウィンドウで「編集」、「スプレッドシートに解をコピー」の順に選択できます。

意思決定変数の値が、選択した解からMicrosoft Excelモデルにコピーされます。

2. Crystal Ballで最適化をリセットし、「実行プリファレンス」ボタンをクリックし、シミュレーションごとの最大試行回数を増やします。
3. シミュレーションを実行します。
4. Crystal Ballの分析ツールを使用して、結果を分析します。

ツールの使用方法の詳細は、*Oracle Crystal Ballユーザーズ・ガイド*を参照してください。

OptQuestの結果の印刷

▶ 「OptQuestの結果」ビューからの結果の印刷の手順:

1. OptQuestで最適化を実行し、「OptQuestの結果」ウィンドウを開きます。
2. 「OptQuestの結果」ウィンドウのメニューバーで「表示」メニューからビューを選択します。
3. 「OptQuestの結果」ウィンドウのメニューバーで「編集」を選択します。
4. 「編集」メニューの下部で印刷関連の適切なコマンドを、「ページ設定」、「印刷プレビュー」、「印刷」の中から選択します。

Crystal Ballでのグラフの表示

最適化が完了したら、Crystal Ballリボンの「グラフの表示」、「予測グラフ」の順に選択すると、最適解の結果に基づいて予測グラフや他のグラフを表示できます。ただし、最適解とは異なる解を「解の分析ビュー」からコピーした場合には、表示するグラフを選択する前に、Crystal Ballでシミュレーションを実行する必要があります。詳細な手順は、*Oracle Crystal Ballユーザーズ・ガイド*を参照してください。

OptQuestレポートの作成

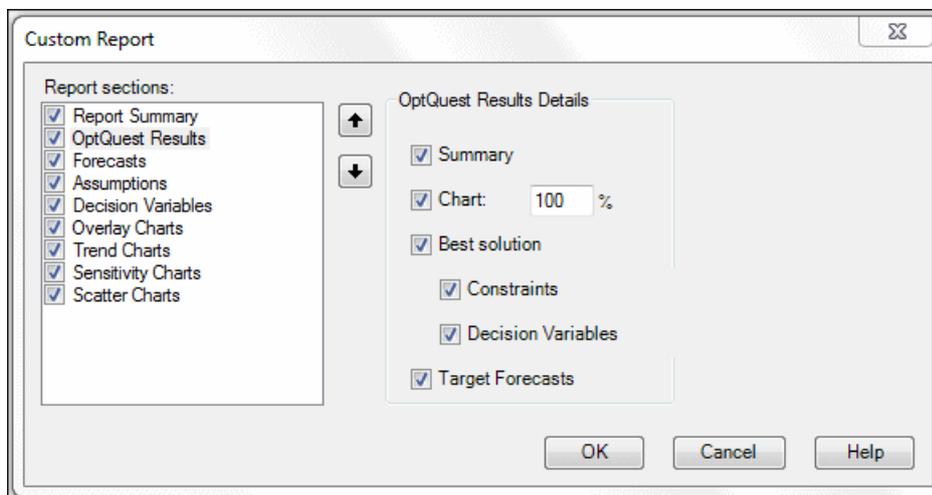
最適化に続いて、何種類かのOptQuestレポートを作成できます。

▶ OptQuestレポートを作成するには:

1. OptQuestで最適化を実行します。
2. Crystal Ballリボンの「レポートの作成」を選択します。
3. 「レポートの作成プリファレンス」ダイアログで、次のいずれかを選択します:
 - フル: 最適解のシミュレーション結果を含めて、完全なOptQuestグラフを作成します
 - **OptQuest**: OptQuestの結果のみを含むレポートを作成します
 - カスタム: 「カスタム・レポート」ダイアログを表示し、レポートで表示する情報を(OptQuestの結果も含めて)選択できます。

47ページの図 11に、カスタム・レポートの「OptQuestの結果」セクションに含めることのできる要素を示します。

図11 「カスタム・レポート」ダイアログの「OptQuestの結果」設定



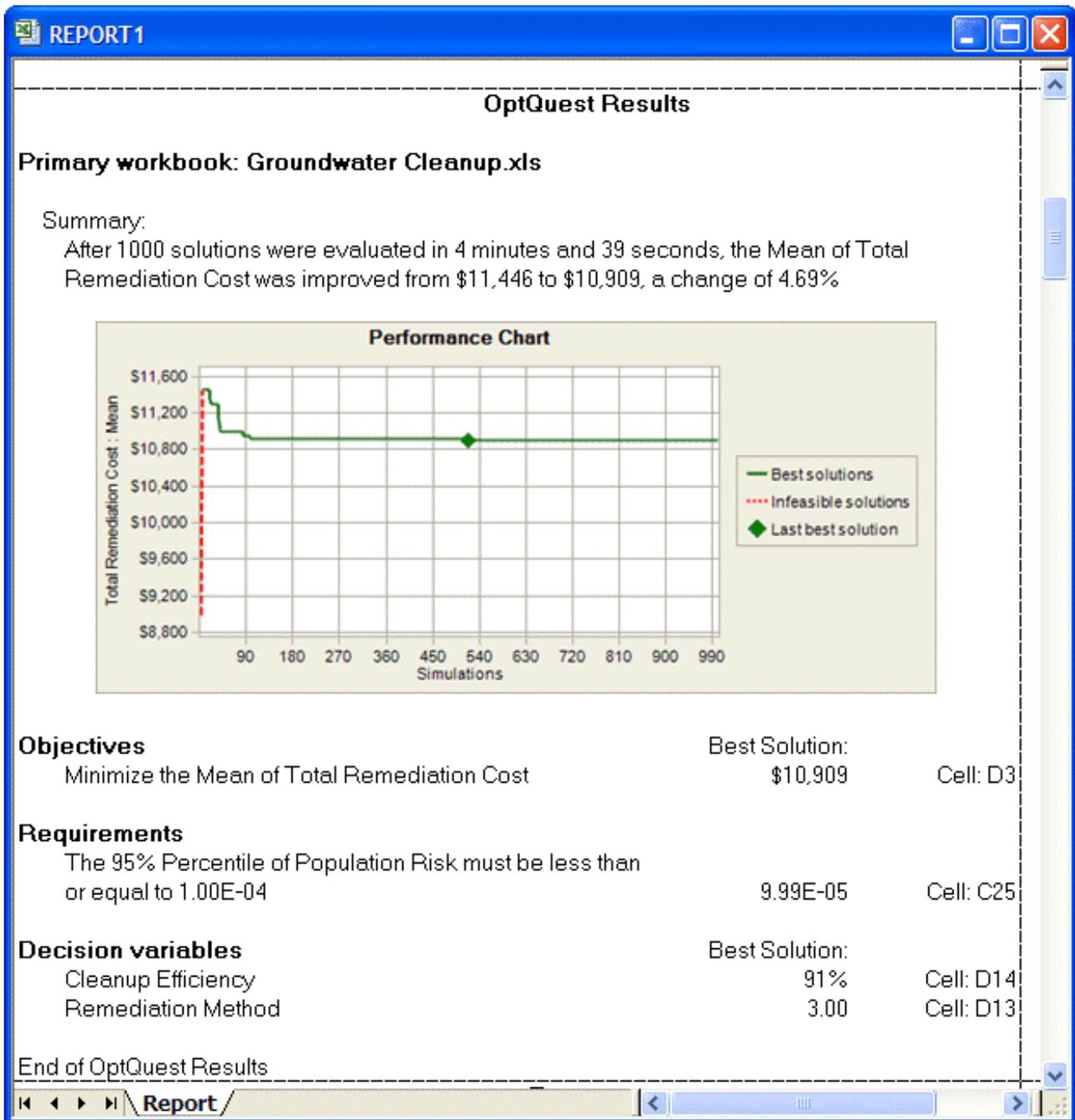
4. 「レポートの作成プリファレンス」ダイアログで「OK」をクリックすると、レポートが生成されます (48ページの図 12)。

最初の情報は文字と数値で、関連する実行プリファレンス、実行統計、その他の統計(可能解の数など)、Crystal Ballデータ(要件、制約条件、仮定、意思決定変数、予測、固定アイテムの数)が表示されます。

2番目の情報が、48ページの図 12に示すようなグラフィックで、「OptQuestの結果」ウィンドウに表示される情報が含まれています。

Crystal Ballレポートの詳細は、オンラインのOracle Crystal Ballユーザーズ・ガイドを参照してください。

図12 カスタム・レポートにおけるOptQuestの結果のグラフィック表示



注:

効率的フロンティアの最適化を実行した場合、作成できるのはデフォルトのOptQuestレポートのみです。これは、テスト・ポイントごとに1つの最適解が存在するためです。効率的フロンティア分析についてカスタム・レポートなど各タイプのレポートを作成するには、テスト・ポイントを1つ選択し、そのシミュレーションを実行してください。

OptQuestデータの抽出

▶ 詳細な分析のために何種類かのOptQuestデータをワークシートのセルに抽出するには:

1. 最適化を実行し、Crystal Ballリボンの「データの抽出」を選択します。

「データの抽出プリファレンス」ダイアログが開きます。デフォルトでは、「OptQuestデータ」OptQuestタブが選択されています。

2. OptQuestの解、OptQuestの統計量、またはその両方のどれを抽出するか選択し、すべての意思決定変数について抽出するか、選択した意思決定変数についてのみ抽出するかを指定します。



注:

効率的フロンティア分析を実行してから、「OptQuestの解」を選択する場合、現在のテスト・ポイントの解とすべてのテスト・ポイントの最適解のどちらを抽出するかを選択できます。2番目の設定を選択すると、「要件」と「制約条件」の列には値の範囲が表示され、範囲内の各テスト・ポイントについて解が表示されます。

3. オプション: *Oracle Crystal Ball* ユーザーズ・ガイドで説明されているように、最適解のシミュレーション・データのみを抽出する場合は、「シミュレーション・データ」タブをクリックします。
4. オプション: 「オプション」タブをクリックして、新規ワークブックとワークシートのどちらに抽出するかを指定し、そのデータ・シートに使用する名前を指定します。
5. 設定がすべて完了したら、「OK」をクリックするとデータが抽出されます。

50ページの図 13は、「OptQuestの解」と「OptQuestの統計量」を選択したときの処理の例です。OptQuestの統計量データを示すために、OptQuestの解のデータ行は一部が省略されています。この図はデフォルト設定を使用してデータが抽出されたものです。

図13 Hotel Design.xlsxから抽出したデータ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1				Objective	Requirements	Decision Variables			
2				Maximize Mean	80% Percentile <= 450.00				
3	Rank	Solution #		Total Revenue	Total room demand	Gold price	Platinum price	Standard price	
4	1	370		\$40,447.14	449	\$108.00	\$120.00	\$81.00	
5	2	407		\$40,443.14	450	\$107.00	\$121.00	\$81.00	
6	3	429		\$40,435.67	450	\$106.00	\$122.00	\$81.00	
7	4	371		\$40,425.71	448	\$109.00	\$120.00	\$81.00	
8	5	431		\$40,423.76	449	\$108.00	\$121.00	\$81.00	
9	6	372		\$40,418.32	449	\$107.00	\$122.00	\$81.00	
10	7	433		\$40,409.41	449	\$106.00	\$123.00	\$81.00	
11	8	511		\$40,406.61	449	\$110.00	\$133.00	\$80.00	
12	9	357		\$40,402.25	447	\$110.00	\$120.00	\$81.00	
13	10	377		\$40,398.94	448	\$108.00	\$122.00	\$81.00	
54									
55									
56				Objective	Requirements	Decision Variables			
57				Maximize Mean	80% Percentile <= 450.00				
58	Statistics			Total Revenue	Total room demand	Gold price	Platinum price	Standard price	
59	Minimum			\$40,226.67	444	\$101.00	\$120.00	\$80.00	
60	Mean			\$40,334.78	448	\$106.22	\$126.92	\$80.84	
61	Maximum			\$40,447.14	450	\$110.00	\$138.00	\$81.00	
62	Std. Dev.			\$61.96	1	\$2.29	\$4.80	\$0.37	
63									
64									
65	Notes:								
66	Extracted data for top 5% of solutions								
67									

出力は、「OptQuestの結果」ウィンドウの「解の分析ビュー」に表示される情報とほぼ同一で、フィルタ・オプションや列のソート順も反映されます。異なる解のセットを確認するには、「解の分析ビュー」を表示し、オプションを変更してから「データの抽出」を選択します。

データ抽出の詳細は、オンラインのOracle Crystal Ballユーザーズ・ガイドを参照してください。

最適化モデルと設定の保存

最適化を実行すると、「オプション」パネルと「詳細設定オプション」ダイアログの現在の設定がプリファレンス・ファイルに自動的に保存され、これ以降の最適化に適用されます。

目的関数、要件、制約条件の定義など他の設定は、「目的関数」パネルのドロップダウン・リストで選択したプライマリ・ワークブックに保存されます。これらは、最適化を実行する際にワークブックに保存されますが、プライマリ・ワークブック自体を保存するまで、恒久的には保存されません。

最適化の値をモデルにコピーすることを選択する場合、これらの値は新しいセルの値として表示され、モデルを保存するときに保存されます。各ワークブックに保存できる最適化設定は、1セットです。

OptQuestウィザードで、最適化を実行する前に「閉じる」をクリックすると、設定を保存するかどうかの確認を求められます。「はい」と応答すれば、現在の設定がワークブックに保存されます。それ以外の場合は現在の設定が破棄され、前回保存された設定が残ります。

OptQuestの終了

最適化を実行せずにOptQuestを終了する場合は、OptQuestウィザードで「閉じる」をクリックします。

最適化設定に対する変更をまだ保存していなかった場合は、プライマリ・ワークブックに保存するかどうかの確認を求められます。

OptQuestでの効率的フロンティア分析の設定

効率的フロンティア分析は、要件または制約条件の変化に対して目的関数値をプロットする曲線を計算します。一般的な使用方法としては、投資家が投資利益率を最大化してリスクを最小化できるように、リスク・レベルごとにポートフォリオ・リターンを比較します。理論上の説明は、[17ページの効率的フロンティア分析](#)を参照してください。「効率的フロンティア」グラフの詳細は、[44ページの図 10](#)を参照してください。例については、*Oracle Crystal Ball* フォレンジックおよびサンプル・ガイドを参照してください。

OptQuestで効率的フロンティア分析を指定するためには、OptQuestウィザードの「目的関数」パネルか「制約条件」パネルで、変数の限界値を持つ要件または制約条件を定義する必要があります。

- ▶ 効率的フロンティア分析に必要な変数の限界値を定義するには:
 1. 「目的関数」パネルで、修正する既存の要件を選択するか、新規の要件を追加してそれを選択します。
あるいは、「制約条件」パネルで制約条件を選択します。
 2. 「効率的フロンティア」をクリックします。
 3. 「効率的フロンティア」行が、要件または制約条件の近くに表示されます。下線の付いた要素を調整し、要件か制約条件のいずれか、または両方の限界値の範囲値を定義します。

要件または制約条件の限界値に範囲を(単一値ではなく)定義する場合は、ステップ数を設定してその範囲でチェックするポイントの数も定義します。OptQuestは、要件が最も厳密なテスト・ホストから開始して、範囲内の各テスト・ポイントについてフルの最適化を実行します。これで、要件の厳密さを変えたときの効果を確認できます。

効率的フロンティアの変数の限界値の例

[61ページのチュートリアル2 - ポートフォリオ割当てモデル](#)では、投資家が投資利益の標準偏差を制限する条件を設定しようとしています。標準偏差は統計予測であり、意思決定変数ではないため、この制限は要件です。

ただしこの投資家が、要件のわずかな増加によって投資利益が急増するかどうかを調べる場合には、変数に上限がある要件としてこれを設定できます(これにより、最大標準偏差が制限されます)。この場合、下限を\$8,000、上限を\$10,000として上限の限界値を定義できます。この方法の例については、Portfolio Revisited EF.xlsxを参照してください。

.optファイルからの設定の移行

Crystal Ballの前のリリース(11.1.1.xより前)に付属していたOptQuestバージョンでは、最適化設定を.optファイルに格納していました。[50ページの最適化モデルと設定の保存](#)で説明しているように、現在のバージョンの

OptQuestでは、設定はワークブックに保存されます。.optファイルから現在のバージョンに設定を移行しやすいように、.optファイル・ビューアが用意されています。

▶ .optファイル・ビューアを使用するには:

1. 11.1.1より前のバージョンのCrystal Ballで作成された最適化モデルを開きます。モデルには、少なくとも1つの予測と1つの意思決定変数が定義されている必要があります。これはダミーのデータ・セルであるため、不要であれば後で削除できます。

2.

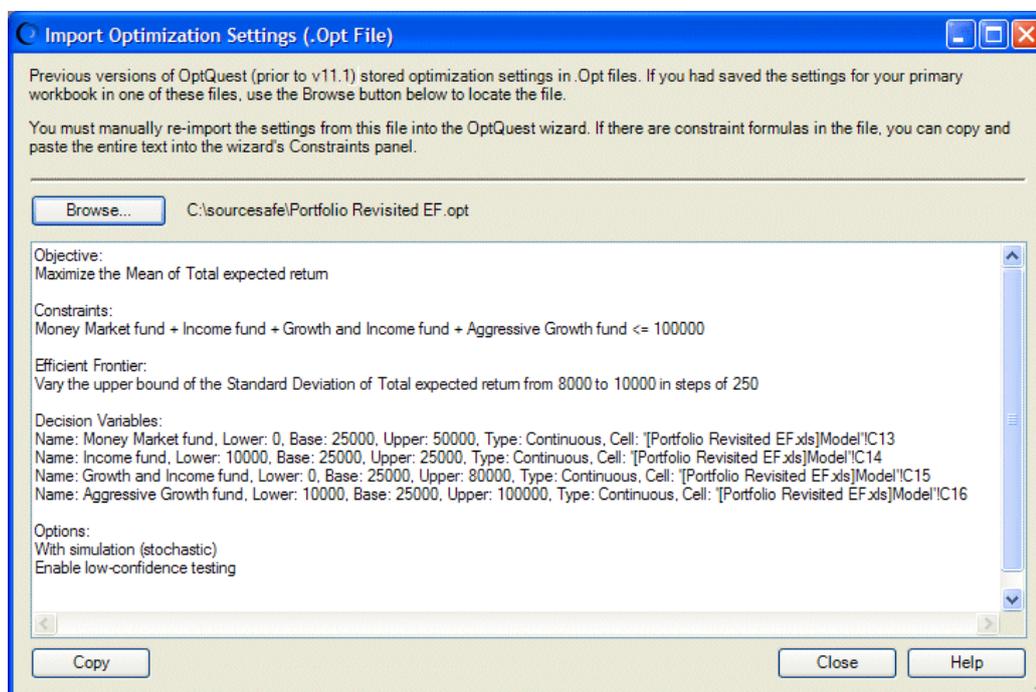
 **OptQuest**、 を選択します。

3. 「目的関数」パネルが開いたら、「インポート」をクリックします。

最適化設定のインポートダイアログが開きます。

4. 「参照」をクリックして、.optファイルを探します。該当するフォルダに移動して、ファイルをダブルクリックします。最適化設定のインポート・ダイアログに設定が表示されます(次の [52ページの図 14](#))。

図14 Portfolio Revisited EF.xlsxでインポートされる設定



目的関数、および存在する場合は要件または制約条件が、上部に表示されます。意思決定変数とオプションは下部に表示されます。

.optファイルに効率的フロンティア分析の意思決定変数が含まれている場合には、上の [52ページの図 14](#)に示したように、「効率的フロンティア」というラベルが付いて意思決定変数の近くに表示されます。

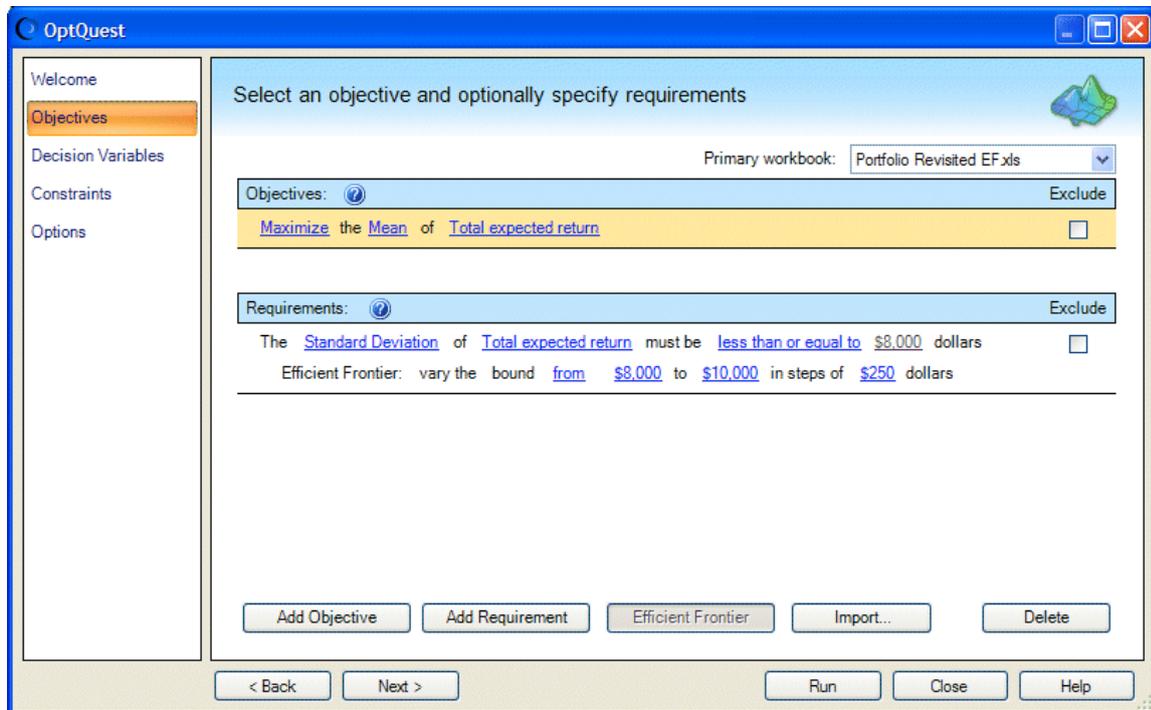
「オプション」設定では、最適化が確率的か決定論的か、および指定された条件が満たされた場合に最適化を自動的に停止する低信頼度テストが有効かどうかを指定します。

.optファイルをビューアにインポートすると、その情報をOptQuestウィザードの各パネルに移行できるようになります。

5. 「目的関数」パネルで目的関数を追加し、ビューアのテキストに一致するように設定します。

- 要件または変数の要件がある場合にはそれも追加し、テキストに一致するように編集します。53ページの図 15は、52ページの図 14に、目的関数と、「効率的フロンティア」ラベルの付いた要件の入力を示しています。

図15 「目的関数」パネル、Portfolio Revisited EF.xlsx



- 「制約条件」パネルに、制約条件を入力します。ビューアで1つ以上の制約条件式を選択して「コピー」ボタンをクリックし、[Ctrl]+[V]で制約条件の空の行に貼り付けることができます。複数の制約条件を貼り付ける場合は、自動的にそれぞれが別の行に配置されます。
- 新しい意思決定変数が必要な場合は、Crystal Ballで追加してください。必要に応じて、ビューアからメモ帳に意思決定変数をコピーして印刷すれば、新しい意思決定変数を作成するときそのプリントアウトを参照できます。

すべての意思決定変数を定義したら、再度OptQuestを起動します。「意思決定変数」パネルをクリックし、すべて正しく入力されていることを確認します。

- これで、最適化を実行できます。新しい設定はすべてワークブックに格納され、次に保存するまで恒久的にワークブックに保存されます。

設定を追加で複数のワークブックに格納し、1つのモデルで使用することもできます。手順については、Oracle Crystal Ballリファレンスおよびサンプル・ガイドのOptQuestに関する項で、1つのモデル用に複数の最適化設定を管理する方法を参照してください。

OptQuestの詳細情報

OptQuestの詳細を学習するには、55ページの第4章「OptQuestチュートリアル」でチュートリアルを完了してください。それ以降は、Oracle Crystal Ballリファレンスおよびサンプル・ガイドのOptQuestに関する項で例を確認してください。詳細は、Crystal BallのWebサイトでトレーニングの情報を確認してください:

<http://www.oracle.com/crystalball>。

4

OptQuestチュートリアル

この項の内容:

はじめに	55
チュートリアル1 - Futura Apartmentsモデル	55
チュートリアル2 - ポートフォリオ割当てモデル	61

はじめに

1つ目のチュートリアル、「Futura Apartmentsモデル」は、*Oracle Crystal Ballユーザズ・ガイド*の最初のCrystal Ballチュートリアルで使ったモデルの拡張版で、集合施設の最適な賃貸料を求めます。このモデルは実質的に、実行できる状態であるため、OptQuestの動作を簡単に確認できます。

2つ目のチュートリアル、「ポートフォリオ割当てモデル」では、最適化の独自な設定と定義について示します。このモデルでは、リスクと投資利益率のポートフォリオを均衡する最適な投資を求めます。

チュートリアル1 - Futura Apartmentsモデル

最近、Futura Apartmentsという集合施設を購入したと仮定します。重要な意志決定の1つは、賃貸料の金額です。状況を調査し、確実な意思決定を行うために、スプレッドシート・モデルを作成しました。

似たような集合施設の価格構造と居住率を分析した結果、賃貸物件に対する需要は賃貸料との線形関数になると推定しました。これは次式で表されます:

$$\text{賃貸部屋数} = -.1(\text{部屋当たりの賃貸料}) + 85$$

これは\$400から\$600の間の場合です。

また、運用費用は集合施設全体について1か月当たり平均で約\$15,000と推定しました。



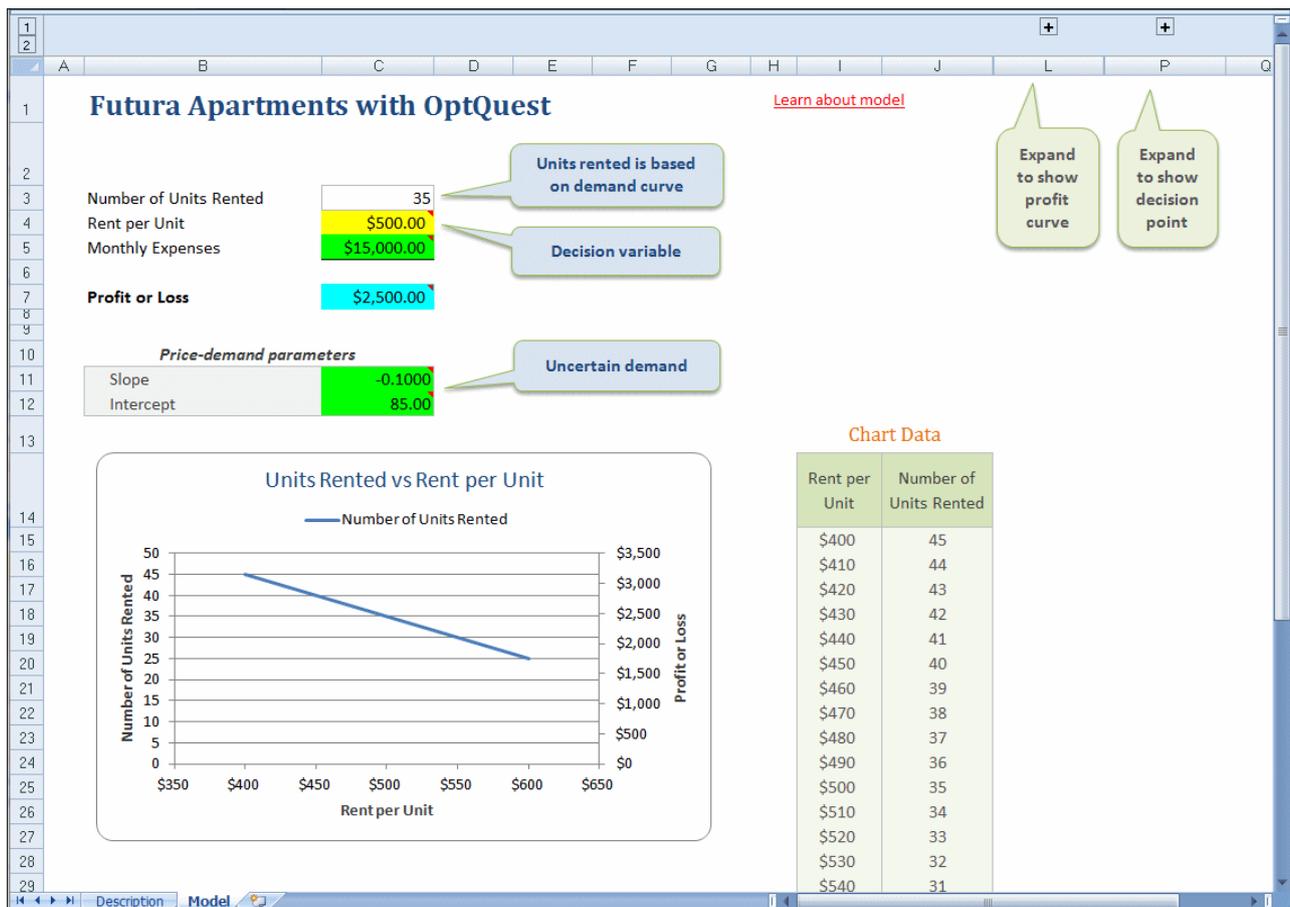
注:

従属変数と1つ以上の独立変数の線形関係は、Crystal Ballに付属しているPredictorを使用して求められます。

▶ チュートリアルを開始するには:

1. Crystal Ballを起動します。
2. Crystal Ballのサンプル・モデル・リストから**Futura With OptQuest.xlsx**ワークブックを開きます ([56ページの図 16](#))。

図16 Futura Apartmentsワークブック



賃貸料は\$500に設定されています。ここで:

$$\text{賃貸部屋数} = -0.1(500) + 85 = 35$$

そして、合計利益は\$2,500となります。すべてのデータが一定であれば、賃貸料の最適値は単純なデータ表を使用して見つけることができます。ただし現実的には、毎月の運用費用も、価格と需要の関数パラメータ(-.1と85)も一定ではありません(この例で、これらの仮定の確率分布はあらかじめ定義されています)。したがって、最適な賃貸料を求めるのは単純な作業ではありません。

- OptQuestを実行する前に、Crystal Ballリボンの「実行プリファレンス」を選択し、次の実行プリファレンスを設定します:
 - 実行する最大試行回数を1000に設定(デフォルト)
 - サンプリング手法を「ラテン・ハイパーキューブ」に設定
 - ラテン・ハイパーキューブのサンプル・サイズを500に設定
 - 「乱数の生成」を「同じ乱数シーケンスを使用」に、「初期シード値」を999に設定

OptQuestの実行

- 次の手順でOptQuestを起動し、Futura Apartmentsモデルを最適化します。

1.

OptQuestを起動するには、「OptQuest」  を選択します。

OptQuestウィザードが起動します。

OptQuestを初めて実行する場合には、OptQuestの「ようこそ」パネルが開きます。それ以外の場合には、「目的関数」パネルが開きます。



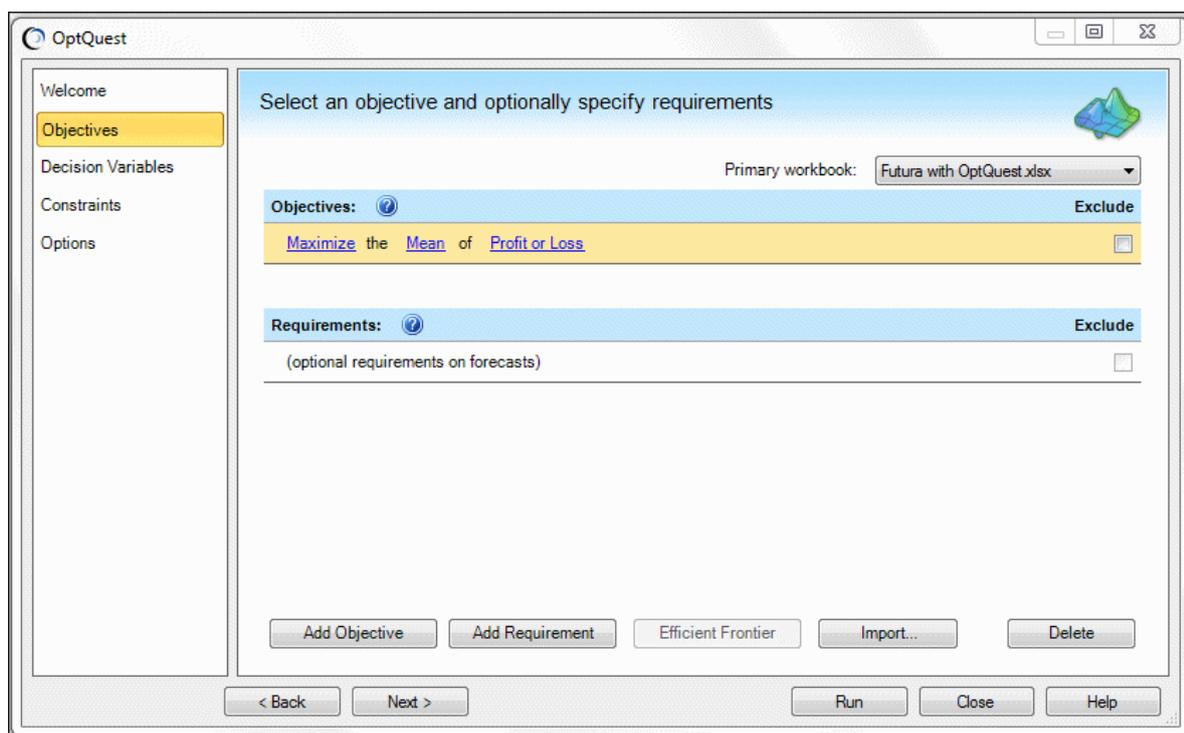
注:

「ようこそ」パネルの下部に、最適化を実行するとOptQuestの設定はすべてワークブックに保存されるという意味のテキストが表示されます。

2. オプション: 「ようこそ」パネルが開いた場合には、「次」をクリックします。

「目的関数」パネルが開きます。([57ページの図 17](#))。

図17 「目的関数」パネル、Futura with OptQuestの例



この例の目的は、損益予測の平均を最適化することです。

3. 目的関数を定義するには、「目的関数の追加」をクリックします。(この例では、目的関数はあらかじめ追加されています。)次のようなデフォルトの目的関数が「目的関数」リストに表示されます:

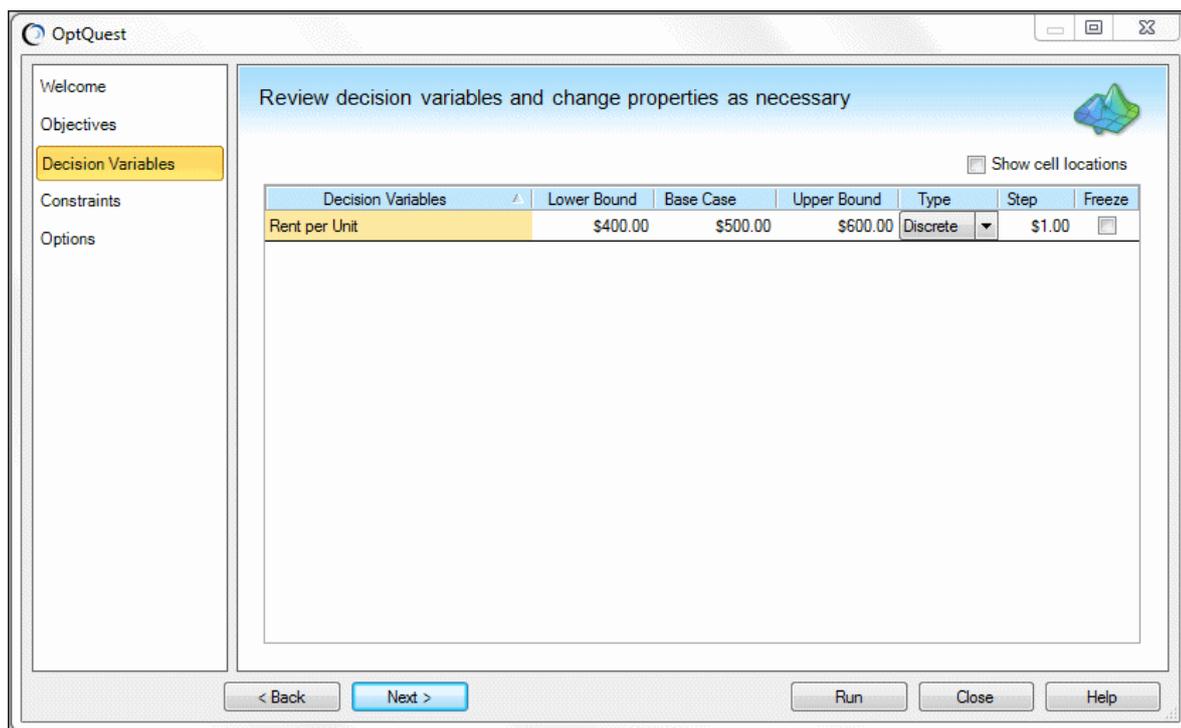
Maximize the Mean of Profit or Loss

これが必要な目的関数なので、追加の編集は必要ありません。

4. 「次」をクリックして続行します。

[58ページの図 18](#)に示すように、「意思決定変数」パネルが開きます。

図18 「意思決定変数」パネル、Futura with OptQuestの例



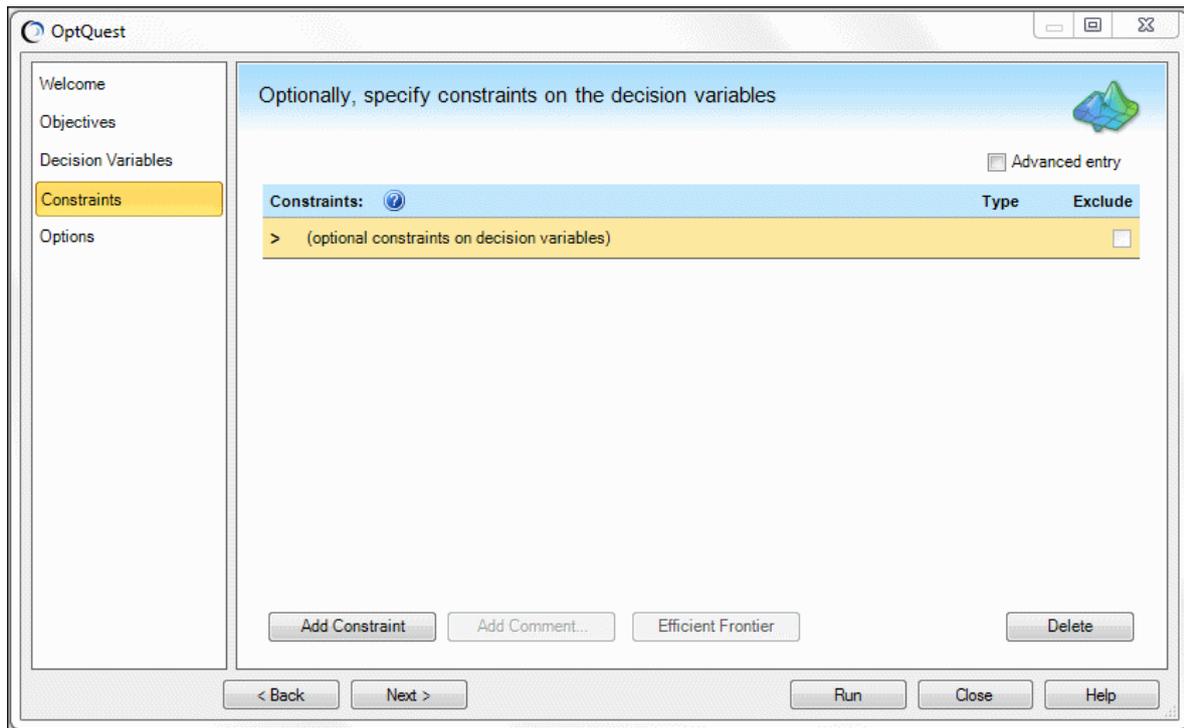
5. 「意思決定変数」パネルには、「Rent Per Unit」という意思決定変数が1つ表示されています。

変数の下限は400、上限は600で、ベース・ケースは500です(ワークシートでの現在の値)。変数タイプは、「離散」としてリストされています。「固定」は選択していないので、この意思決定変数はOptQuestシミュレーションに含まれます。

6. 「次」をクリックして続行します。

59ページの図 19に示すように、「制約条件」パネルが開きます。

図19 「制約条件」パネル、Futura with OptQuestの例

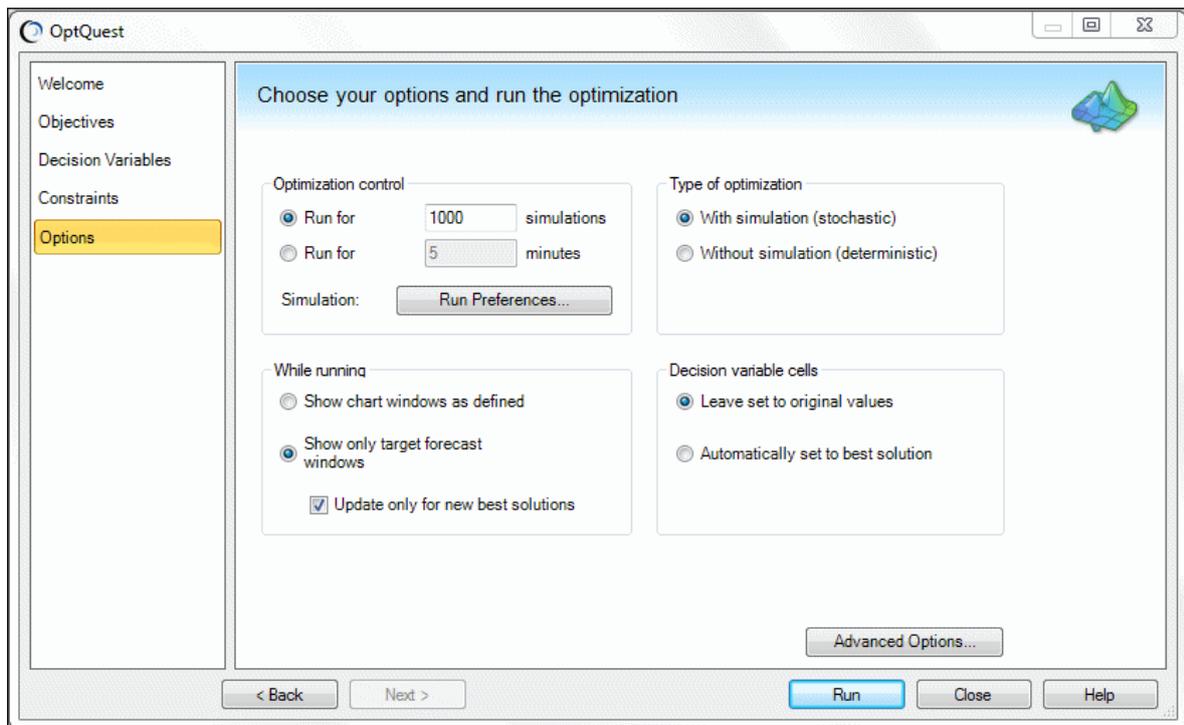


この例では、意思決定変数に対する制約はないので、ここでは何も追加しません。

- 「制約条件」パネルで、「次」をクリックします。

「オプション」パネルが開きます。

図20 「オプション」パネル、Futura with OptQuestの例

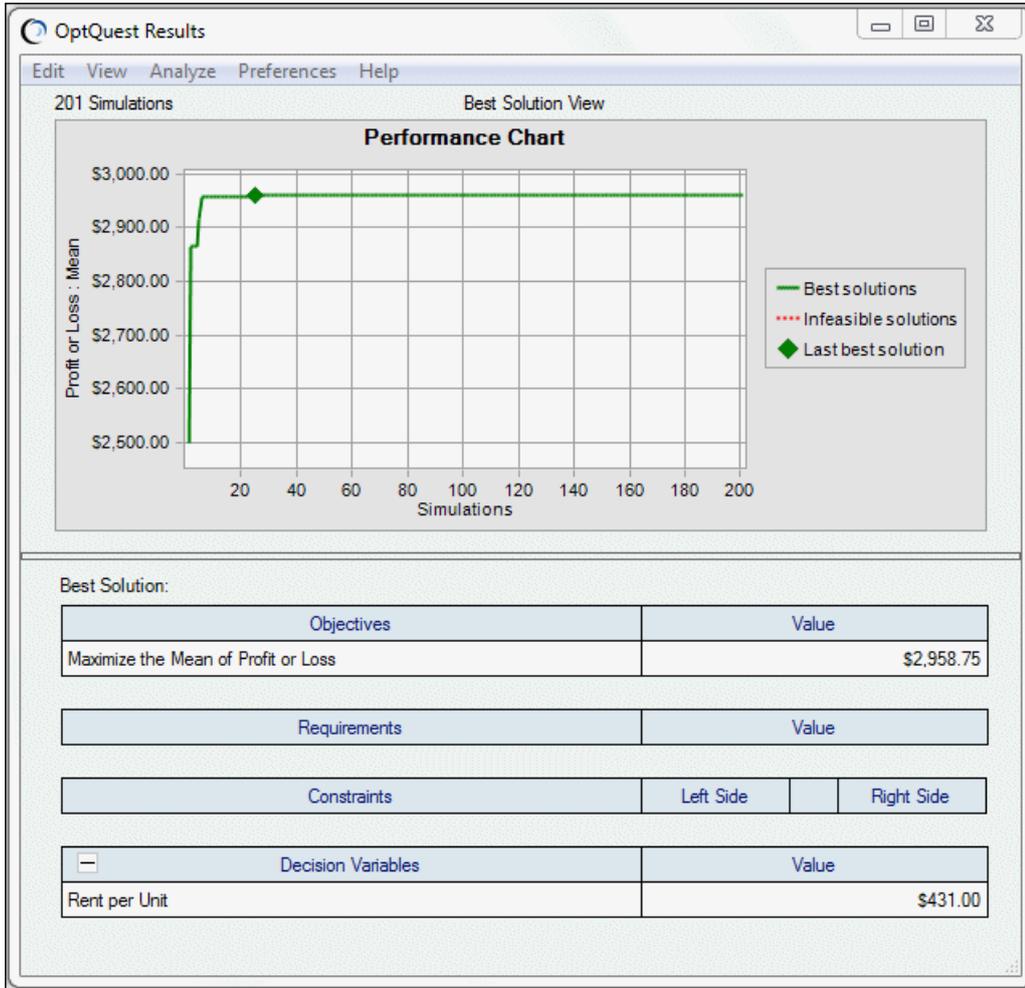


8. 1000回のシミュレーションを実行するようにOptQuestを設定します(デフォルト)。
9. 「オプション」パネルで、「実行」をクリックします。

OptQuestは、一連の**可能解**の中から、損益予測の平均値が向上するものを体系的に検索します。

短時間で最適解が検出され、「OptQuestの結果」ウィンドウが表示されます(60ページの図 21)。

図21 Futura ApartmentsモデルのOptQuestの結果



パフォーマンス・グラフに、OptQuestで計算された解が表示されます。数値の結果がグラフの下の表に表示されます。この最適化の場合、最適解はシミュレーション25で見つかりました。最適な賃貸料を1部屋当たり\$431にすると、最大平均予測利益が\$2,958.75になりました。

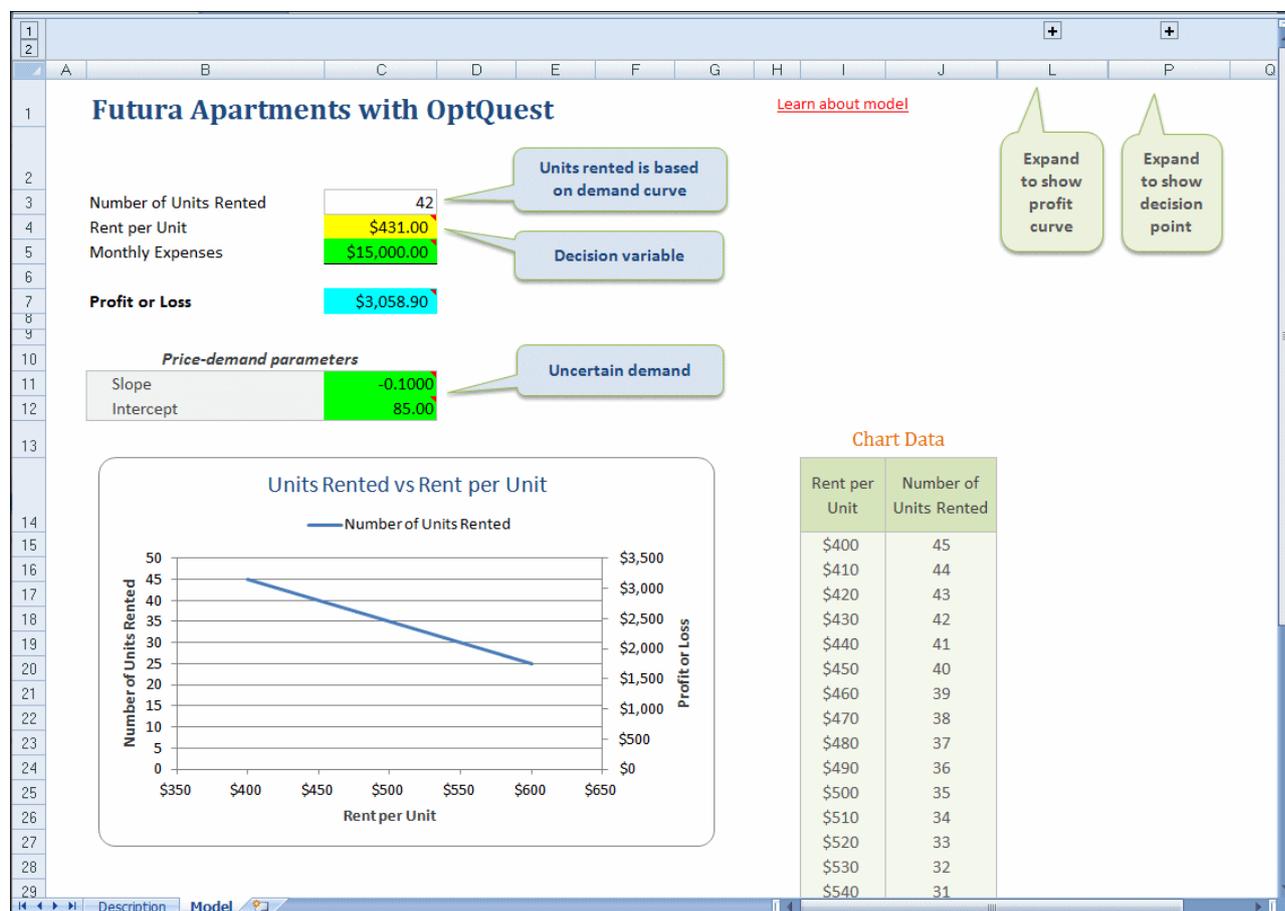
「オプション」パネルで指定したように、最適解の予測グラフが表示されます。予測グラフのメニュー・バーで「表示」、「統計量」の順に選択すると、表示されている予測分布の平均が、「OptQuestの結果」ウィンドウに表示されている最大平均予測利益(\$2,958.75)に等しいことがわかります。

10. 「OptQuestの結果」ウィンドウのメニューバーで、「編集」、「スプレッドシートに最適解をコピー」の順に選択します。

Futura with OptQuestのワークブックを見ると、意思決定変数であるセルC4が、OptQuestで計算された「Rent per Unit」の値である\$431に設定されていることがわかります。スプレッドシートには、意思決定変数の最適値に基づいて決定論的な式が格納されます。61ページの図 22に示されているように、C3とC7の

セルにはC4が関連する式が含まれているため、C3とC7の値も変化します。これで、約\$3,059の最大利益を得るためには、42の部屋を\$431ずつで賃貸する必要があることがわかりました。

図22 Futura with OptQuestで最適化された最大利益



注:

最適化を実行すると、ウィザードの設定は自動的にワークブックに保存されます。詳細は、50ページの最適化モデルと設定の保存を参照してください。

チュートリアル2 - ポートフォリオ割当てモデル

これは、さらに詳細なチュートリアルです。OptQuestでCrystal Ball Decision Optimizerを使用して最適化モデルを設定し、実行する手順を説明します。目的関数や制約条件など、最適化の基本的な用語を熟知していない場合には 11ページの第2章「概要」を参照してください。

問題の説明

ある投資家が、4つの資産に\$100,000を投資します。各資産の予想年間投資利益と、この投資家がそれぞれに投資してもよいと考える上限と下限の金額を、次のリストに示します。

表3 ポートフォリオ割当てでの予測投資利益と投資限界

投資	年間投資利益	下限	上限
マネー・マーケット・ファンド	3%	\$0	\$50,000
インカム・ファンド	5%	\$10,000	\$25,000
成長/インカム・ファンド	7%	\$0	\$80,000
積極成長型ファンド	11%	\$10,000	\$100,000

この問題の不確実性の要因は、各資産の年間投資利益です。マネー・マーケット・ファンドやインカム・ファンドのような従来の資産は年間投資利益が比較的安定していますが、積極成長型ファンドはかなり不安定です。

そのため、意思決定の問題では、リスクを許容範囲に抑え、各投資額を上限および下限の範囲にとどめたくて、予測投資利益を最大化するためにどのくらいの金額を各資産に投資すればよいかを決定します。

OptQuestの使用

OptQuestを使用する手順は、次のとおりです：

1. 問題からCrystal Ballモデルを作成します。
2. Crystal Ballで意思決定変数を定義します。
3. OptQuestを起動します。
4. OptQuestで、予測目的関数を定義し、要件があればそれも定義します。
5. 最適化する意思決定変数を選択します。
6. 意思決定変数に対する制約条件があれば指定します。
7. 最適化設定を選択します。
8. 最適化を実行します。
9. 結果を解釈します。

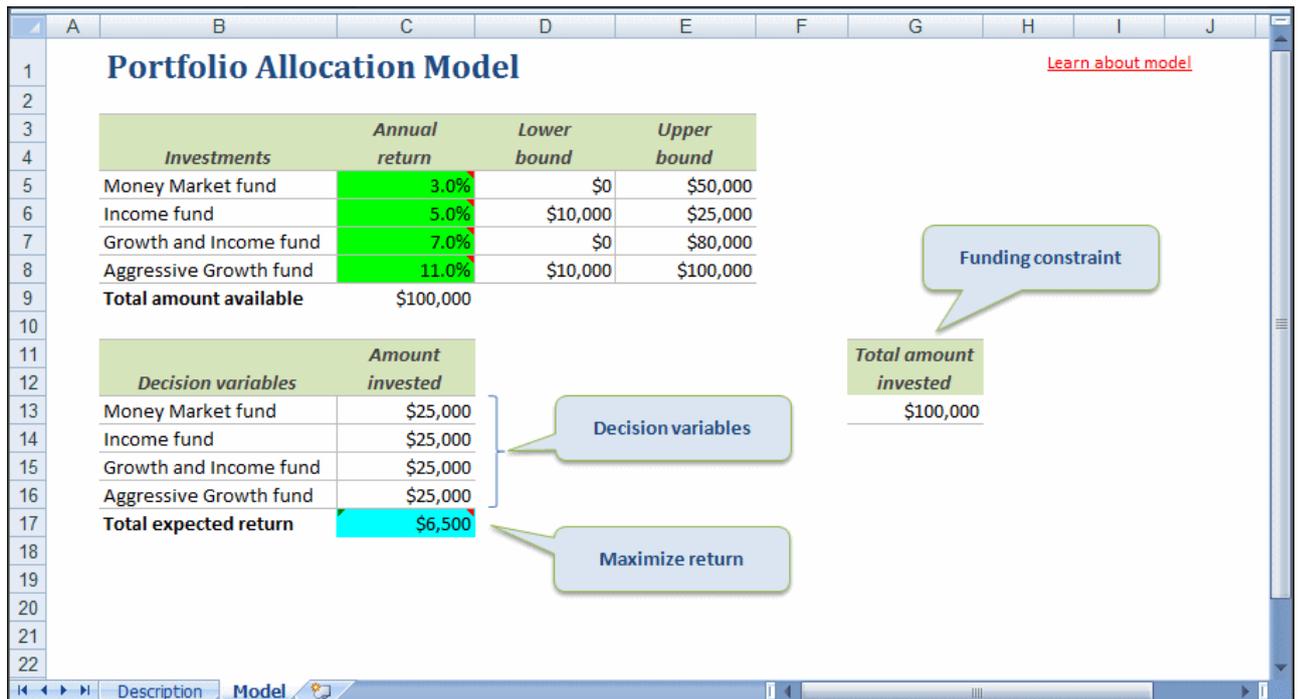
Crystal Ballモデルの作成

▶ この例では、モデルがあらかじめ作成されています。確認するには：

1. Crystal Ballを起動し、サンプル・モデル・リストから**Portfolio Allocation.xlsx**ワークブックを開きます。

この問題のワークシートを、次の [63ページの図 23](#)に示します。

図23 Portfolio Allocationワークシート



この例では、問題のデータ値は行5から行9で指定されています。モデル入力(意思決定変数の値)、モデル出力(予測目的関数)、制約条件(投資の合計金額)がワークシートの下半分にあります。

このモデルでは、仮定と予測のセルがCrystal Ballであらかじめ定義されています。意思決定変数は、このチュートリアルの一部で定義します。

2. 仮定が次のように定義されていることを確認します:

仮定	セル	分布	パラメータ
マネー・マーケット・ファンド	C5	一様	最小: 2% 最大: 4%
インカム・ファンド	C6	正規	平均: 5% 標準偏差: 5%
成長/インカム・ファンド	C7	正規	平均: 7% 標準偏差: 12%
積極成長型ファンド	C8	正規	平均: 11% 標準偏差: 18%

仮定や予測の表示または定義については、*Oracle Crystal Ballユーザーズ・ガイド*を参照してください。

3. Crystal Ballリボンの「実行プリファレンス」を選択し、次の実行プリファレンスを設定します:

- 実行する最大試行回数を1000に設定
- サンプルング手法を「ラテン・ハイパーキューブ」に設定
- ラテン・ハイパーキューブのサンプル・サイズを500に設定

- ・「乱数の生成」を「同じ乱数シーケンスを使用」に、「初期シード値」を999に設定

意思決定変数の定義

▶ 次の手順として、モデルの意思決定変数を特定し、定義します。OptQuestモデルには、少なくとも1つの意思決定変数が必要です。

1. 最初の意思決定変数を定義します。
 - a. セルC13を選択します。
 - b.  「意思決定変数の定義」を選択します。
 - c. 「変数タイプ」を「連続」に設定します。
 - d. [62ページの表 3](#)と、[63ページの図 23](#)に従って、問題のデータどおりに下限と上限を設定します(ワークシートの列Dと列E)。

セルD5、E5、およびファンド名(セルB5)には、セル参照を入力できます。入力が終わると、セル参照は値に変わります。

2. 手順1で説明したプロセスに従い、ワークシートの列Dと列Eの値に基づいてC14、C15、C16の各セルの意思決定変数を定義します。

手順1で定義した意思決定変数の名前、下限および上限にセル参照を使用した場合、残りの意思決定変数は、Crystal Ballの「データのコピー」および「データの貼付け」コマンドを使用して定義できます。

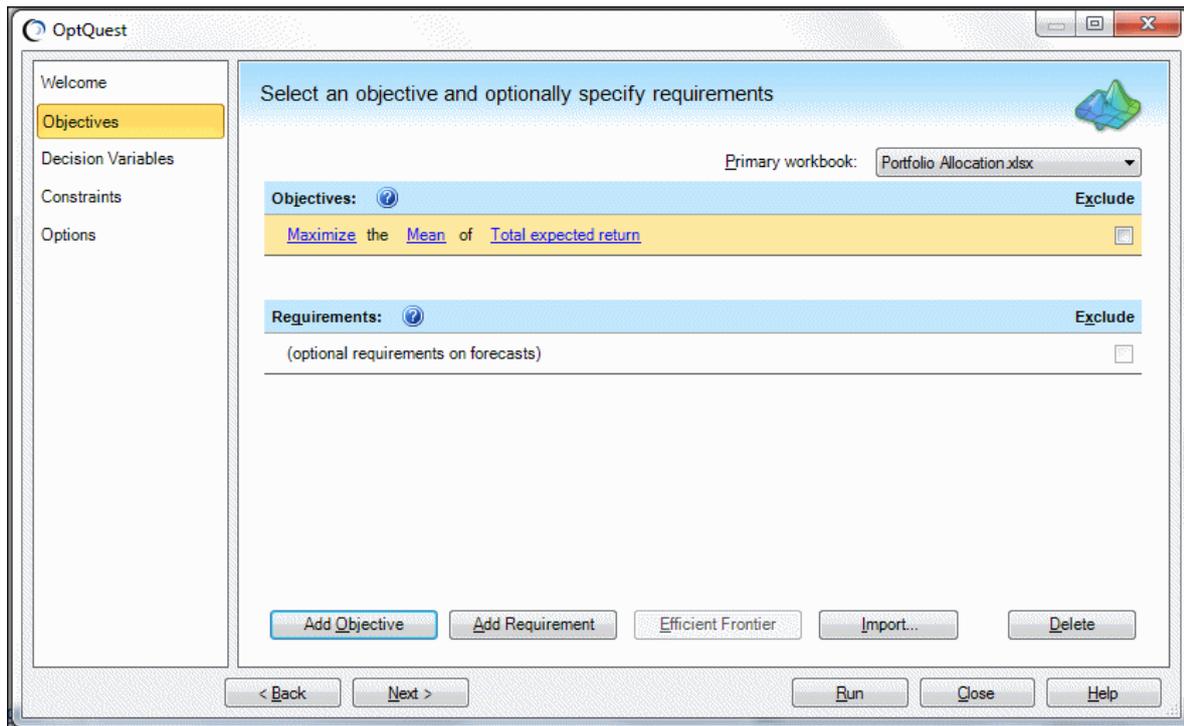
OptQuestの起動と予測目的関数の定義

▶ OptQuestシミュレーションを実行する前に、予測目的関数を定義する必要があります。これを行うには:

1. Crystal Ballリボンの「**OptQuest**」を選択して、OptQuestを起動します。

これまでに少なくとも1回はOptQuestを起動してあれば、「目的関数」パネルが開きます([65ページの図 24](#))。

図24 「目的関数」パネル、ポートフォリオ割当ての例(目的関数を追加した状態)



OptQuestでは、最小化または最大化する、あるいは目標値に設定する目的関数として1つの予測統計量を選択する必要があります。目的関数を定義する以外に、最適化の要件も定義できます(71ページの最適化設定の編集に記載)。

前述のとおり、この例題の目的は、合計予想投資利益を最大化することです。OptQuestは、Crystal Ballと連携して予測を分布(値の範囲)として計算するため、合計予想投資利益の平均を予測すれば、目的関数として使用する良好な統計となります。

2. 目的関数を定義するには、「目的関数の追加」をクリックします。デフォルトの目的関数が表示されます。65ページの図24では、次のようなデフォルトの目的関数がすでに追加されています:

Maximize the Mean of Total Expected Return

これが必要な目的関数であり、編集は不要です。

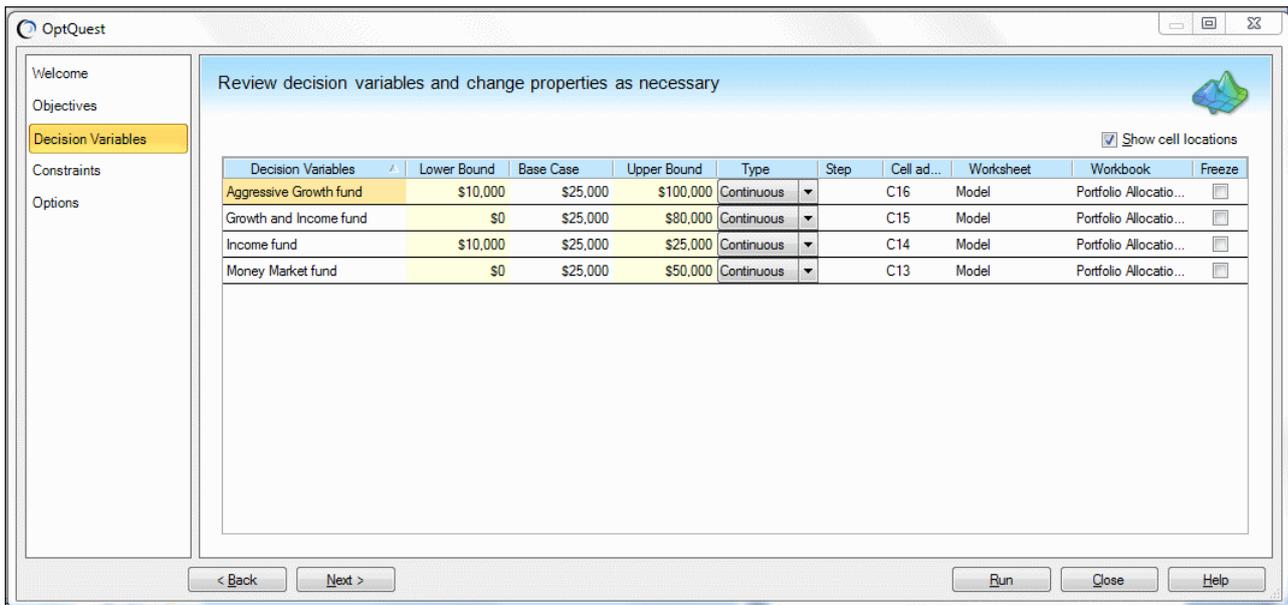
3. 「次」をクリックして続行します。

「意思決定変数」パネルが開きます。

最適化する意思決定変数の選択

「次」をクリックすると、66ページの図25のように「意思決定変数」パネルが開きます。

図25 セルの場所が表示された「意思決定変数」パネル、ポートフォリオ割当ての例



Crystal Ballモデルで定義される意思決定変数がそれぞれ、「意思決定変数」パネルに表示されます。最後の列は、変数が固定されている、すなわち最適化から除去されていることを示します。66ページの図 25では、「セルの場所を表示」が選択され、最後の列の前にセル・アドレスが表示されています。

他の列には、限界値、ベース・ケース(現在のモデル値)、タイプ、各変数のステップが表示されます。

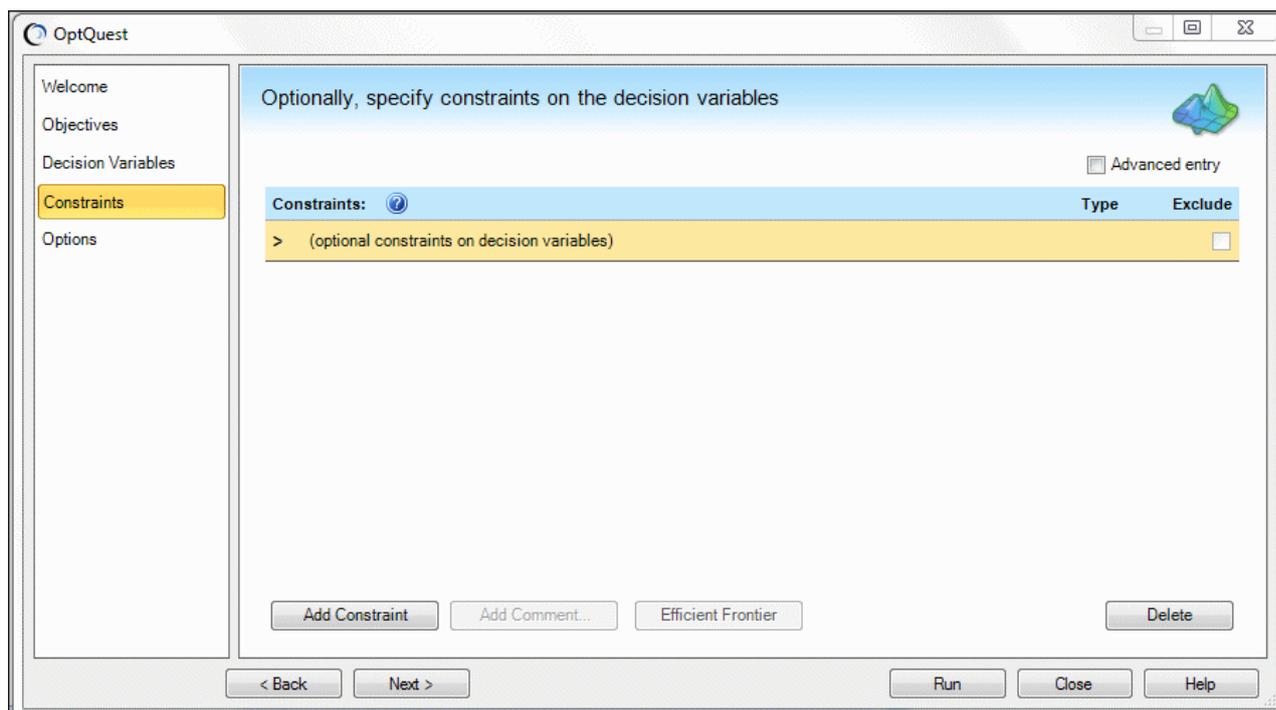
▶ この例は正しく設定されているので、「セルの場所を表示」を選択し、「次」をクリックして続行します。

67ページの図 26に示すように、「制約条件」パネルが開きます。

制約の指定

「意思決定変数」パネルで「次」をクリックすると、「制約条件」パネルが開きます。

図26 データなし、簡易入力モードの「制約条件」パネル



オプションで、「制約条件」パネルを使用して、意思決定変数に定義できる制限を指定します。このモデルの制約条件は、初期投資を\$100,000に制限します。

デフォルトでは、「制約条件」パネルは簡易入力モードで開きます。このモードでは、ほとんどの制約条件式をスプレッドシートのセルに入力します。次に、Sheet!A1 <= 100などの単純な条件式を使用して、「制約条件」パネルで制約条件式を完成します。

たとえば、以前の例で指定した制約条件式を考えます：

$$\text{Money Market fund} + \text{Income fund} + \text{Growth and Income fund} + \text{Aggressive Growth fund} = 100000$$

ファンド値はそれぞれ、Oracle Crystal Ball Decision Optimizerで意思決定変数として定義されています。66ページの図 25 に示したように、この例では、意思決定変数はC13からC16のセルで定義されています。

前述した制約条件式の左辺は、ポートフォリオ割当ての例のModelワークシートで、セルG13にすでに入力されています：

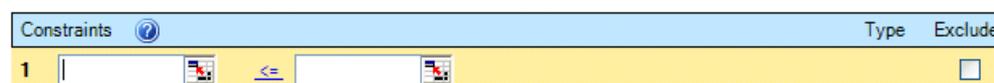
$$=\text{SUM}(C13:C16)$$

▶ 「制約条件」パネルに制約条件を入力するには：

1. 「制約条件の追加」をクリックします。

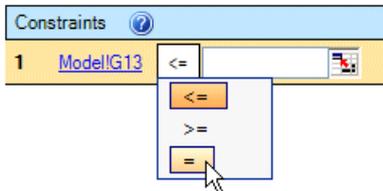
次の 67ページの図 27 に示すように、2つの編集ボックスがある行が表示されます。

図27 簡易入力モードの「制約条件」エディタ



- 最初のボックスに、制約条件式の左辺を含むセルを入力します。この場合はセルG13です。「=G13」と入力するか、セル・セレクタを使用してセルを参照します。セルに範囲名がある場合は、セル・アドレスのかわりに使用できます。
- デフォルトの演算子は<=です。この例で必要な式は、=です。下線の付いた演算子をクリックし、必要な演算子を選択します(68ページの図 28)。

図28 制約条件の演算子の変更



- 式の右辺を入力するには、数値を入力するか、値または式を含むセルあるいは範囲名を参照します。次の 68ページの図 29では、100000という数値を入力しました。

図29 簡易入力モードで入力した制約条件



- ここでは、次のいずれかを行えます:
 - 別の制約条件を追加します
 - コメントを追加します
 - 効率的フロンティア分析に使用する変数の限界値を追加します
 - 「次」をクリックして「オプション」パネルに進みます
 - 「実行」をクリックして最適化を実行します

コメントと変数の境界値を追加する方法は、29ページの「制約条件」エディタと関連ボタンを参照してください。

別の方法としては、「高度な入力」モードを使用して制約条件式を直接入力できます。詳細は、27ページの「高度な入力」モードでの制約条件の指定を参照してください。

- 制約条件の設定が完了したら、「次」をクリックして続行します。

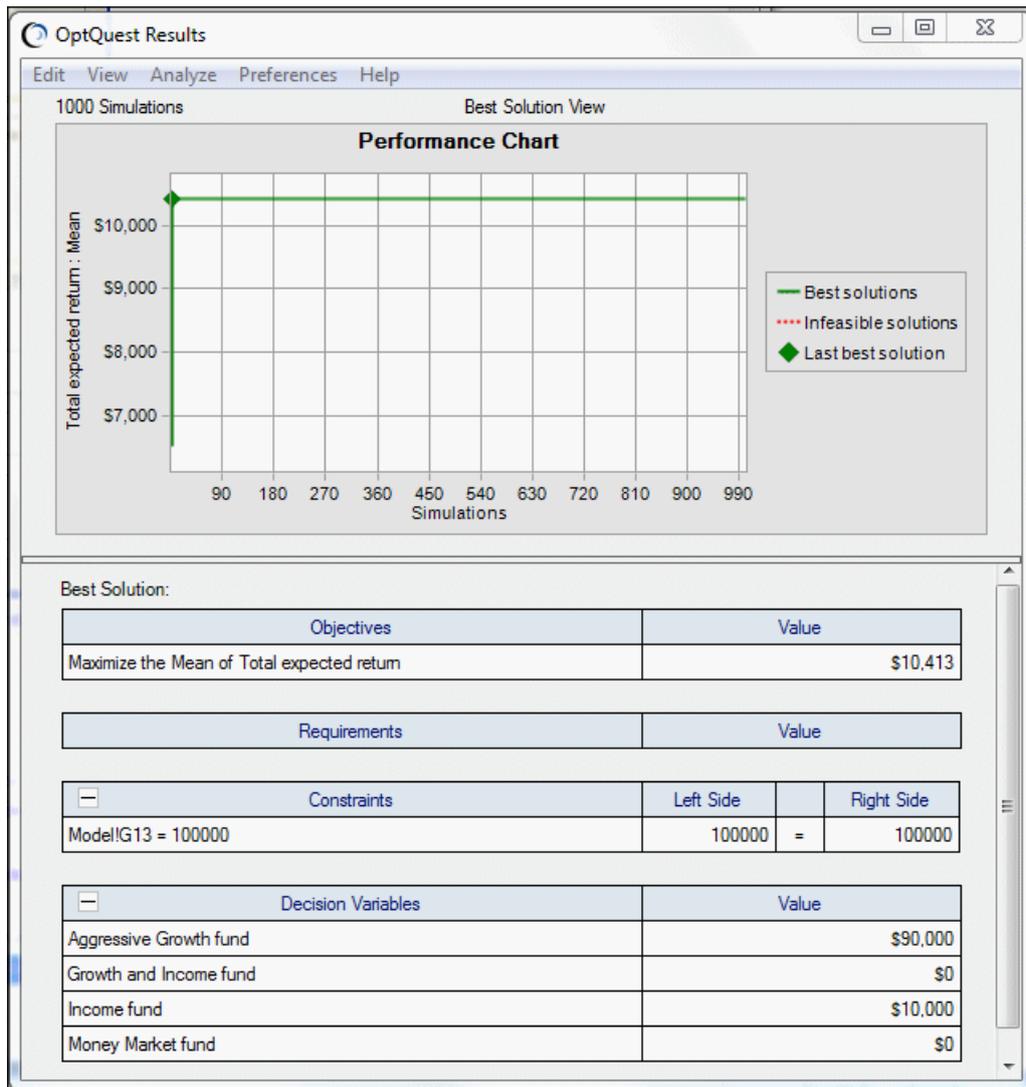
59ページの図 20のように、「オプション」パネルが開きます。

オプションの設定と最適化の実行

- ▶ 「オプション」パネルで、最適化プロセスを制御するオプションを設定します。詳細は、「ヘルプ」ボタンをクリックしてください。
- このチュートリアルでは、シミュレーションの最大回数を1000に設定します。
 - 「実行」をクリックします。

「OptQuestの結果」ウィンドウが開きます(69ページの図 30)。これは「最適解ビュー」に表示され、最適化で見つかった最適解の概要を示します。

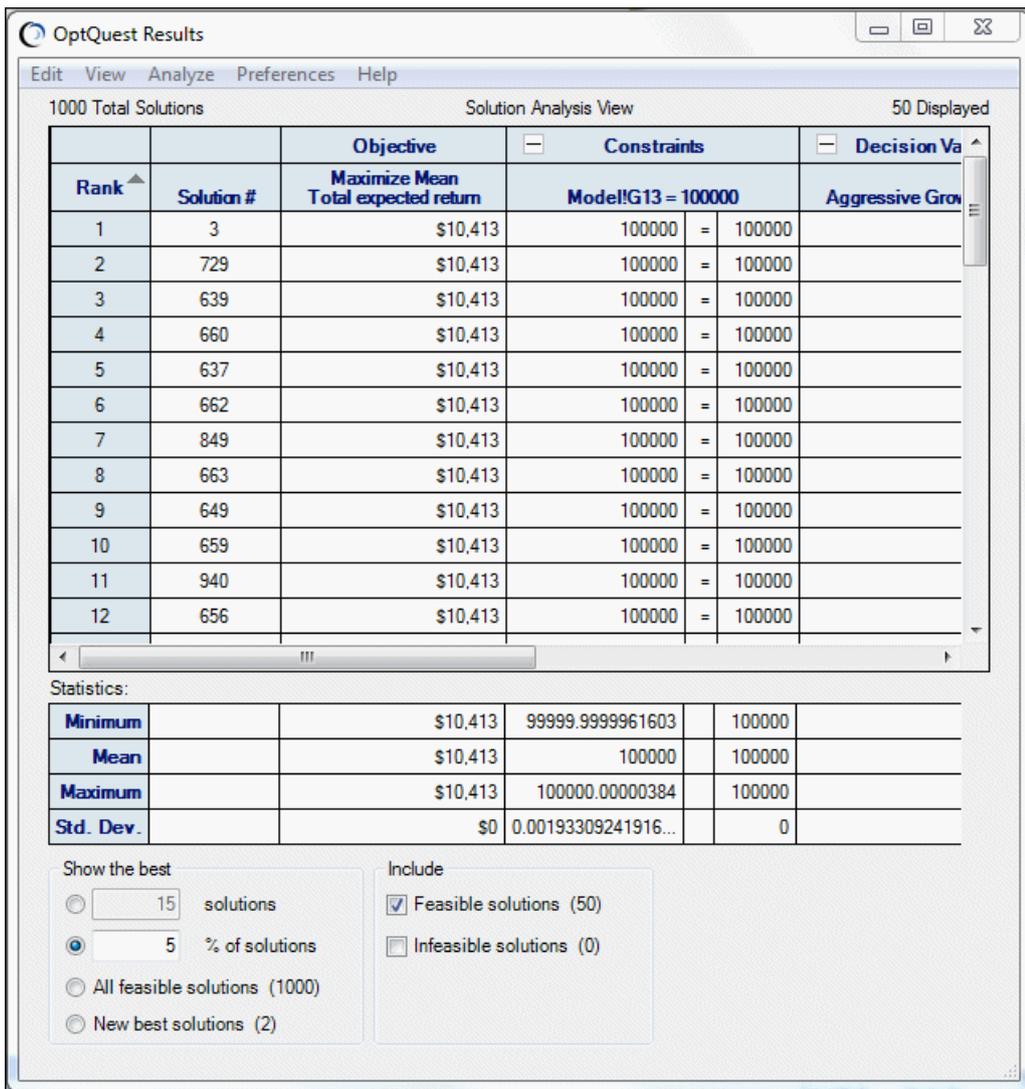
図30 「OptQuestの結果」ウィンドウ - 「最適解ビュー」、ポートフォリオ割当てモデル



合計予想投資利益の予測の平均は\$10,413で、「目的関数」表に表示されています。「意思決定変数」表には、目的関数を達成するために各ファンドに割り当てる金額が示されています: 積極成長型ファンドが\$90,000; 成長/インカム・ファンドが\$0; インカム・ファンドが\$10,000; マネー・マーケット・ファンドが\$0です。

メニュー・バーで「表示」、「解の分析」の順に選択すると、「解の分析」表が表示されます。

図31 「OptQuestの結果」ウィンドウ - 「解の分析ビュー」、ポートフォリオ割当てモデル



デフォルトで、解のリストには目的関数値で順位を付けた上位5%の解がリストされます。リストをスクロールすると、最適解を求める際にOptQuestが試行した一連の意思決定変数が表示されます。また、それらの意思決定変数に基づいて計算した要件と制約条件式の値も表示されます。

解のリストの下にある統計量表には、目的関数、制約条件、意思決定変数(表の列)のそれぞれの最小値、平均値、最大値、標準偏差の値が表示されます。

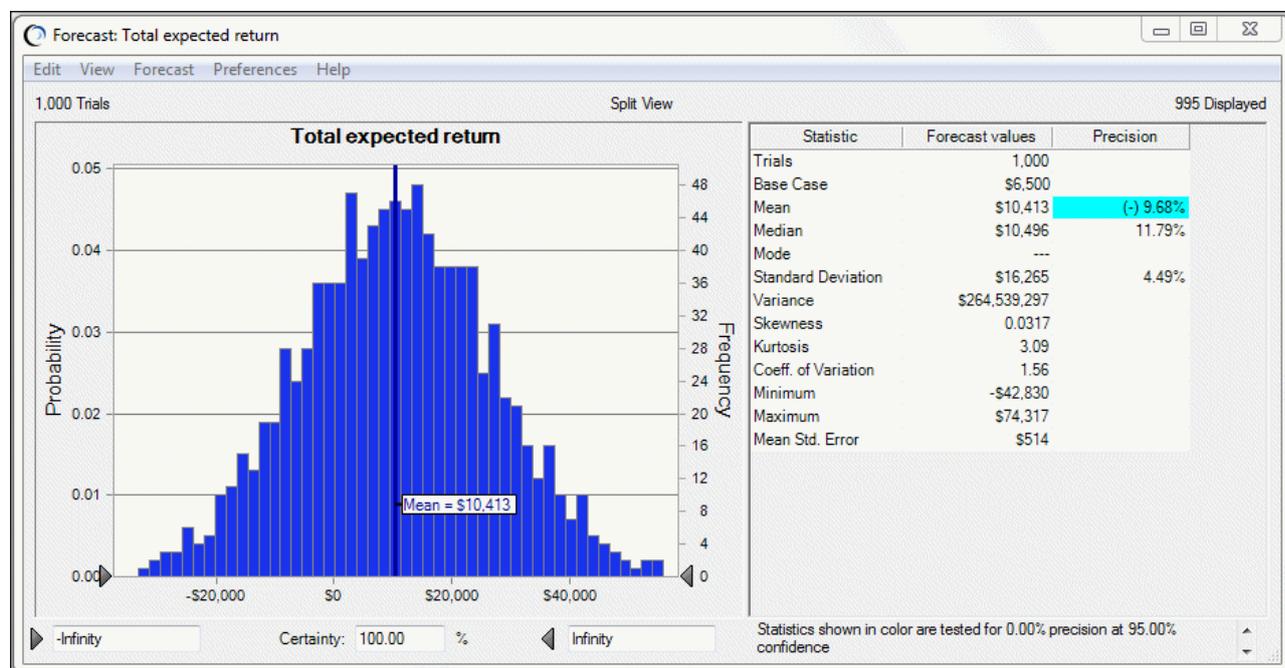
この例では、投資戦略によってポートフォリオの投資利益率は最大化されましたが、不安定性が高く多様性に乏しいためにリスクが高いという代償を払っています。これは本当に最適な戦略なのでしょうか？ それを見きわめるために、投資家はこの結果を解釈する必要があります。

結果の解釈

OptQuestの結果を解釈するには、まず最適解の予測グラフを検討します。これが画面に表示されていない場合は、「グラフの表示」、「予測グラフ」、合計予想投資利益の順に選択します。

次の 71 ページの図 32 では、「分割ビュー」で予測グラフと統計量が表示されています。予測の標準偏差は、平均投資利益の \$10,413 と比較すると、\$16,265 と、かなり高くなっています。この 2 つの値の比率を変動の係数と言い、これが 1.56、つまり 150% を超えています。割り当てられた金額の大部分は積極成長型ファンドですが、このファンドの不確実性がきわめて高く、投資の相対的なリスクを表しています。

図32 ポートフォリオ割当ての予測グラフ、「分割ビュー」



最適化設定の編集

ポートフォリオ管理では、解の可変性を制御してリスクを最小化することが、大きい予想投資利益を達成するのと同じくらい重要です。この同じ投資家が、引き続き予想投資利益を最大化しつつ、ポートフォリオの投資利益の不確実性を小さくしたいと考えています。標準偏差がより低い、たとえば \$8,000 未満になるような最適解を求める必要が生じることがあります。

このようなリスク制限を追加し、引き続き合計予想投資利益を最大化するには、OptQuest 設定を編集します。

▶ OptQuest を編集するには:

1. **Portfolio Allocation.xlsx** を開き、このチュートリアルで前述した設定で、Oracle Crystal Ball リボンの「**OptQuest**」を選択します。最適化のみを実行した場合は、OptQuest の「コントロール・パネル」で、「リセット」をクリックします。「リセット」のプロンプトが表示されたら「**OptQuest**ウィザードの起動」を選択し、「はい」をクリックします。
2. オプション: まだ開いていない場合は、OptQuest ウィザードのナビゲーション・ペインで「目的関数」をクリックします。

パネルが開き、目的関数として「**Maximize the Mean of Total Expected Return**」がリストされます。

3. 「要件の追加」をクリックします。

これで、「要件」に次のような新規行が作成されます:

Requirements:	Exclude
The <u>Mean</u> of <u>Total expected return</u> must be <u>greater than or equal to</u> <u>\$100</u> dollars	<input type="checkbox"/>

4. 新規行で、「平均値」をクリックします。リストで、「標準偏差」を選択します。
5. 「次以上」をクリックし、「次以下」に変更します。
6. 次に、「100」をクリックして「8000」に変更します。

これで、解を可能解とみなすには予想投資利益の標準偏差が\$8,000以下である必要があるという要件が追加されました。

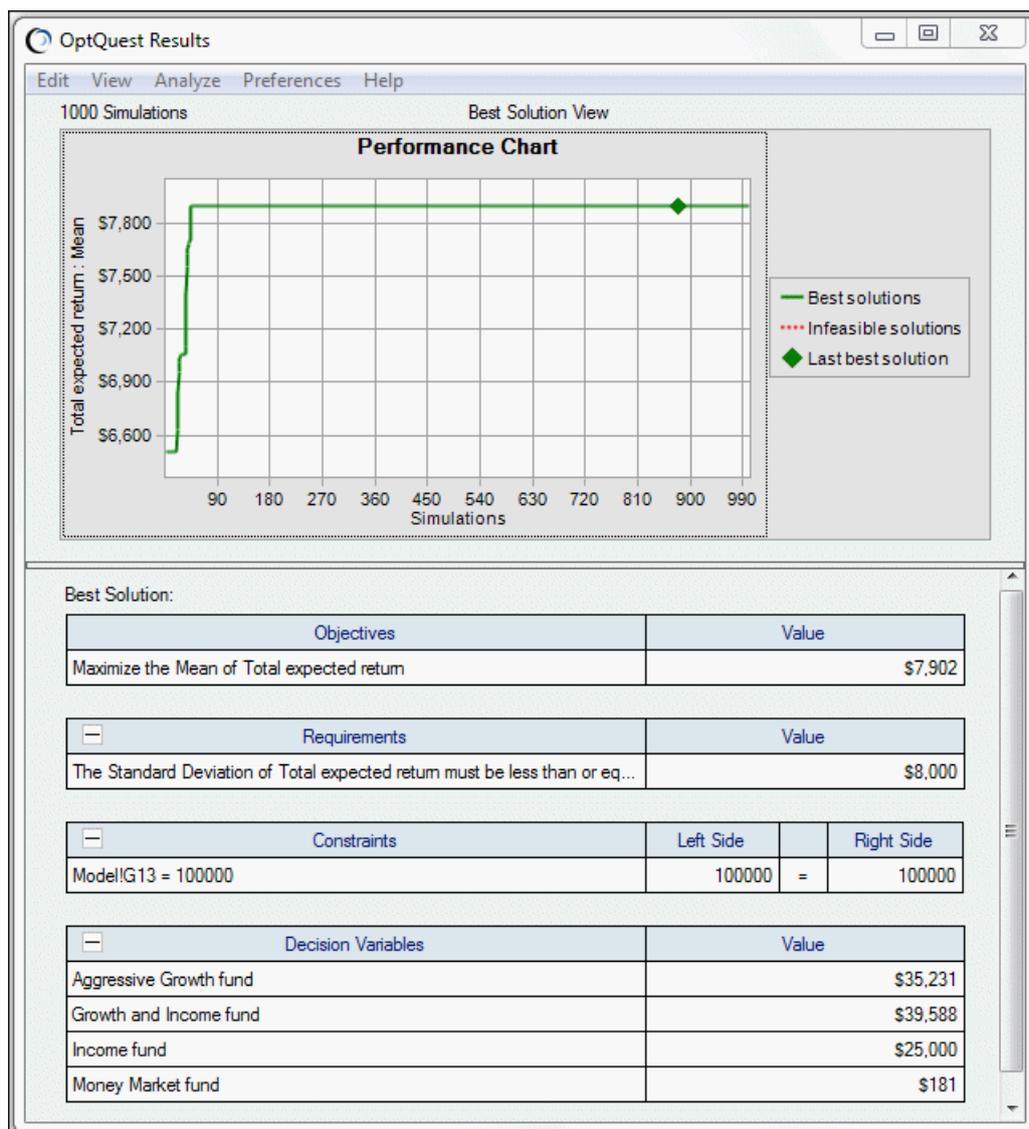
図33 新規要件が追加された「目的関数」パネル

Objectives: 	Exclude
Maximize the Mean of Total expected return	<input type="checkbox"/>
<hr/>	
Requirements: 	Exclude
The Standard Deviation of Total expected return must be less than or equal to \$8,000 dollars	<input type="checkbox"/>

7. 「実行」をクリックします。

新しい結果を、73ページの図 34に示します。

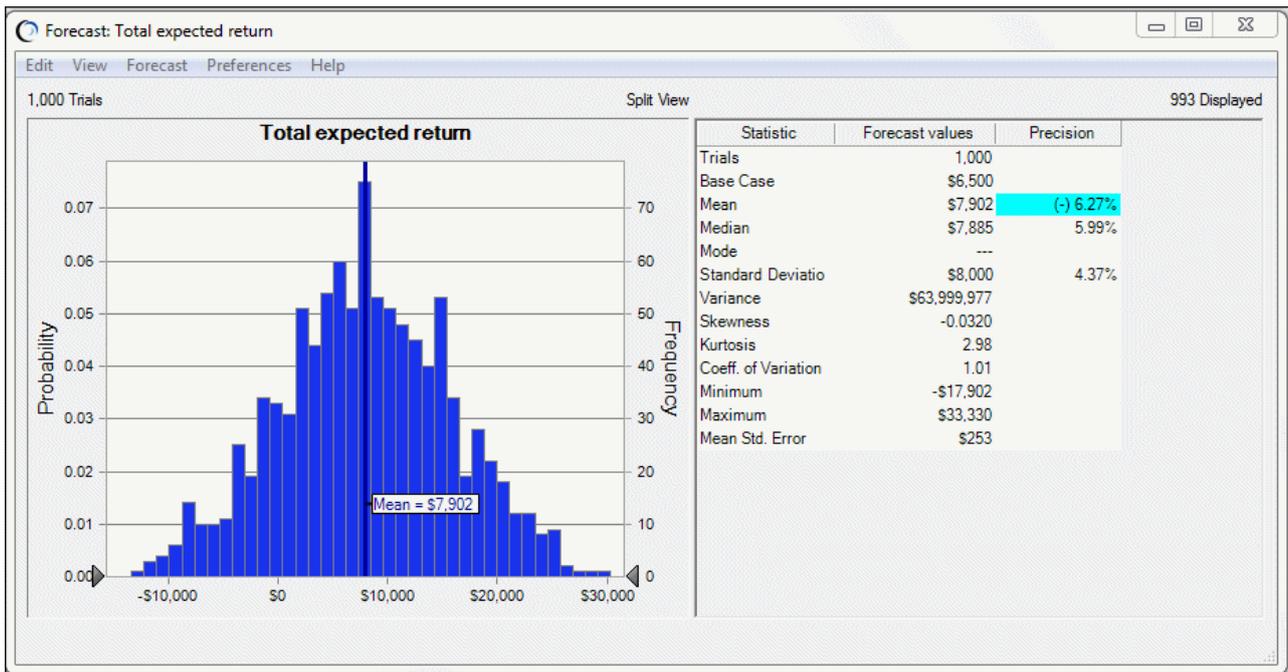
図34 ポートフォリオ割当てでリスクを加えた最適化結果



73ページの図 34で示したように、要件に一致する解が見つかりました。合計予想投資利益の標準偏差は、\$8,000弱です。ただし、目的関数値は、リスクを制限しなかった前の解よりかなり低くなっています (69ページの図 30)。

ポートフォリオ割当てモデルに戻って「分割ビュー」で結果の予測グラフを表示すると(74ページの図 35)、新しい値が表示されていることがわかります。合計予想投資利益の標準偏差は\$8,000弱で、変動の係数は1をわずかに上回っています。

図35 リスク要件の低い最適解



結果の解釈

この解では、平均投資利益が低くなっていますが、合計予想投資利益の可変性が大幅に小さくなっています。ポートフォリオでは、従来型の投資と積極型の投資の最適な多様性を求めることで達成しました。このように投資家は、投資利益率が高くなればリスクが高くなり、投資利益率が低くなればリスクが低くなるという代償を払う必要があります。

この解を、リスクの高い解と比較するにはどうすればよいでしょう

か? 71ページの図 32と 74ページの図 35を比較すると、この問いに答えることができます

す。74ページの図 35では、平均投資率が低くなっていますが、標準偏差、分散、変動の係数(リスクの指標)も低くなっています。

ポートフォリオ割当ての最適化のサマリー

OptQuestで得られた最適解は、問題に対して真に最適な解ではない場合もありますが、真の最適解に近いものになります。結果の精度は、検索の際に選択する時間制限、シミュレーションごとの試行回数、意思決定変数の数、および問題の複雑さによって異なります。意思決定変数が増えれば、必要なシミュレーションの回数も多くなります。検索手順の詳細は、*Oracle Crystal Ballリファレンスおよびサンプル・ガイド*のOptQuestに関する項を参照してください。

OptQuestで最適化問題を解決してから、推奨された解のリスクをさらに高精度で計算するには、意思決定変数の最適値を使用して、より長期のCrystal Ballシミュレーションを実行します。

用語集

安全在庫	計画した使用率を上回って在庫で保持する追加の数量。
意思決定変数	制御可能なモデルにおける変数。
歪度	非対称分布。
歪度	非対称分布のノルムからの、曲線の偏差の度合いの測度。歪度が大きくなるほど、曲線のピークの片側に位置する点が反対側と比較して多くなります。歪度のない正規分布曲線は対称です。
ウィザード	最適化モデルを段階的に作成して実行できる機能。ウィザードに示されるパネルに従えば、正しい順序で手順を完了できます。
オーダー数量	在庫が再オーダー・ポイントに達したときに再オーダーする製品の標準数量。
確率	事象の起きる可能性。
確率分布	一連の起こり得る全事象およびそれに関連づけられた確率。
確率論的	1つ以上の確率変数を伴うモデルまたはシステム。
仮定	スプレッドシート・モデルへの入力または推定値。仮定は、確率分布を利用してモデル・データの不確実性を取得します。
可能解	意思決定変数に対して課される制約とともに、予測統計量に対する要件も満たす解。
感度	予測セルにおいて、仮定セルまたは意思決定変数セルの不確実性(確率分布)およびモデル感度の結果である不確実性の程度。
感度分析	仮定セルまたは意思決定変数セルに関連する予測セルの感度の計算。
決定論的	単一値の結果になる確率変数を持たないモデルまたはシステム。
限界値	それぞれの意思決定変数に設定する上限と下限。
効率的フロンティア	要件または制約の変化に対して目的関数値をプロットした曲線。リスク・レベルごとにポートフォリオ・リターンを比較するのが一般的な使用方法です。
効率的ポートフォリオ	リターンを大きくしようとするればリスクが大きくなるをえ、リスクを小さくしようとするればリターンが小さくなるをえないような資産の組合せ。効率的ポートフォリオは、効率的フロンティアに直接影響されます。
混合	離散と連続の両方の意思決定変数を使用するタイプの最適化モデル。
再オーダー・ポイント	再オーダーを行う在庫位置。
在庫	原材料、半完成品、完成品など、将来的に使用するために確保されているリソース・セット。在庫には、人材、会計、その他のリソースも含まれます。
在庫位置	手持ち在庫の数量に、未受領以外のオーダー数量を加え、バック・オーダーを引いたもの。
在庫レベル	手持ち在庫の数量。未受領のオーダー数量は数えません。
最頻値(モード)	存在する場合に、データ・セットで最も頻繁に出現する値。

最終値	シミュレーション中に予測に対して計算される最終的な値。最終値は、シミュレーションの複数の試行間で値が累積する関数、または他の予測統計量を計算する関数が予測に含まれるときに便利です。
最小	データ・セットにおける最小値。
最大	データ・セットにおける最大値。
最適化	モデルに対する最適解を求めるプロセス。
最適解	最適な結果を達成する意思決定変数の集合。
最適化モデル	利益やリスクなど一定の数量(目的関数)を最大化または最小化しようとするモデル。
シード値	乱数シーケンスで最初の数。シード値が与えられると、シミュレーションを実行するたびに同じ並びの乱数が仮定値に対して生成されます。
試行	Crystal Ballが仮定セルに対して乱数を生成し、スプレッドシート・モデルを再計算して、結果を予測グラフに表示する3段階のプロセス。Crystal Ballシミュレーションは、複数の試行で構成されます。
シミュレーション	Crystal Ballにおける一連の試行。OptQuestは、意思決定変数の値を変えた複数のシミュレーションを実行して最適解を求めます。
順位相関	Crystal Ballが、相関係数を計算する前に最小値から最大値までの順位(1からN)で仮定値を置き換える手法。この方法では、仮定を相関させるときに分布タイプを無視できます。
信頼度	シミュレーション結果がある範囲に収まる割合。
ステップ・サイズ	定義された範囲で、離散意思決定変数の連続値の間の差を決定します。たとえば、離散意思決定変数の範囲が1から5、ステップ・サイズが1の場合、とり得る値は1、2、3、4、5のみであり、離散意思決定変数の範囲が0から17、ステップ・サイズが5の場合、とり得る値は0、5、10、15のみです。
スプレッドシート・モデル	実際または仮定のシステム、または一連の関係を示すスプレッドシート。
制約条件	モデルに対して可能な解を制限する限界。制約条件は、意思決定変数で定義する必要があります。
線形	式のすべての項が単一の変数と定数の乗数のみを含む数学的な関係。たとえば $3x - 1.2y$ は、第1項も第2項も定数と変数の乗数のみを含むので、線形の関係が成り立ちます。
相関	仮定セルの間に存在する依存関係。
相関係数	仮定セル間の正または負の相関度を数学的に示す、-1から1の間の数値。相関が1の場合が完全な正の相関を表し、-1の場合が完全な負の相関、0の場合が相関なしを表します。
多目的最適化	リターンの最大化とリスクの最小化など、複数の、またしばしば競合する目的を1つの目的に組み合わせる手法。
中央値	最小可能値と最大可能値の間の(順序が)真ん中の値。
尖度	曲線のピークの度合いの測度。尖度が大きいほど、曲線の点が曲線の最頻値(モード)に近くなります。正規分布曲線は、尖度3です。

度数分布	値のリストをグループに分割し、その度数カウントを表示してグラフィカルに集計するグラフ。
パーセンタイル	ゼロから100までのスケール上で、ある値(デフォルト定義)以下の確率分布のパーセントを示す数値。
パフォーマンス	最適化プログラムの場合、精度の高い解をどの程度速やかに求めることができるかの能力を指します。
範囲	データ・セット内の最大値と最小値の間の差異。
非線形	式における1つ以上の項が非線形である数学的な関係。 x^2 、 xy 、 $1/x$ 、 $3.1x$ などの項がある関係は非線形です。「線形」を参照してください。
ヒューリスティック	解を向上させる概数的、自学的なテクニック。
標準偏差	分布における分散の平方根。分布の可変性の測度、つまり平均値を中心とした値のばらつき。
分散	標準偏差の2乗。標準偏差は、複数(n 個)の観測値のそれらの平均値からの偏差平方和の平均とほぼ等しくなります(合計を n ではなく $n-1$ で割る(真の平均になる)場合を除く)。 分散は、平均値周辺の一連の値のばらつき、つまり広がり(の測度)として定義される場合もあります。値が平均値に近い場合、分散は小さくなります。値が平均値の周囲に広く分布する場合、分散は大きくなります。
分布	「確率分布」を参照してください。
平均値	数値の観測値に対する一般的な算術平均: 観測値の合計を、観測値の数で割った値。
平均標準誤差	可能なサンプル平均の分布の標準偏差。この統計量は、シミュレーションの精度を示します。
変数	一連の値のうちどれでもとることのできる数量。一般的に式で参照されます。
変動の係数	平均値に対して標準偏差を比較する相対変動の測度。結果は比較のためにパーセンテージで表示できます。
メタヒューリスティック	遺伝的アルゴリズム、焼きなまし法、タブー・サーチ、分散サーチ、およびそれらのハイブリッドなど一連の最適化アプローチのこと。
目的関数	モデルの目標を数学的な表現で与える意思決定変数で表した予測式。
モデル	Excelなどのスプレッドシート・アプリケーションにおける問題またはシステムの表現方法。
要件	予測統計量で、指定された下限から上限の範囲に統計が収まって可能解とみなされるための制限。
予測	スプレッドシート・モデルにおける仮定の数学的な組合せの統計集計。グラフィックまたは数値で出力されます。予測は、モデルで想定される結果の度数分布です。
予測統計量	平均値、標準偏差、分散などの予測分布の集計値。予測統計量を最大または最小にして、あるいはそれらを目標値に設定して最適化を制御します。
予測目的関数	モデルからの予測のうち、OptQuestが最適化の主目的として使用するもの。OptQuestは、予測の分布の統計について最大または最小を設定します。

ラテン・ハイパーキューブ・サンプリング	仮定の確率分布を等しい確率の区間に分割するサンプリング手法。区間の数は、Crystal Ballの「実行プリファレンス」ダイアログで使用できる「サンプリング・サイズ」オプションに対応します。区間ごとに乱数が1つ生成されます。 従来のモンテ・カルロ・サンプリングと比較すると、分布の全範囲がより均等に一貫してサンプリングされるため、ラテン・ハイパーキューブ・サンプリングの方が精度は高くなります。精度が高くなる反面、仮定ごとにラテン・ハイパーキューブのサンプルをすべて保持するためメモリー要件は高くなります。
乱数	確率分布に従い、(数式を使用または表から選択して)生成された、数学的に選択した値。
乱数ジェネレータ	一連の独立した乱数を生成できる、コンピュータ・プログラムに導入されている手法。
離散変数	下限に等しい値と、そのステップ・サイズの倍数のみをとる変数。ステップ・サイズは、ゼロより大きく変数の範囲より小さい任意の数値です。離散は、離散変数のみを含む最適化モデルも表します。
リスク	一部の事象または意思決定の結果における不確実性または可変性。
リスク因子	米国財務省長期証券などの標準との比較で、特にAPTで使用される、投資のリスクを表した数値。
連続	小数をとり得る変数(下限と上限の間の任意の値をとれる)。ステップ・サイズは不要で、任意の範囲に無限の数の値が入ります。連続は、連続変数のみを含む最適化モデルも表します。
APT	裁定価格理論。
EOQ	経済的オーダー数量。
NPV	正味現在価値。NPVは、現在価値から初期投資を引いた値に等しくなります。
RAROC	リスク調整後資本収益率を計算する多目的関数。
STOIIIP	Stock Tank Oil Initially In Placeの略。STOIIIPは、100万バレル(mmbbls)単位で表した油田の推定埋蔵量です。