

SMBC/TOSHIBA Quantum Driven Diversified U.S. Equity Index

Methodology

May 20, 2026

The Japanese methodology follows below.

Table of Contents

Introduction.....	3
Index Overview	3
Related Documents	4
Index Construction	4
Quarterly Review.....	4
Additions and Deletions.....	9
Corporate Actions	9
Index Data	9
Calculation Return Types.....	9
Governance and Policies	10
Licensing	10
Contact	10

Introduction

This document sets forth the calculation methodology for the SMBC/TOSHIBA Quantum Driven Diversified U.S. Equity Index (hereinafter referred to as "the Index"), jointly developed by Sumitomo Mitsui Banking Corporation and Toshiba Corporation (hereinafter referred to as the "Co-developers"). In the event of circumstances not described in this document, or if the Co-developers determine that calculation of the Index in accordance with the methodology set forth herein is impracticable, the Index may be calculated using a processing method deemed appropriate by the Co-developers.

This document is the copyrighted property of the Co-developers. It is prohibited to copy, reproduce, or reprint all or part of this document in any form without the prior consent of the Co-developers. This document has been prepared to facilitate understanding of the Index and is not intended as a solicitation for the trading of securities. Furthermore, the Co-developers assume no responsibility for any errors, delays, or interruptions in the calculation, distribution, or publication of the Index; any changes to the methodology for the calculation, distribution, or publication of the Index; the use of information contained in the Index or this document; or any costs or damages arising from similar events.

Index Overview

- The Index is an equity index calculated utilizing the "Simulated Bifurcation Machine," an optimization computer derived from quantum technology developed by Toshiba, with the constituents of the S&P 900 serving as the universe.
- The constituents of the Index are selected based on the solution to a maximum weighted independent set problem, which is a type of combinatorial optimization problem. By solving the maximum weighted independent set problem using Toshiba's Simulated Bifurcation Machine, a subset of stocks for which the sum of the selected stock weights (node weights) is maximized is chosen from combinations consisting solely of stocks with low correlation to each other. Among multiple candidate subsets generated by executing the Simulated Bifurcation Machine under various settings, the subset that satisfies all constraints specified by the methodology is adopted as the Index constituents. The

weight of each constituent (allocation weight) is calculated based on the inverse of their historical volatilities.

- Quarterly reviews are conducted four times a year (February, May, August, and November).
- The base date is December 31, 2015, and the base value is 1,000 points.

Related Documents

The calculation formula for this Index shall be the definition of the Non-Market Capitalization Weighted Indices stipulated in the S&P Dow Jones Indices' Index Mathematics Methodology (link below).

<https://www.spglobal.com/spdji/en/documents/methodologies/methodology-index-math.pdf>

Index Construction

Quarterly Review (February, May, August, November)

(1) Overview

- At each Quarterly Review, the Index is rebalanced by revising the Index constituents and their weights in accordance with Sections (2) and (3) below, based on data as of the review reference date (hereinafter referred to as the "Review Reference Date"). The Review Reference Date shall be the final business day of the month preceding the review month.
- The Index is reconstituted quarterly in February, May, August, November, effective after the close of the final business day of the quarterly review.
- The price reference date (the "Price Reference Date") is the date used to determine the index shares of each constituent based on the constituents' closing prices. The Price Reference Date is defined as the date that is two business days prior to the final business day of the quarterly review.

- Because the index shares are determined using prices on the Price Reference Date, the actual weight of each stock at the rebalancing may differ from the target weights due to market movements.

(2) Constituent Selection

① Selection of the Universe

The universe consists of the S&P 900 constituents as of the Review Reference Date. However, stocks meeting either of the following two conditions on the Review Reference Date are excluded from the universe:

- Condition (1): Stocks whose market capitalization ranks in the bottom tier of the universe as of the Review Reference Date.
- Condition (2): Stocks for which daily return data is unavailable for at least one trading day within the most recent 250 trading days.

② Construction of the Market Graph

i. Construction Process

A market graph is constructed to capture the correlations among the stocks selected for the universe in a graph structure. In the market graph, each stock is represented as a node (vertex), and an edge (line) is drawn between nodes if the correlation coefficient (see ii. below) between the stocks exceeds a threshold. The threshold for determining whether an edge is drawn between nodes is determined based on the distribution of correlation coefficients among all stocks in the universe (see iii. below). Furthermore, a node weight (see iv. below) is assigned to each stock for the purpose of reducing turnover and improving liquidity during the quarterly review.

ii. Calculation of Correlation Coefficients

Correlation coefficients are calculated using the logarithmic returns of adjusted stock prices. Using return data from the most recent 250 business days as of the Review Reference Date, Spearman's rank correlation coefficient is used as the correlation coefficient between each stock pair.

iii. Correlation Coefficient Threshold

The correlation coefficient threshold is determined based on the predetermined percentile value in the distribution of correlation coefficients among all stock pairs in the universe. Edges are drawn between nodes that exhibit a correlation equal to or greater than the threshold.

iv. Setting the Node Weight of Each Stock

To reduce turnover and improve liquidity during the quarterly review, the node weight of each stock is set based on Condition (a) and Condition (b) below:

- Condition (a): Adopted as the Index constituent in the most recent quarterly review.
 - Condition (b): Stocks whose market capitalization does not rank in the bottom tier of the universe as of the Review Reference Date.
- ✓ If both Condition (a) and Condition (b) are met, the node weight is 1.
 - ✓ If only one of Condition (a) or Condition (b) is met, the node weight is 0.625.
 - ✓ If neither Condition (a) nor Condition (b) is met, the node weight is 0.125.

③ Formulation of the Maximum Weighted Independent Set Problem

By solving the Maximum Weighted Independent Set problem, a type of combinatorial optimization problem, a subset of stocks in which no edges are drawn between any pair of stocks is selected that maximizes the sum of stock weights (node weights). In order to solve the Maximum Weighted Independent Set problem utilizing the Simulated Bifurcation Machine, a QUBO formulation is performed on the constructed market graph. QUBO stands for Quadratic Unconstrained Binary Optimization. The cost function used for the formulation is as follows:

$$H_{cost} = - \sum_{i=1}^N W_i b_i + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{i-1} \delta_{ij} b_i b_j$$

Here, N_i is the number of nodes, W_i is the node weight of each stock, and b_i is a binary variable of 0 or 1, expressed as follows:

$$b_i = \begin{cases} 1 & \text{(node } i \text{ is an element of an independent set)} \\ 0 & \text{(node } i \text{ is not an element of an independent set)} \end{cases}$$

E is the edge group, and δ_{ij} is expressed as follows:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & (i, j \in E) \\ 0 & (i, j \notin E) \end{cases}$$

For the formulation of the maximum independent set problem, the following literature can also be referenced. However, in the event of any discrepancy between the following literature and this document, the provisions of this document shall prevail.

R. Hidaka, Y. Hamakawa, J. Nakayama, and K. Tatsumura, "Correlation-diversified portfolio construction by finding maximum independent set in large-scale market graph," *IEEE Access* **11**, 142979 (2023).

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3341422>

④ Simulated Bifurcation Machine for Solving the Maximum Weighted Independent Set Problem

As described in the literature below, the Simulated Bifurcation Algorithm was deduced from the theory of the "Quantum Bifurcation Machine" based on the quantum adiabatic theorem. The computing device that processes the Simulated Bifurcation Algorithm is referred to as the Simulated Bifurcation Machine. In this context, the Simulated Bifurcation Machine is derived from quantum technology and the Index using the Simulated Bifurcation Machine for selecting index constituents is driven also from quantum technology

H. Goto, K. Tatsumura, A. R. Dixon, "Combinatorial optimization by simulating adiabatic bifurcations in nonlinear Hamiltonian systems," *Science Advances* **5**, eaav2372, (2019).

<https://doi.org/10.1126/sciadv.aav2372>

The Simulated Bifurcation Machine utilized in the constituent selection for the Index is based on the ballistic simulated bifurcation (ballistic SB) algorithm, as described in the literature below.

H. Goto, K. Endo, M. Suzuki, Y. Sakai, T. Kanao, Y. Hamakawa, R. Hidaka, Masaya Yamasaki, K. Tatsumura, "High-performance combinatorial optimization based on classical mechanics," *Science Advances* **7**, eabe7953, (2021).

<https://doi.org/10.1126/sciadv.abe7953>

⑤ Selection of the Constituents

The subset of stocks derived as the solution to the Maximum Weighted Independent Set problem utilizing Toshiba's Simulated Bifurcation Machine, which satisfies the minimum constituent number constraint detailed below, shall be designated as the constituents of the Index.

Minimum Constituent Number Constraint: The number of constituents is 50 or more on the Review Reference Date.

If the above constraint is not met, the correlation coefficient threshold indicated in ② iii. above is relaxed in increments of predetermined percentiles until the constraint is met.

Note on the Number of Constituents:

The minimum number of constituents of the Index shall apply at the time of constituent selection on the Review Reference Date, and shall not constitute a guarantee that such number of constituents will be maintained at all times throughout the daily calculation period of the Index. After the Review Reference Date, a constituent may be removed from the Index due to a merger, delisting, or other reasons. As a result, the number of constituents of the Index may temporarily fall below 50 until the next Quarterly Review. In such case, as a general rule, the Co-developers will not immediately add a replacement constituent. However, if the Co-developers determines that it is necessary to maintain the continuity, investability, or other characteristics of the Index, the Co-developers may take such measures as it deems necessary, including the ad hoc addition, removal, or replacement of constituents, or any other necessary measures.

(3) **Weight of Constituents**

The weight of each constituent (allocation weight) is calculated based on the reciprocal of its historical volatility. The maximum weight for each constituent on the Review Reference Date is set at 2 percent. If the number of business days with the same consecutive price exceeds a total of 20 business days during the historical volatility calculation period, the weight of each constituent is calculated excluding that period.

Additions and Deletions

- **Addition of Constituents:** With the exception of spin-offs (where a constituent allocates shares of a company, etc., that was its subsidiary immediately prior, by way of dividend of surplus), no constituents are added to the Index outside of the Quarterly Review.
- **Spin-offs:** A company that becomes independent due to a spin-off (hereinafter referred to as the "Spun-off Company") is added to the Index at an evaluated price of USD 0(zero) on the ex-rights date. If the Spun-off Company remains in the S&P 900, which is the universe of the Index, both companies will remain in the Index until the next Quarterly Review, provided that both the parent company and the Spun-off Company indicate their intention to continue and/or initiate a consistent dividend policy. If either the parent company or the Spun-off Company does not remain in the S&P 900, or if they do not indicate their intention to continue and/or initiate a consistent dividend policy, the Spun-off Company will be removed on the first business day following the commencement of regular trading.
- **Deletion of Constituents:** Constituents removed from the S&P 900, the universe of the Index, will be concurrently removed from the Index.

Corporate Actions

For information on corporate actions, please refer to the Market Capitalization Indices section of S&P Dow Jones Indices' Equity Indices Policies & Practices Methodology.

Index Data

Calculation Return Types

- A price return index (excluding dividends) and a total return index are calculated.
- The method for reflecting dividends in the Index value follows the Index Mathematics Methodology, which is the document linked above.
- The indices calculate in U.S. dollars. The JPY versions of the Index are calculated using the TTM (Telegraphic Transfer Middle Rate) for FX rate determination.

Governance and Policies

Licensing

The Co-developers hold all rights related to the Index, including its calculation, distribution, publication, and use. Therefore, a license agreement with the Co-developers is required when creating or selling financial products such as funds or linked bonds using the Index (including when making it the subject of derivative transactions such as OTC options, swaps, or warrants).

Contact

Sumitomo Mitsui Banking Corporation, Global Markets Technology Department

E-mail : grp8202111716@dn.smbc.co.jp

SMBC/TOSHIBA 量子技術由来分散米国株式指数

算出要領

2026年5月20日版

目次

はじめに	13
指数の概要	13
関連資料	14
指数の構築	14
定期入替	14
構成銘柄の追加・除外	17
コーポレート・アクション	18
指数データ	18
算出されるリターンの種類	18
ガバナンスおよびポリシー	19
利用許諾	19
問い合わせ先	19

はじめに

本資料では、株式会社三井住友銀行と株式会社東芝（以下、「東芝」という）の2社（以下、「共同開発2社」という）により共同開発された SMBC/TOSHIBA 量子技術由来分散米国株式指数（以下、「本指数」という）に関する算出方法を示す。ただし、本資料に記載のない事象が発生した場合や本資料の方法による算出が困難と上記共同開発2社により判断された場合は、共同開発2社が適当とみなした処理方法により算出することがある。

本資料は、共同開発2社の著作物であり、本資料の全部又は一部を、いかなる形式によっても、共同開発2社に無断で複製、複製又は転載することはできない。本資料は、指数への理解を高めるために作成された資料であり、有価証券の売買等に関する勧誘等を行うためのものではない。また、共同開発2社は、本指数の算出、配信若しくは公表に係る誤謬、遅延若しくは中断、その算出、配信若しくは公表の方法の変更、本指数若しくは本資料に記載された情報の利用又はこれらに類する事由により発生するいかなる費用又は損害等について、その責めを負わない。

指数の概要

- ・本指数は、S&P 900 構成銘柄を母集団に、東芝が開発した量子技術に由来する最適化計算機である「シミュレーテッド分岐マシン」を活用して算出する株式指数である。

- ・本指数の構成銘柄は、組み合わせ最適化問題の一種である最大重み付き独立集合問題の解を元に出される。東芝が開発したシミュレーテッド分岐マシンで最大重み付き独立集合問題を解くことで、銘柄間の相関が低い銘柄のみで構成される銘柄の組み合わせのうち、選択した銘柄の銘柄重みの総和が最大の銘柄群を選定する。複数の条件でシミュレーテッド分岐マシンを実行して得た複数の銘柄群の候補のうち、本指数が定める各種制約を満たした銘柄群を指数構成銘柄とする。各構成銘柄のウェイトはヒストリカル・ボラティリティの逆数を基準に算出される。

- ・定期入替は年に4回（2月、5月、8月、11月）行う。

- ・起算日は、2015年12月31日、基準値は1,000ポイントである。

関連資料

本指数の算出式は S&P Dow Jones Indices の「指数算出メソドロジー」（下記リンク）に定める非時価総額加重指数の定義とする。

<https://www.spglobal.com/spdji/en/documents/index-policies/methodology-index-math-japanese.pdf>

指数の構築

定期入替（2月、5月、8月、11月）

（1）概要

・定期入替は、定期入替に係る基準日（以下「定期入替基準日」という。）において、下記の（2）～（3）に基づき本指数の構成銘柄とそのウェイトの見直しを行うものである。定期入替基準日は、定期入替を行う月の前月最終営業日とする。

・本指数は2月、5月、8月、11月の最終営業日の終値にて定期入替を実施するものとする。

・価格基準日（以下「価格基準日」という。）とは、各構成銘柄の終値に基づき、各構成銘柄の指数用株数を決定するために用いられる日のこと。価格基準日は、定期入替月の最終営業日の2営業日前とする。

・指数用株数は価格基準日における価格を用いて決定されるため、定期入替における各銘柄の実際のウェイトは、市場変動により目標とするウェイトと異なる場合がある。

（2）構成銘柄選定

（ア）母集団の選定

定期入替基準日における S&P 900 構成銘柄を母集団とする。なお、定期入替基準日において以下の2つの条件のいずれかに合致する銘柄は母集団から除外する。

条件（1）：定期入替基準日時点の時価総額が母集団銘柄群の下位銘柄に属する銘柄

条件（2）：直近 250 営業日においてリターンが存在しない営業日が1日でも存在する銘柄

(イ) マーケットグラフの構築

i. 構築プロセス

母集団として選定された銘柄群の相関関係をグラフ構造で捉えるマーケットグラフを構築する。マーケットグラフにおいては、各銘柄はノード（頂点）として表され、銘柄間の相関係数（下記 ii 参照。）が閾値を超過する場合にノード間にエッジ（辺）が引かれる。ノード間にエッジが引かれるか否かを判定する閾値は、母集団全ての銘柄間における相関係数の分布に基づき決定される。（下記 iii 参照。）さらに、各銘柄に、定期入替における売買回転率低減、流動性向上を目的とした銘柄重み（下記 iv 参照。）が与えられる。

ii. 相関係数算出

相関係数は、調整済み株価の対数収益率を用いて算出する。定期入替基準日において直近 250 営業日のリターン・データを使用し、スピアマンの順位相関係数を各銘柄間の相関係数とする。

iii. 相関係数閾値

相関係数閾値は、母集団全ての銘柄間における相関係数分布の所定のパーセンタイルの値を元に決定する。この閾値以上のノード間にエッジが引かれる。

iv. 各銘柄の重みの設定

定期入替における売買回転率の低減、流動性向上を目的に、各銘柄の重みは下記条件（a）と条件（b）に基づき以下のように設定する。

条件（a）：直近定期入替において本指数構成銘柄として採用されている

条件（b）：定期入替基準日における時価総額が母集団銘柄群のうち下位に属さない

・条件（a）と条件（b）のどちらも満たす場合、重みは 1

・条件（a）と条件（b）の一方のみ満たす場合、重みは 0.625

・条件（a）と条件（b）のどちらも満たさない場合、重みは 0.125

(ウ) 最大重み付き独立集合問題の定式化

組合せ最適化問題の一種である最大重み付き独立集合問題を解くことで、任意の銘柄間にエッジが引かれていない銘柄群のうち、銘柄重みの総和が最大である銘柄群を選定する。最大重み付き独立集合問題をシミュレーテッド分岐マシンで解くため、構築されたマーケットグラフに関する QUBO 定式化を行う。QUBO とは Quadratic Unconstrained Binary Optimization の略で二次制約なし二値最適化を意味する。定式化に用いるコスト関数 H_{cost} は以下のとおり。

$$H_{cost} = - \sum_{i=1}^N W_i b_i + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{i-1} \delta_{ij} b_i b_j \quad 15$$

ここで、 N はノード数、 W_i は各銘柄の重み、 b_i は0か1のバイナリ変数であり、以下で表現される。

$$b_i = \begin{cases} 1 & (\text{ノード } i \text{ は独立集合の要素}) \\ 0 & (\text{ノード } i \text{ は独立集合の要素ではない}) \end{cases}$$

E はエッジ集合とし、 δ_{ij} は以下で表現される。

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & (i, j \in E) \\ 0 & (i, j \notin E) \end{cases}$$

なお、最大独立集合問題の定式化に関しては、下記文献も参照できる。ただし、下記文献と本書で相違がある場合、本書の記載事項が優先される。

R. Hidaka, Y. Hamakawa, J. Nakayama, and K. Tatsumura, "Correlation-diversified portfolio construction by finding maximum independent set in large-scale market graph," *IEEE Access* **11**, 142979 (2023).

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3341422>

(エ) 最大重み付き独立集合問題を解くシミュレーテッド分岐マシン

シミュレーテッド分岐アルゴリズムは、下記文献に記載されるように、量子断熱定理に基づく量子コンピュータである「量子分岐マシン」の理論から演繹された。シミュレーテッド分岐アルゴリズムを処理する計算装置を、シミュレーテッド分岐マシンと呼ぶ。この文脈において、シミュレーテッド分岐マシンは量子技術由来であり、構成銘柄の選定にシミュレーテッド分岐マシンを使用する本指数もまた量子技術由来である。

H. Goto, K. Tatsumura, A. R. Dixon, "Combinatorial optimization by simulating adiabatic bifurcations in nonlinear Hamiltonian systems," *Science Advances* **5**, eaav2372, (2019).

<https://doi.org/10.1126/sciadv.aav2372>

本指数の銘柄選定で使用されるシミュレーテッド分岐マシンは、下記文献に記載される弾道シミュレーテッド分岐 (ballistic SB) アルゴリズムに基づく。

H. Goto, K. Endo, M. Suzuki, Y. Sakai, T. Kanao, Y. Hamakawa, R. Hidaka, Masaya Yamasaki, K. Tatsumura, "High-performance combinatorial optimization based on classical mechanics," *Science Advances* **7**, eabe7953, (2021).

<https://doi.org/10.1126/sciadv.abe7953>

(オ) 本指数構成銘柄の選定

東芝のシミュレーテッド分岐マシンを用い、最大重み付き独立集合問題の解として算出した銘柄群より、下記の最低銘柄数制約を満たした銘柄群を本指数の構成銘柄とする。

・最低銘柄数制約：定期入替基準日において、構成銘柄数は 50 銘柄以上
上記制約が満たされない場合、満たされるまで、上記 (2) iii で示した相関係数閾値を所定のパーセンタイル単位で緩和する。

(注) 構成銘柄数に関する注記

本指数の構成銘柄数の下限は、定期入替基準日における銘柄選定時点において適用されるものとし、日々の指数算出期間を通じて当該銘柄数を常時維持することを保証するものではない。定期入替基準日以後に、構成銘柄について、合併や上場廃止、その他の理由で当該銘柄は本指数から除外されることがある。この結果、次回の定期入替までの間、本指数の構成銘柄数が一時的に 50 銘柄を下回る場合があり得る。この場合、共同開発 2 社は、原則として直ちに補充銘柄を追加しない。ただし、指数の継続性、または投資可能性などを維持するために必要と判断する場合には、臨時の銘柄追加、除外、入替え、その他必要な措置を講じることがある。

(3) 本指数構成銘柄のウェイト

各構成銘柄のウェイトは、各銘柄のヒストリカル・ボラティリティの逆数を基準に算出する。定期入替基準日時点において各構成銘柄のウェイトは上限 2 パーセントとする。ヒストリカル・ボラティリティは、連続して同一の価格となった営業日日数が合計 20 営業日を超えた場合、各構成銘柄のウェイトは当該期間を除外して計算する。

非定期の構成銘柄への追加と除外

・構成銘柄への追加： スピンオフ（構成銘柄が剰余金の配当によりその直前において子会社であった会社等の株式を割り当てること）を除き、定期入替の期間外に本指数への銘柄追加は行われたい。

・スピンオフ： スピンオフにより独立した会社（以下「スピンオフ対象会社」という。）は、権利落ち日に USD 0（ゼロ）の評価価格で本指数に追加される。スピンオフ対象会社が本

指数の母集団である S&P 900 に残留する場合、親会社とスピンオフ対象会社の両方が一貫した配当方針を継続および、または開始する意向を示していることを条件として、両社とも次回の定期入替まで本指数に留まる。親会社またはスピンオフ対象会社が S&P 900 に残留しない場合、あるいは一貫した配当方針を継続および、または開始する意向を示さない場合、スピンオフ対象会社は通常取引開始後初めての営業日に除外される。

・構成銘柄の除外： 本指数の母集団である S&P 900 から除外された構成銘柄は、同時に本指数からも除外される。

コーポレート・アクション

コーポレート・アクションに関する情報については、S&P Dow Jones Indices の「株価指数の方針及び実務メソドロジー」の時価総額指数に関する記載を参照のこと。

指数データ

算出されるリターンの種類

- ・配当なし指数とトータル・リターン指数を算出する。
- ・配当の指数値への反映方法については、「指数算出メソドロジー」に従う。
- ・本指数は、米ドル建てで算出されるものとする。円建て指数の算出においては、為替レートは TTM（対顧客電信売買相場の仲値）を採用するものとする。

ガバナンスおよびポリシー

利用許諾

本指数の算出、配信、公表又は利用など本指数に関する権利は、共同開発 2 社が有している。このため、本指数を使用して、ファンドやリンク債などの金融商品を組成・販売などを行う場合（相対契約によるオプション、スワップ又はワラントなどデリバティブ取引の対象にする場合を含む。）には、共同開発 2 社とのライセンス契約が必要となる。

問い合わせ先

株式会社三井住友銀行 市場テクノロジー部

E-mail : grp8202111716@dn.smbc.co.jp

以上