

安定的な価格取集が困難な状況下における物価指数の作成方法 — コロナ下の外国パック旅行費の検証 —

大島 敬士[†]

Methods for constructing price index under unstable price collection: A case study of the
“package tours to overseas” index during the COVID-19

OSHIMA Keiji

新型コロナウイルス感染症の流行に伴い、多くの外国パック旅行が催行中止されたことで、消費者物価指数では、外国パック旅行の安定的な価格取集が困難な状況に陥った。このため、2021年以降の外国パック旅行費の指数作成に当たっては、前年同月の指数を代入する補完対応を採用した。本稿では、こうした安定的な価格取集が困難な状況に直面した外国パック旅行費の作成方法に関する事後的な検証を行った。

検証の結果、コロナ下の外国パック旅行費の価格取集では、一部の旅行会社において価格取集が十分にできず、複数の旅行会社の旅行先で欠価格がみられたものの、ウェブスクレイピングにより継続的に取集ができた価格を用いて欠価格を補完することで、2021年以降も、一定の妥当性を有する指数の作成が継続できた可能性があることが確認された。

キーワード：消費者物価指数、外国パック旅行、COVID-19、欠価格、補完方法

The outbreak of COVID-19 led to the suspension of many international tour packages, resulting in significant difficulties in the stable collection of price data for these services in the Consumer Price Index. Therefore, the “package tours to overseas” index after 2021 was supplemented by substituting the value for the same month in 2020. This paper evaluated the construction method for “package tours to overseas” index under such conditions of limited price availability.

According to this result, although missing prices were observed for some travel agency destinations, the use of continuously collected prices obtained by using web scraping enabled the effective imputation of missing prices. This suggests that it was possible to continue constructing a reasonably valid index after 2021 despite the data collection constraints imposed by the pandemic.

Key Words: Consumer Price Index, International tour packages, COVID-19, Missing prices, Imputation methods

[†] 総務省統計局統計調査部消費統計課物価統計室 Email:kooshima@soumu.go.jp

1. はじめに¹

2020年に発生した新型コロナウイルス感染症とその蔓延を抑えるために、世界各国で実施された都市封鎖（ロックダウン）や水際対策の強化などの対策は、パック旅行、航空輸送、宿泊などのサービスの供給停止を引き起こした。これを受けて、消費者物価指数においては、一部の価格の欠落ではなく、全ての価格が取集できない状況も発生し、物価指数の作成に必要な価格の取集に大きな影響を与えた。

日本においても、スポーツ観戦や観劇の中止、テーマパークの休園などにより、一時的に価格取集ができない品目が発生した²。中でも、特に影響が大きかった品目として、外国パック旅行費³が挙げられる。新型コロナウイルス感染症の感染拡大により、多くの外国パック旅行の催行が中止されたことに伴い、外国パック旅行費の作成に必要な価格について、安定的な取集が困難な状況に直面した。こうしたことから、2021年1月以降の指数作成（2020年基準）に当たっては、2020年同月の指数を代入する補完方法（前年同月の指数補完）を採用⁴した。その後、海外への渡航制限や各国の入国制限の撤廃などに伴い、外国パック旅行の催行も順次再開され、安定的な価格取集を継続的に行うことが可能になったことなどを踏まえ、2024年1月から、通常の数値の作成方法に基づき、ウェブスクレイピング（Web Scraping; WS）により取集した価格を用いた指数作成を再開⁵した（総務省（2024b））。

2021年1月からの補完対応の検討に当たっては、コロナ下で国際機関から発出された物価指数の作成上のガイダンスや各国での対応状況を踏まえ、総合指数による補完⁶や取集価格で欠価格⁷を補完⁸などの複数の補完方法の比較検証を行ったところである。

本稿では、当時の検証で採用されなかった補完方法について、仮に採用していた場合の、その後の外国パック旅行費を算出し、その動向に関する事後的な検証を行うことで、今後、類似の事態が発生した際の指数作成に関する知見を得ることが目的である。

本稿の構成は、次のとおりである。まず、第2節では、外国パック旅行費の作成方法に触れ、第3節では、コロナ下における外国パック旅行を取り巻く当時の状況を振り返る。そして、第4節では、本稿で検証した補完方法について概説し、第5節では、試算結果を示す。最後に、第6節は、本稿のまとめとする。

¹ 本稿の内容は、筆者個人の見解に基づくものであり、筆者が所属する機関の公式見解を示すものではない。

² サッカー観覧料、プロ野球観覧料、文化施設入場料、テーマパーク入場料、演劇観覧料などの品目において、全て価格又は一部の価格が取集できない状況が発生し、前月の価格を横置きする（保合）対応を行った。なお、いずれの品目においても、価格取集が再開された後の価格は、保合価格と比較して水準に違いはみられなかった。

³ 外国パック旅行費の作成に関して、2020年基準からウェブスクレイピングにより取集したネット販売価格を用いた指数作成を行っている（総務省（2021a））。なお、2020年当時は、2015年基準に基づく消費者物価指数を公表していた。当時の外国パック旅行費（2015年基準）では、旅行会社が発刊するパンフレット（紙）の掲載価格を用いた指数作成を行っており、2020年10月から一部の旅行会社において価格取集ができない旅行先が発生し、2021年12月には、取集対象としている旅行先である全6都市のうち5都市において価格取集が全くできない状況となった。2015年基準における外国パック旅行費の作成方法については、総務省（2016）を参照。

⁴ 2015年基準の外国パック旅行費では、旅行会社において取集できなくなった旅行先の価格は、その前月の価格に対して、その前年同月の前月比を乗じることで、補完する対応を採用（価格取集が再開された場合は、取集価格を利用）していた。

⁵ 2024年1月からの取集価格による指数作成の再開（補完対応の終了）に当たっては、WSによる取集価格から作成した2023年3月から2023年12月までの外国パック旅行費（試算値）の季節性の確認などの検証を行った。その結果、概ね、2020年と同様の季節性が確認されたことなどを踏まえ、取集価格による指数作成を再開した。また、2023年12月と2024年1月の外国パック旅行費指数の接続方法については、外国パック旅行費の指数水準の適切性などを踏まえ、再開前後の指数をそのまま接続する方法（直接比較）を採用した（総務省（2023）、総務省（2024a））。なお、2024年1月の指数の接続方法については、第5.4節を参照。

⁶ 詳細は、第4.2節を参照。

⁷ 外国パック旅行費の場合でいえば、価格取集の対象となっている旅行会社の旅行先のツアープランの価格が全く取集できなかった状況を指す。

⁸ 第3.2節のとおり、2021年1月以降も、WSによる価格取集は継続しており、この間、一部の旅行会社において価格取集できない旅行先がみられたものの、取集価格全体でみれば、全ての旅行先で価格取集は継続していた。

2. 外国パック旅行費の作成方法

2020年基準の外国パック旅行費の作成方法は、以下のとおりである(総務省(2021a))。

- (1) WSにより収集した価格⁹ ($P_{t,a,b,c,d}$) から、旅行先¹⁰ (a)・旅行会社¹¹ (b)・出発日(c)別のツアープラン(d)の単純平均価格 ($P_{t,a,b,c}$) を算出する。

$$P_{t,a,b,c} = \frac{\sum_d P_{t,a,b,c,d}}{n_{t,a,b,c}} \quad t: \text{比較時}, 0: \text{基準時}$$

- (2) 旅行先・旅行会社・出発日別の単純平均価格 ($P_{t,a,b,c}$) について、当月の日数で単純平均し、旅行先・旅行会社別の月平均価格 ($P_{t,a,b}$) を算出。

$$P_{t,a,b} = \frac{\sum_c P_{t,a,b,c}}{n_{t,a,b}}$$

- (3) 旅行先・旅行会社別の月平均価格 ($P_{t,a,b}$) を基準時価格 ($P_{0,a,b}$) で除して、旅行先・旅行会社別の指数 ($I_{t,a,b}$) を算出。

$$I_{t,a,b} = \frac{P_{t,a,b}}{P_{0,a,b}} \times 100$$

- (4) 旅行先・旅行会社別の指数 ($I_{t,a,b}$) について、各旅行先における旅行会社別の取扱高 ($w_{0,a,b}$) を用いて加重平均し、旅行先別の指数 ($I_{t,a}$) を算出。

$$I_{t,a} = \frac{\sum_b I_{t,a,b} w_{0,a,b}}{\sum_b w_{0,a,b}}$$

- (5) 旅行先別の指数 ($I_{t,a}$) について、旅行先別の取扱高 ($w_{0,a}$) を用いて加重平均し、価格指数 (I_t) を算出。

$$I_t = \frac{\sum_a I_{t,a} w_{0,a}}{\sum_a w_{0,a}}$$

3. 外国パック旅行を取り巻く当時の状況

本節では、始めに、外国パック旅行費(公表値)の動向及び価格収集の状況を示す。

次に、コロナ下の外国パック旅行を取り巻く当時の状況として、日本人出国者数、外国パック旅行への支出、海外航空券、海外宿泊料をみていくこととする。

3.1 外国パック旅行費(公表値)の動向

外国パック旅行費(公表値)については、先述のとおり2021年1月から2023年12月までは補完対応(前年同月の指数補完)を行っていた。そして、2024年1月からは、WS

⁹ 旅行会社におけるプランの発売時期や消費者の購入時期等に合わせ、観光ツアーが付属していないツアープラン(フリープラン)の各月全日の価格を採用する。なお、原則として、出発日の2~7か月前の各月の月初めに収集した価格を用いる。

¹⁰ 日本人訪問数が多い代表的な地域(アジア、北米、ヨーロッパ及びオセアニア)のうち10都市を選定する。また、外国パック旅行費は、地域情勢によって影響を受けやすい等の理由から、毎月の価格動向を可能な限り安定的に捉えるために、原則、各地域から2都市以上を選定している。

¹¹ 主要旅行会社の旅行取扱額の状況を踏まえ、取扱額シェアが高い旅行会社を優先的に選定する。また、航空会社及び宿泊施設(グレード)に関して、各旅行会社の取扱い状況を踏まえ、各地域において安定的に供給されており、取扱数量の多いものを選定する。

による取集価格からの指数作成を再開したことで、外国パック旅行費の指数は、2023年12月（補完値）の100程度から160程度に上昇している（図1・左）。

また、前年同月比をみると、2021年以降の補完対応により、2021年から2023年までは、前年同月と変わらず（前年同月比は0%）であったが、2024年1月以降では、60～70%程度で推移している。なお、2024年各月の前年同月比には、2021年1月から2023年12月までの補完期間における変化が含まれていることになる（図1・右）。

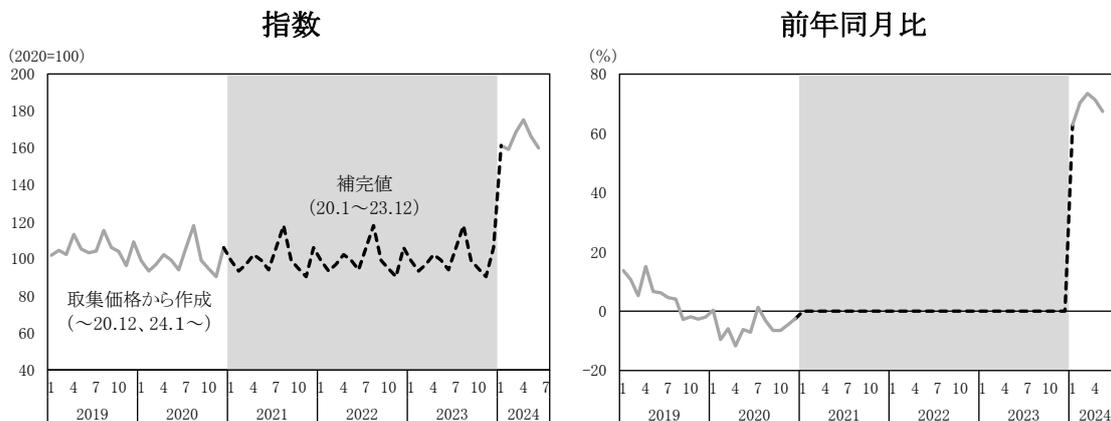


図1 外国パック旅行費（公表値）の指数及び前年同月比

3.2 外国パック旅行費の価格取集の状況

外国パック旅行費について、WSによる価格の取集対象となっている旅行会社（全3社）ごとに価格取集ができなかった旅行先（都市）¹²をみると、特に、A社において、2021年以降、価格取集が全くできなかった旅行先が多数存在していた。一方で、B社においては、2022年4月及び5月以外の年月では、価格取集ができなかった旅行先はみられず、また、C社においては、全ての旅行先で価格取集は継続できていた。このように、旅行会社によって、価格の取集状況は異なっていた（図2・左）。

また、WSにより取集した採用価格数をみると、2020年は、3社合わせて、毎月20～25万価格程度であったが、2021年以降は減少傾向となり、2021年半ば以降では、10～15万価格程度で推移していた。さらに、旅行会社別にみると、特に、A社における価格取集が2021年半ば以降の全体の価格数の減少に影響している（図2・右）。

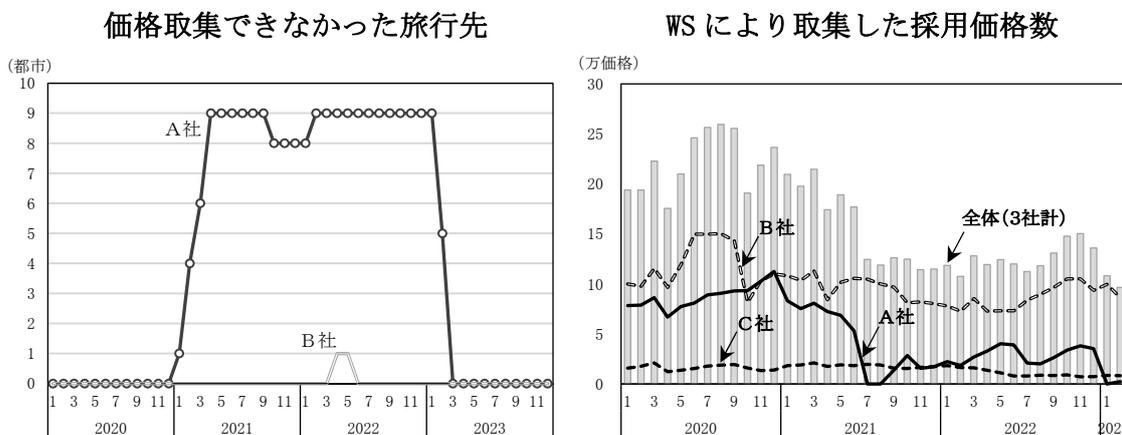


図2 外国パック旅行費の価格取集の状況

¹² A社及びB社では10都市、C社では8都市を対象として外国パック旅行の価格を取集している。

3.3 日本人出国者数、外国パック旅行費への支出

日本人出国者数をみると、2020年3月に出国者が減少し、緊急事態宣言（第1回目）が発出された2020年4月は1万人未満となり、それ以降も、10万人以下で推移していた。その後、2022年に入ると、増加基調¹³がみられ、2023年後半¹⁴では、100万人前後で推移しているものの、コロナ下前の2019年と比べると、その水準は低い（図3・左）。

次に、消費支出に占める外国パック旅行費の支出割合（万分比）¹⁵をみると、コロナ下前の2019年では、年間で均すと45程度であったが、2020年3月以降、支出割合は低下し、翌月4月以降では、ほぼ支出はみられない。その後、2022年に入ると、支出割合は上昇に転じ、2023年では、年間で均すと21程度となっているものの、コロナ下前と比べると、低い水準となっている（図3・右）。

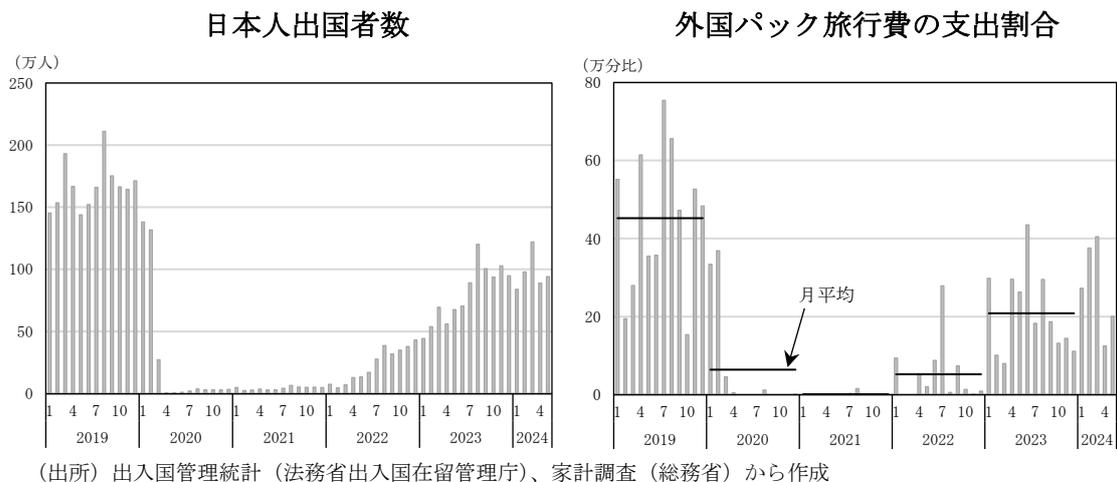


図3 日本人出国者数、消費支出に占める外国パック旅行費の支出割合

3.4 海外航空券、海外宿泊料の状況

海外航空券の状況に関して、国際航空旅客輸送¹⁶をみると、2021年半ばまでは、ほぼ横ばいで推移していたが、ウクライナ侵攻による原油価格の高騰などに伴う燃油特別付加運賃（燃油サーチャージ）の上昇を受けて、2022年終わりにかけて上昇がみられた。その後、2023年に入ると、下落に転じたものの、2024年においても、コロナ下前の2019年よりも高い水準で推移していた（図4・左¹⁷）。

¹³ 2022年9月に、新型コロナワクチンの3回目接種を条件に、それまで必要とされていた滞在地出国前72時間以内の陰性証明の提示が免除された。なお、これ以前では、海外の滞在地で新型コロナウイルスに罹患し、滞在地から出国できずに足止めされる日本からの旅行者が報道等で取り上げられており、滞在地出国前の陰性証明の提示は、海外旅行を行う上での大きな支障となっていたとみられる。

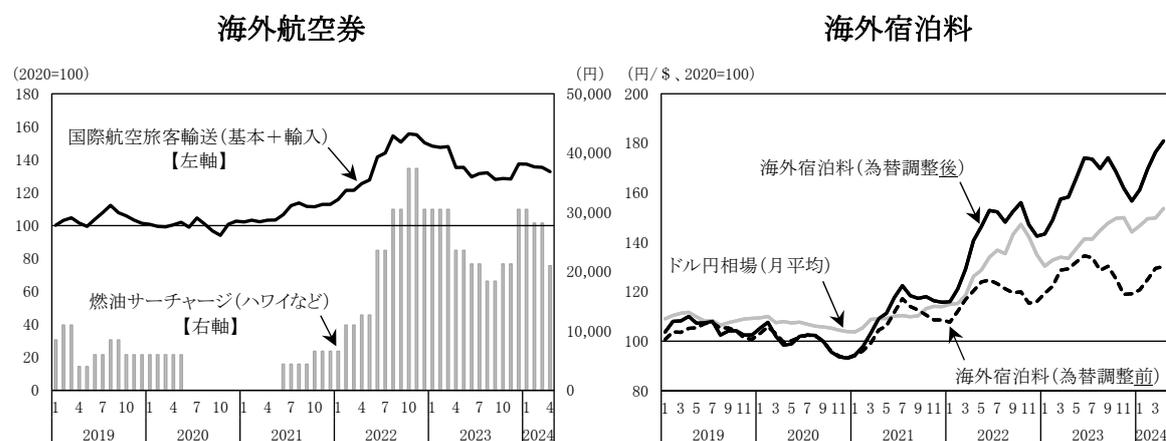
¹⁴ 2023年4月29日以降は、滞在地出国前72時間以内の陰性証明又は新型コロナワクチンの3回目の接種証明の提示が不要となった。

¹⁵ 2020年基準消費者物価指数の品目別ウエイト（2019年と2020年の消費支出の平均）によると、外国パック旅行費のウエイト（万分比）は、25となっている。また、2020年基準の「ラスパイレス連鎖基準方式による消費者物価指数（参考指数）」の作成に用いる品目別ウエイトによれば、外国パック旅行費の2020年から2023年までのウエイト（万分比）は、それぞれ8、2、6、20となっている。これは、家計調査から算出した消費支出に占める外国パック旅行費の支出割合（万分比）とほぼ同水準となっている。

¹⁶ 本稿で用いた国際航空旅客輸送は、「企業向けサービス価格指数（日本銀行）」の国際航空旅客輸送の基本分類指数及び輸入サービス価格指数を加重平均することで作成した。なお、加重平均に用いた重み（ウエイト）は、外国パック旅行費の旅行先×旅行会社の各区分で採用しているプランの航空会社について、日系又は外資系かで旅行先・旅行会社別取扱高（第2節参照）を振り分け、両者を合算することで作成している。

¹⁷ 行先別燃油サーチャージのうち、外国パック旅行費において、最も影響度が大きいホノルル行きを含む「ハワイ・インドネシア・インドなど」を図示している。

次に、海外宿泊料の状況に関して、海外宿泊料¹⁸（為替調整前）をみると、2021年以降上昇傾向がみられたものの、2023年以降は、均してみると、ほぼ横ばいで推移している。一方で、為替調整後の海外宿泊料をみると、2021年以降、為替調整前との水準差の拡大がみられる。特に、海外宿泊料（為替調整後）については、為替調整前とは異なり、2023年以降も上昇傾向がみられ、2024年4月では、為替調整前が130程度（2020年=100）に対して、為替調整後では180程度となっている（図4・右）。



（出所）企業向けサービス価格指数（2015年基準）（日本銀行）、国際線「燃油特別付加運賃」のご案内（日本航空）、Eurostat や各国の消費者物価指数の宿泊料等から作成

図4 海外航空券、海外宿泊料の推移

4. 試算の概要

4.1 欠価格発生時の補完方法

消費者物価指数の欠価格発生時の実務的な対応としては、前月の価格を横置きする保合処理¹⁹や同一品目内の取集できた他の価格を用いて補完する方法（他の調査価格の前月比などと同じにする処理）などを用いることがあり、個別価格の状況を踏まえ、補完方法を検討した上で適用している。

「1. はじめに」でも述べたとおり、2021年1月以降の外国パック旅行費での補完対応に当たっては、国際機関から発出された物価指数の作成に当たってのガイダンス等²⁰で

¹⁸ 本稿で示した海外宿泊料のうち、為替調整前では、外国パック旅行費で採用している旅行先（都市）又は都市が属する国全体の宿泊料又は宿泊料を含む上位類の指数について、各基準における外国パック旅行費の旅行先別取扱高（第2節参照）で加重平均することで作成している。また、為替調整後では、各旅行先の宿泊料等の指数に対して外国為替の対円レートを乗じることで作成した各指数について、為替調整前で用いた内部ウエイトで加重平均することで作成している。なお、宿泊料等が得られない一部の旅行先については、該当旅行先が属する同一地域（アジア、北米、ヨーロッパ及びオセアニア）内の宿泊料等を用いて補完している。

¹⁹ 月々の価格変動が小さく、市場における出回りが途切れないと考えられる品目、または冬季休業など季節的な要因により一時的に価格取集ができなくなる品目については、前月価格を保合している。

²⁰ IMF (2020) の有識者のガイダンスによれば、航空会社やホテルは、多くの国で一時的に営業を停止するが、多くの場合、その料金を取集することが可能であり、旅行は中止される可能性が非常に高いものの、CPI で使用できるとしている。また、一時的に価格が欠落している場合は、CPI の国際マニュアルで説明されている方法のいずれかを使用して補完させる必要があるとし、指数全体が欠落している場合には、次の上位レベルを補完の基準とすることを推奨している。また、Eurostat (2020) によれば、市場で入手可能な製品において価格が取集できない場合は、類似商品又は最も近い上位の集計の価格変動を使用して補完することを推奨している。また、取引がない場合に関して、季節性がみられない価格では、「十分な数の価格が取集された信頼できる指数の前月比を用いた補完」又は「最後に観測された価格を繰り越す補完」とし、季節性がみられる価格では、「前年の指数に信頼できる全品目の年間変化率を乗じる方法」、「季節的要因が計量経済モデルを使用して推定されていると仮定し、前月の価格に季節的要因（季節係数）を乗じる方法（より簡易な手法としては、1年前に観測された毎月の価格変動を適用する方法）」を提案している。

示された方法も含めて検討した上で、最終的には、「前年同月の指数補完」を採用したところである。

そこで、本稿では、当時の検証において採用されなかった方法のうち、「総合指数による補完」、「収集価格による補完」による外国パック旅行費の試算を行った。さらに、これに加えて、試算結果の比較のための参考情報として、外国パック旅行の価格設定に影響を与える航空券と現地の宿泊費用の動向を反映した「モデルによる予測」による試算についても併せて行った。それぞれの試算方法の概要は、次節以降のとおりである。

4.2 総合指数による補完（試算1）

「総合指数による補完」（試算1）は、Eurostat(2020)などで提案されている総合指数の前年同月比を利用する補完方法²¹である。具体的には、外国パック旅行費以外の全ての品目から総合指数（除く外国パック旅行費）を作成し、同指数の前年同月比を用いて、当月の外国パック旅行費を算出する。これは、事実上、外国パック旅行費以外の全ての品目の情報を用いて、外国パック旅行費を補完することとなる。

4.3 収集価格による補完（試算2）

消費者物価指数を構成する品目のうち、特にサービス関係の品目では、欠価格が生じた場合、収集できた他の価格で欠価格を補完することが多い。

「収集価格による補完」（試算2）では、価格収集ができなかった旅行先について、価格収集ができた他の旅行会社における同一の旅行先の価格を用いて補完する。具体的には、補完対応を行った期間（2021年～2023年）のうち、2023年2月以前と2023年3月以降に分けて試算した（表1）。

まず、2021年1月から2023年2月までについては、旅行会社全体でみると、価格収集ができなかった旅行先は存在しなかったことから、価格収集ができなかった一部旅行会社の旅行先は、他の旅行会社の同一旅行先の価格の前年同月比²²を用いて補完する。つまり、当月の指数は、収集できた価格の変動が反映されることとなる。

次に、2023年3月以降については、旅行会社の各旅行先のうち、価格収集ができなかった価格は存在しなかったことから、通常の作成方法に基づき総務省統計局物価統計室においてWSによる収集価格から作成された試算値²³（総務省, 2024a）を用いる。

また、外国パック旅行費の収集対象のプランに関して、コロナ下では、航空会社の破綻やサービスの提供停止に伴う航空会社の変更、現地の宿泊施設（ホテルのグレード）の変更がみられた。これらの変更がみられた際は、必要な品質調整を行った。

²¹ コロナ下において、イギリス、オーストラリアなどで採用された補完方法である。日本の場合、コロナ下であっても、外国パック旅行費以外の全ての品目（調査月でない品目を除く）が利用可能な価格指数であり、「総合指数」の前年同月比により外国パック旅行費が作成されることとなる。当該方法は、季節性の維持だけではなく、利用可能な品目の動きのみが総合指数に反映されるという特徴が存在する。一方で、実務的には、当月の総合指数の前年同月比を用いることから、毎月の演算コストが増加する点は留意すべき事項である。具体的には、当該補完方法による指数の作成では、まず、外国パック旅行費を除く総合指数の当月の前年同月比を作成し、同比を用いて当月の外国パック旅行費を作成する。そして、作成した当月の外国パック旅行費を含む（当月の）総合指数を作成することになることから、毎月、同じ演算を2度繰り返すこととなる。なお、これに関しては、前月の総合指数の前年同月比や（当月を含まない）過去1年間の総合指数の前年同月比を用いた補完などを採用することで、演算コストの増加を回避することも考えられる。

²² 他の旅行会社の同一旅行先の価格の前月比を用いて補完することも考えられるものの、前年同月比、前月比のいずれの方法を用いても、試算結果に大きな違いはみられなかった。

²³ 2023年3月から12月までの外国パック旅行費について、総務省統計局物価統計室において、WSによる収集価格から作成された結果（総務省(2023)、総務省(2024a)）は、あくまで試算値の扱いとされており、当該期間の公表値は、各年月に公表していた結果（前年同月の指数補完に基づく）となっている。

表1 外国パック旅行費の作成方法、取集状況、既存の指数

	～2020.12	21.1～23.2	23.3～23.12	24.1～
公表値の 作成方法	通常どおり (取集価格で作成)	補完対応 (前年同月の指数補完)		通常どおり (取集価格で作成)
WSによる 取集状況	「旅行先× 旅行会社」で 欠価格なし	「旅行先× 旅行会社」で 欠価格あり	「旅行先× 旅行会社」で 欠価格なし	「旅行先× 旅行会社」で 欠価格なし
既存の指数 (総務省による 作成結果)	公表値	公表値(補完値)	公表値(補完値) 試算値	公表値

4.4 モデルによる予測 (参考)

外国パック旅行の価格設定に大きな影響を与えるのは、航空券と現地の宿泊費用である²⁴。そこで、参考として、「モデルによる予測」では、補完対応となった2021年1月以降について、航空券と現地の宿泊費用の価格動向を反映した外国パック旅行費の予測値を推定した²⁵。推定に用いたモデルについては、線形・ガウス型状態空間モデルを仮定した、いわゆる季節調整型のモデルを採用し、2021年1月以降の外国パック旅行費は欠測値として、Kalman Filterにより2021年1月から2023年12月までの予測値を推定した。なお、推定に用いたモデルの概要については、付録を参照。

また、「モデルによる予測 (参考)」の結果に関して、図5以降の2024年1月以降の指数については公表値、また、前年同月比については、前年2023年の予測値を用いて算出した結果を示している。

5. 試算結果

5.1 試算結果 (試算1、試算2)

まず、総合指数により補完した試算1をみると、2021年前半において、公表値(補完値)と比べて指数水準がわずかに低い期間があったものの、2022年前半以降は、総合指数の上昇傾向が反映されたことで、公表値(補完値)よりも水準が高くなっている。ただし、2023年2月以降の試算値と比較すると、低い水準で推移している。

次に、取集価格で補完した試算2について、航空券と現地の宿泊費用の価格動向を反映した「モデルによる予測 (参考)」と比較すると、2022年半ばまでは、両者は概ね連動

²⁴ 外国パック旅行費で価格の取集対象となっている旅行会社に対するヒアリング結果(総務省(2018))によれば、外国パック旅行の価格を決定する主な要因として、航空券の費用、宿泊費用、現地ツアー費用(フリープランの場合は非該当)、旅行会社の利益が挙げられており、このうち、航空券の費用の影響が非常に大きく、続いて、宿泊費用など(特に、航空券の費用は、宿泊費用よりも全体に占める割合が十分に大きい)とされている。

²⁵ 外国パック旅行費の補完期間(2021年から2023年まで)における推計に関しては、以下の取組みが存在する。内閣府(2024)は、「企業向けサービス価格指数」の国際航空旅客輸送を用いて、2021年1月から2023年2月までの外国パック旅行費の推計を行っている。具体的には、まず、国際航空旅客輸送の国内と輸入について、国民経済計算(内閣府)の国内出荷と輸入の比率で統合する。そして、統合した国際航空旅客輸送の前年同月比を用いて、外国パック旅行費を延伸する。最後に、延伸結果と(総務省統計局物価統計室が作成した外国パック旅行費の)試算値(脚注23参照)の2023年3月における水準差について、延伸結果の推計期間(2021年1月から2023年2月まで)で比例配分し、延伸結果と試算値を接続している。また、渡辺(2024)は、IATA(2023)のOECD諸国における航空運賃を用いて、補完期間における外国パック旅行費を推計している。いずれの方法も、外国パック旅行の価格設定に大きな影響を与える航空運賃の価格動向を踏まえた推計である。しかしながら、付図のとおり、コロナ下前までは、外国パック旅行費と国際航空旅客輸送はほぼ連動して推移していたものの、2023年以降は、両者には水準差が生じている。こうしたことから、現地の宿泊費用の動向やコロナ後の需要回復を見込んだ価格設定など、航空運賃以外の要因も踏まえた推計の必要性があるとみられる。

して推移している。しかしながら、それ以降では、外国パック旅行費にみられる季節性による変動は概ね同様の動きとなっているものの、両者の水準差が拡大している。また、細かくみると、2021年半ばから2022年半ばにかけて、試算2は、参考よりも指数水準が低い時期がみられたものの、2022年の終わりからは、逆に、参考よりも高い水準で推移している（図5）。

前年同月比をみると、試算1は、2022年半ば以降、3～4%程度で推移していたが、2024年1月以降では、60%程度で推移しており、公表値よりも若干ではあるが、穏やかな上昇幅となっている。次に、試算2について、参考と比較すると、参考では、前年同月比のピークは、2022年後半で30%程度であるのに対して、試算2では、2023年前半にピークがみられ、前年同月比は50～60%程度となっている（図6）。

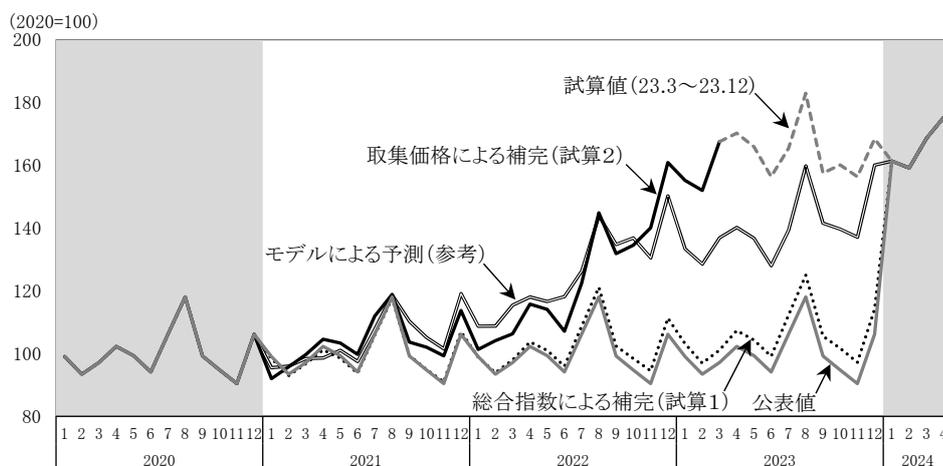


図5 試算結果（指数）

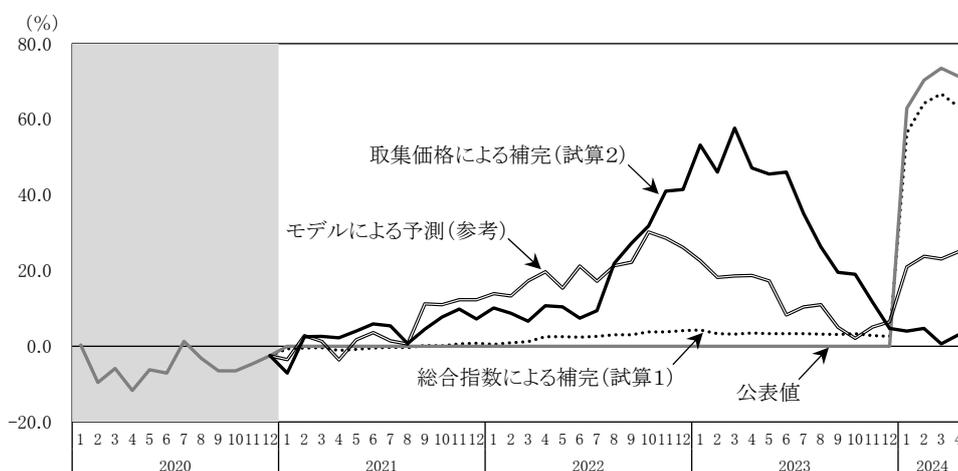


図6 試算結果（前年同月比）

5.2 追加試算（モデルによる補完結果）

本節では、「モデルによる予測（参考）」で用いた推定モデルに一部変更を加えた追加の試算を行い、「取得価格による補完（試算2）」との比較を行う。

前節で示した「取得価格による補完（試算2）」は、2022年半ばまでは、外国パック旅行の価格設定に大きな影響を与える航空券及び現地の宿泊費用の価格動向を踏まえた「モデルによる予測（参考）」と概ね同様の傾向で推移していた。しかしながら、2022年後半以降の両結果をみると、それ以前と比較して大きな水準差（試算2は、参考よりも指数水準が高い）が存在していた。これは、「モデルによる予測」の推定モデルに、航空券、

現地の宿泊費用以外の要因、例えば、消費者の需要増（2022年9月からの水際対策の緩和等に伴う旅行者の増加）や旅行会社の運営コスト増に伴う価格への転嫁といった要因に関する変数を取り込めていないことが影響²⁶しているとみられ、「モデルによる予測」で採用した説明変数だけでは不十分であるといえる。

本来であれば、推定モデルに取り込めていない消費者の需要増減等を説明する変数を追加することが適切である。しかしながら、ここでは、あくまで簡易的な対応として、「モデルによる予測」で示した推定モデルをベースに、「取集価格による補完」と「モデルによる予測」において、2022年後半以降に生じていた水準差を直接的に調整するための変数として、下記ダミー変数（ $z_{3,t}$ ）を回帰成分に設定した上で試算（「モデルによる補完（追加試算）」）を行った。

$$z_{3,t} = \begin{cases} -1 & (t \leq t_0 (= 2022.9)) \\ \frac{t - t_0}{t_1 - t_0} - 1 & (t_0 < t < t_1) \\ 0 & (t \geq t_1 (= 2023.3)) \end{cases}$$

さらに、「モデルによる補完（追加試算）」の推定に当たっては、2020年12月以前の Y_t だけでなく、2023年3月以降の Y_t （試算値及び公表値）も用いることで、価格取集ができなかった旅行会社の旅行先が存在した期間（2021年1月から2023年2月まで）前後の情報を用いて当該期間の欠測値 Y_t の推定を行った。併せて、回帰成分に採用した国際航空旅客輸送及び海外宿泊料の回帰係数については、コロナ下を通じて変化することも考えられることから、当該係数は時間変化するものと仮定した時変係数モデルを適用²⁷した。

以上のモデルにより試算した「モデルによる補完（追加試算）」の指数をみると、「取集価格による補完」とほぼ同様の推移をしていることが確認できる（図7）。また、前年同月比をみると、両者の2023年前半のピークの時点は、ほぼ同時点となっている（図8）。

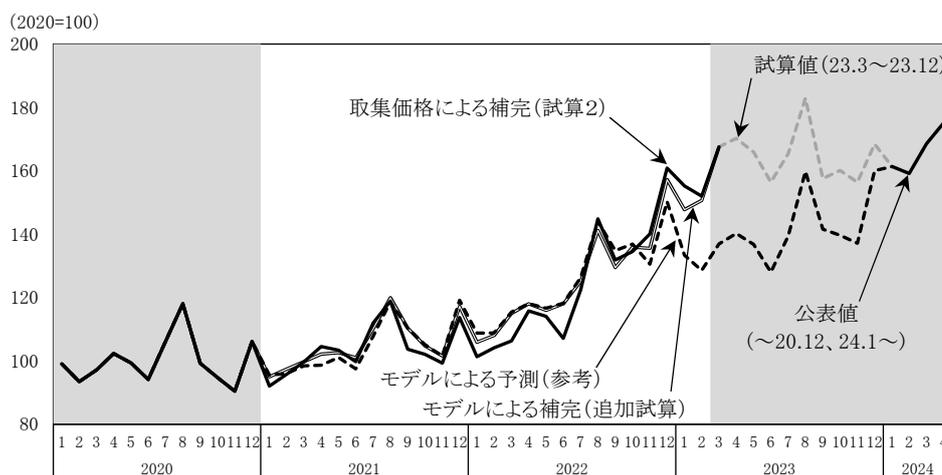


図7 試算結果（指数）追加試算あり

²⁶ 2021年半ばから2022年半ばまでにおいても、2022年半ば以降ほどではないものの、「取集価格による補完（試算2）」と「モデルによる予測（参考）」の指数に水準差（試算2 < 参考）がみられた。これは、取集価格において高価格帯の一部プランの提供停止された影響がみられたほか、消費者の需要減に伴う価格の下落が水準差の要因として考えられる。また、総務省(2025)によれば、新型コロナウイルス流行を契機に、航空券や宿泊施設の調達価格にダイナミックプライシング（DP）が本格的に導入され、2022年からは、旅行代理店におけるDP導入が広がりを見せている。さらに、旅行代理店のコストや利益分に相当する部分（マークアップ）にDPを導入した会社もあり、これらの点についても、「取集価格による補完」と「モデルによる予測」の乖離に影響を及ぼしている可能性がある。

²⁷ 具体的には、付録で示した推定モデルの回帰成分について、 $Z_t = \gamma_{1,t}z_{1,t} + \gamma_{2,t}z_{2,t} + \gamma_{3,t}z_{3,t}$ として推定を行う。

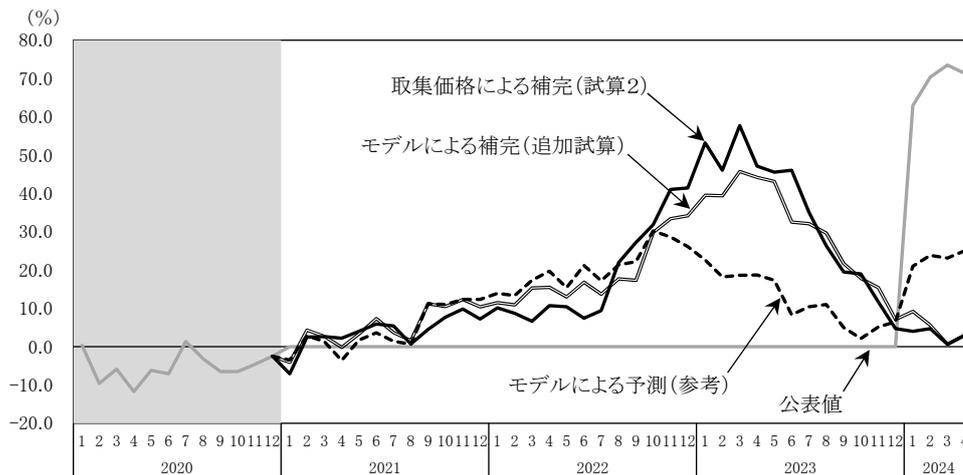


図8 試算結果（前年同月比）追加試算あり

5.3 上位類に対する影響（バイアスの有無）

前節を踏まえると、コロナ下で一部旅行会社において安定的な価格取集が継続できない状況がみられたものの、「前年同月の指数補完」の対応を採用せずに、2021年1月以降も、WSによる取集価格で欠価格を補完することで、一定の妥当性を有する外国パック旅行費の指数作成が継続できた可能性があるとみられる。一方で、外国パック旅行費への支出については、2020年4月以降、ほぼ支出がみられなかった（図3）。このため、毎月公表している「ラスパイレス固定基準方式による指数」（固定基準指数）において、2021年1月以降もWSによる取集価格から作成した外国パック旅行費を用いると、上位類に対するバイアスの発生要因となる可能性がある。

本節では、外国パック旅行費の上位類に当たる教養娯楽サービスについて、以下の3つの試算を行うことで、2021年1月以降の外国パック旅行費の補完方法ごとの上位類に対するバイアスの有無を確認していくこととする。

具体的には、2021年1月以降の外国パック旅行費について、「取集価格による補完（試算2）」を採用した試算（固定基準指数（WS反映））、「前年同月の指数補完」を採用した試算（固定基準指数（指数補完））に加えて、「取集価格による補完（試算2）」を採用した、毎年の消費構造の変化を反映する「ラスパイレス連鎖基準方式による指数（参考指数）」（連鎖基準指数）に基づき作成した試算（連鎖基準指数（WS反映））を行う（表2）。

まず、「固定基準指数（WS反映）」では、教養娯楽サービスのうち外国パック旅行費には、WSによる取集価格から作成した「取集価格による補完（試算2）」（2021年1月から2023年2月まで）及び試算値（2023年3月から12月まで）を用いる。また、外国パック旅行費以外の品目のうち宿泊料については、政府が実施したGoToトラベル及び全国旅行支援による割引の影響を除いた指数²⁸を用いて、外国パック旅行費及び宿泊料以外の品目には、公表値を用いる。そして、ウェイトについては、固定基準指数で用いる品目別ウェイト（2020年基準。基準年固定）を用いる²⁹。

次に、「固定基準指数（指数補完）」では、2021年から2023年までの外国パック旅行費

²⁸ 宿泊料については、政府が実施したGoToトラベル（2020年実施。対象の宿泊施設における宿泊料金を35%割引（上限1万4千円））及び全国旅行支援（2022～2023年実施。対象の宿泊施設における宿泊料金を40%（上限5千円）割引、2023年1月からは20%（上限3千円）割引に変更）の対象施設の料金について、機械的に割引前料金に戻して集計した指数を使用している。

²⁹ 「前年同月の指数補完」では、外国パック旅行費の品目別ウェイト（基準年における固定ウェイト）については、外国パック旅行費に割り振られたままで、上位類を作成している。

については、公表値（「前年同月の指数補完」）を用いる。それ以外の品目の指数やウェイトについては、「固定基準指数（WS 反映）」と同様である。つまり、「固定基準指数（指数補完）」は、公表値の教養娯楽サービスから GoTo トラベル等による割引きの影響を除いた結果となる。

最後に、「連鎖基準指数（WS 反映）」では、外国パック旅行費などに用いる指数については、「固定基準指数（WS 反映）」と同様であるが、ウェイトには、連鎖基準指数で用いる品目別ウェイト³⁰を用いて、教養娯楽サービスを試算³¹した。

表2 教養娯楽サービスの試算に用いる指数及びウェイト

試算	指数(2020年1月～2024年12月)		ウェイト
	外国パック旅行費	外国パック旅行費以外の品目	
固定基準指数 (WS 反映)	・21年1月～23年12月は、試算2又は試算値 ・上記以外の期間は、公表値*	・宿泊料は、GoToトラベル及び全国旅行支援を除く指数 ・上記以外の品目は、公表値	固定基準指数に用いる品目別ウェイト
固定基準指数 (指数補完)	・20年1月～24年12月は、公表値(21年1月～23年12月は、前年同月の指数補完)		固定基準指数に用いる品目別ウェイト
連鎖基準指数 (WS 反映)	・21年1月～23年12月は、試算2又は試算値 ・上記以外の期間は、公表値*		連鎖基準指数に用いる品目別ウェイト

※2020年1月から12月まで及び2024年1月以降は、WSによる収集価格から作成した指数。

試算結果の前年同月比（図9）について、「固定基準指数（WS 反映）」をみると、外国パック旅行費の上昇などにより、2022年後半から「連鎖基準指数（WS 反映）」との乖離³²がみられ、水準差が大きくなっている。一方で、同期間において、「固定基準指数（指数補完）」では、「前年同月の指数補完」の対応により、外国パック旅行費の上昇は反映されず、「連鎖基準指数（WS 反映）」とほぼ同様の推移となっている。そして、2024年以降、「固定基準指数（指数補完）」では、補完値からWSによる収集価格による結果に切替えたことで、足元の外国パック旅行の価格水準が指数にそのまま反映され、「連鎖基準指数（WS 反映）」よりも高い水準で推移している。一方で、2024年以降の「固定基準指数（WS 反映）」は、「連鎖基準指数（WS 反映）」とほぼ同様の推移となっている。

2022年半ばから2023年までの「固定基準指数（WS 反映）」の上昇幅に関しては、先述のとおり、2020年4月から2022年にかけて外国パック旅行費への支出はほぼみられず、実際に取引されたサービスはほぼ存在しなかったとみられる。こうしたことから、

³⁰ ラスパイレス連鎖基準方式による消費者物価指数（参考指数）の品目別ウェイト（全国）は、以下に掲載されている。<https://www.stat.go.jp/data/cpi/1.html>

³¹ 同試算に当たっては、2020年基準の品目別価格指数を用いて、連鎖基準指数の作成方法（総務省(2021a)）に基づき指数の作成を行った。

³² 「固定基準指数（WS 反映）」と「連鎖基準指数（WS 反映）」の乖離の要因については、外国パック旅行費の品目別ウェイトの時系列変化のほか、教養娯楽サービスのうち外国パック旅行費以外の品目におけるウェイトの時系列変化、各品目の指数水準の高低に起因する点も存在する。

「固定基準指数 (WS 反映)」では、本来であれば、指数に取り込む必要がない、外国パック旅行費への支出がほぼみられなかった期間における外国パック旅行費の価格の上昇が反映されていることとなる。

以上を踏まえると、2021年1月以降もWSによる収集価格から作成した外国パック旅行費を用いた「固定基準指数 (WS 反映)」では、上位類に対するバイアスによる変動が確認される一方で、「固定基準指数 (指数補完)」では、こうした変動がみられなかった。

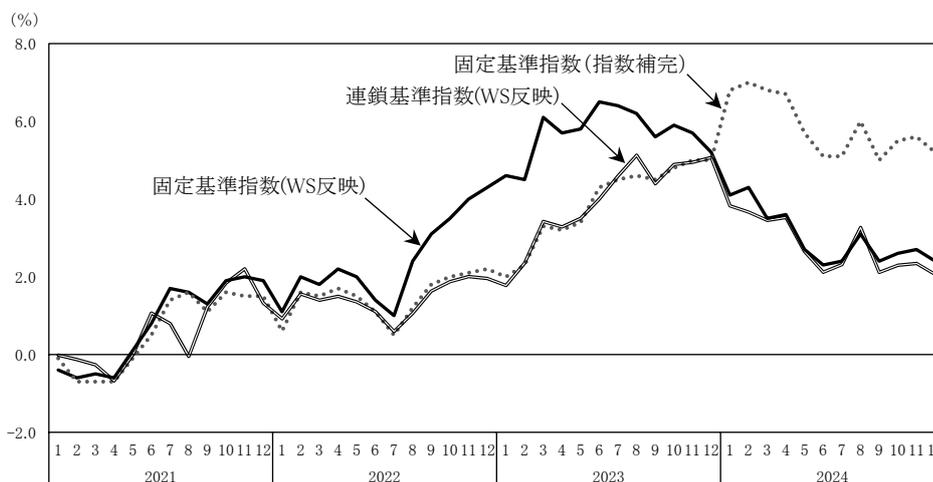


図9 教養娯楽サービス（除く全国旅行支援等）の前年同月比

5.4 2024年1月における接続方法の影響（バイアスの有無）

先述のとおり、2024年1月からの外国パック旅行費の作成に当たっては、2021年から2023年まで行った補完対応を終了し、WSによる収集価格からの指数作成を再開した。

再開時の指数の接続方法については、総務省(2023)及び総務省(2024a)で議論された結果を踏まえ、外国パック旅行費の指数水準や1年を超える期間での比較の適切性の観点から、足元の外国パック旅行の価格水準をそのまま指数に反映させる直接比較が採用されたところである。一方で、総務省(2024a)では、直接比較は、2024年以降の前年同月比には、補完期間の変化も含まれることから、直接比較とは別の方法として、外国パック旅行費の2024年1月以降の前年同月比が適切になるようリンク処理を行う方法（収集価格の前年同月比を反映した接続）についても併せて議論された（図10、表3）。

①直接比較

②収集価格の前年同月比を反映した接続

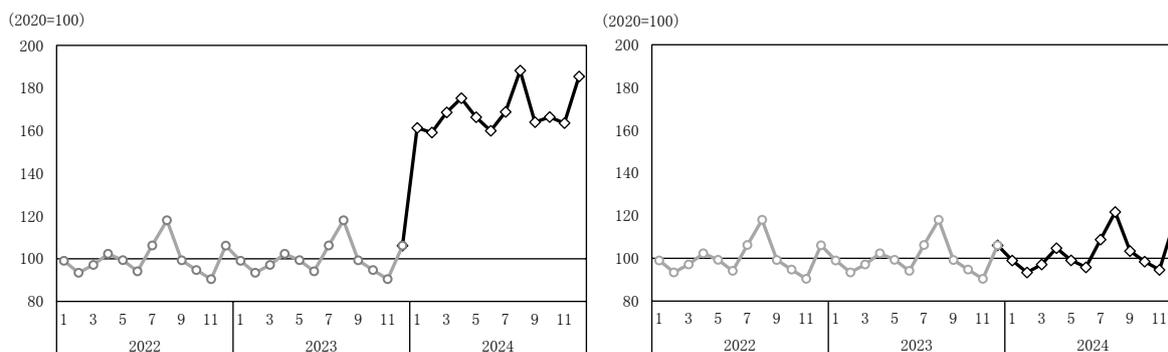


図10 外国パック旅行費指数の推移（接続方法別）

表3 外国パック旅行費の指数作成の再開時の接続方法

接続方法	特徴	留意事項
①直接比較	再開後の指数水準が現在の外国パック旅行費の価格を反映した水準となる。 →10年前との比較など、長期的な分析に有効	再開後の前年同月比が1か年の変化ではなく、2021年から再開時までの複数年の変化を含む。 →外国パック旅行費の2024年の前年同月比、上位類の前年同月比に対する寄与度が過大となる(バイアスが発生)。
②取集価格の前年同月比を反映した接続	再開後の前年同月比には、2023年同月から2024年当月までの1年間の物価変動が反映される。 →毎月勤労統計、家計調査等のデフレーターとして適切	再開後の指数水準は、現在の外国パック旅行費の価格水準より低くなる。

※総務省(2024a)を基に作成。

本節では、本稿の目的からは若干逸れるが、表3で示した①又は②の接続方法を採用した際の外国パック旅行費の上位類に当たる教養娯楽サービス³³の前年同月比を算出し、前節と同様に上位類に対するバイアスの有無の観点から、両者の推移を確認する。

「①直接比較」では、足元の外国パック旅行の価格水準がそのまま指数に反映され、2024年1月の外国パック旅行費の水準が上昇したことで、上位類の教養娯楽サービスの上昇幅が拡大している。一方で、「②取集価格の前年同月比を反映した接続」では、「①直接比較」でみられた2024年1月の外国パック旅行費の上昇は反映されずに、「連鎖基準指数(WS反映)³⁴」とほぼ同様の推移となっている(図11)。

こうしたことから、上位類に対するバイアスの有無という観点からみると、「②取集価格の前年同月比を反映した接続」は、適切な接続方法であったといえる。

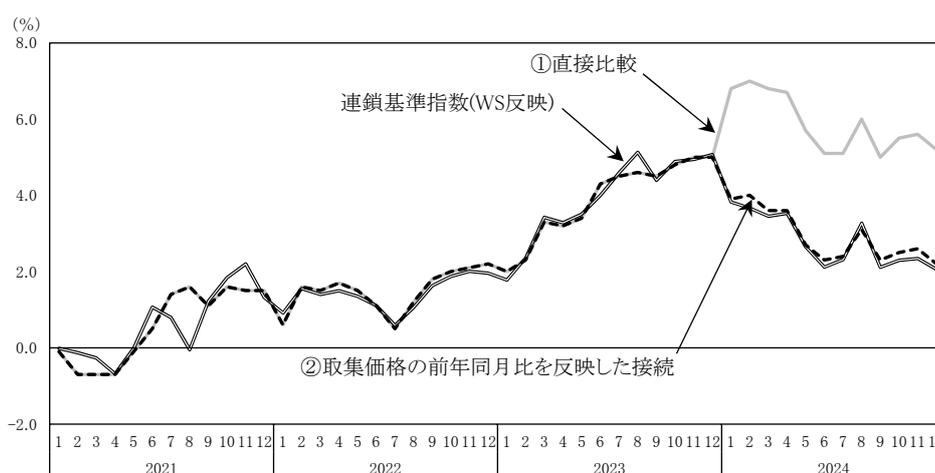


図11 教養娯楽サービス(除く全国旅行支援等)の前年同月比(接続方法別)

³³ 本節の教養娯楽サービスについては、第5.3節と同様に、政府が実施したGoToトラベル及び全国旅行支援による割引きを含まない宿泊料等を用いて作成した教養娯楽サービスを検討対象としている。なお、「①直接比較」及び2023年以前の「②取集価格の前年同月比を反映した接続」については、第5.3節で示した「固定基準指数(指数補完)」と同一の結果である。

³⁴ 第5.3節で示した「連鎖基準指数(WS反映)」と同一の結果である。

6. まとめ

本稿では、新型コロナウイルス感染症の流行に伴い、多くの外国パック旅行が催行中止されたことで、安定的な価格取集が困難な状況に直面した外国パック旅行費の作成方法に関する事後的な検証を行った。

検証の結果、コロナ下の外国パック旅行費の価格取集では、一部の旅行会社において価格取集が十分にできず、複数の旅行会社の旅行先で欠価格がみられたものの、WSにより継続的に取集ができた価格を用いて欠価格を補完することで、2021年1月以降も、一定の妥当性を有する指数の作成が継続できた可能性があること³⁵が確認された。

一方で、2021年1月以降も、WSによる取集価格を用いた指数作成を継続していた場合、コロナ下で価格上昇がみられた外国パック旅行費の指数水準は適切に記録されるものの、外国パック旅行への支出はほぼみられなかった時期における価格上昇が指数に反映され、上位類に対するバイアスの発生要因となる。これに関して、2021年1月以降の公表値で採用された対応である「前年同月の指数補完」では、こうしたバイアスはみられず、上位類に対するバイアスの有無の観点からは、適切な対応であったといえる。ただし、補完方法の選択については、補完対応の対象となった品目における対応後のウェイトの推移などにも依存することから、必ずしも「前年同月の指数補完」が適切な対応になるとは限らず、補完対象品目の個別の状況を踏まえた検討が必要となる。

今回の検証結果を踏まえると、2021年1月以降の外国パック旅行費の対応については、上位類に対してバイアスを発生させてしまうものの、指数水準の適切性や複数年間における比較での有用性から、WSによる取集価格を用いた指数作成を継続する一方で、ウェイトの変化による上位類に対する影響については、公式指数の固定基準指数だけでなく、参考指数の連鎖基準指数も併せて確認するという、従来からの両指数の役割分担で指数動向を把握していくことが一つの対応方法として考えられる。

なお、本稿の検証において、外国パック旅行費の指数水準の適切性、上位類に対するバイアスを発生させないという、いずれの点も満たしたのは、連鎖基準指数であった³⁶。連鎖基準指数に関しては、総務省(2021b)の取組事項として、新型コロナウイルス感染症のような不測の事態³⁷にも対応できる指数の在り方が挙げられ、その中で連鎖基準指数の主系列の是非について言及されており、中長期的な課題として、連鎖基準指数のメリット、デメリットを踏まえ、引き続き、検討していくことが必要と考えられる。

また、2024年1月の取集価格からの指数作成の再開時における指数の接続方法について、

³⁵ 外国パック旅行費の作成に当たっては、脚注3のとおり、2015年基準では、多くの旅行先において価格取集が継続できない状況に陥ったことから、取集価格のみから指数を作成することは、困難であったとみられる。これに関して、2020年基準からWSによる価格取集が導入されたことで、インターネット上の多数の価格が取集可能となり、カバレッジの拡大という指数作成上の利点があったが、別の視点として、多数の価格が取集されることで、従来よりも取集価格で欠価格を補完する対応可能性が高まり、結果として指数作成の継続性も高まったとみることができる。

³⁶ 当年の連鎖基準指数の作成に用いる品目別ウェイトは、前年の家計調査の支出金額から作成している。こうしたことから、価格とウェイトの変化が同時に発生した場合、必ずしも連鎖基準指数が適切な結果を示すとは限らない。本稿で扱った外国パック旅行費の場合では、図5及び図3のとおり、外国パック旅行費の価格上昇は、特に2022年以降でみられたが、2022年の連鎖基準指数の作成に用いる品目別ウェイトの参照年は、その前年に当たる2021年であり、当時の外国パック旅行への支出はすでにほぼみられない状況であった。

³⁷ 2020年基準の固定基準指数のウェイトに関して、消費者物価指数のウェイト作成に用いる家計調査の消費支出は、基準年に当たる2020年に出された緊急事態宣言等により大きな変化がみられた。当時は、こうした状況が継続するか判断できないことなどから、基準年における新型コロナウイルス感染症の影響を緩和する方法として、有効かつ統計基準や国際基準に沿った対応などの理由から、2019年・2020年の平均消費支出を採用することとなった(総務省(2021b))。一方で、連鎖基準指数については、総務省(2021b)の有識者等の意見にもあるように、毎年、指数の作成に用いるウェイトを更新することから、2020年基準の固定基準指数で採用した「2019年・2020年の平均消費支出を採用」といった特別な対応は、必ずしも必要とは限らない。

公表値で採用された「直接比較」では、外国パック旅行費の適切な指数水準などが記録され、長期の指数動向の比較などを行う際の利点はあるものの、上位類に対するバイアスがみられるほか、前年同月比については、補完期間の変化を含む結果となっている。一方で、採用されなかった「収集価格の前年同月比を反映した接続」では、上位類に対するバイアスはみられず、外国パック旅行費の前年同月比が適切な結果となるものの、外国パック旅行費などの指数が適切な水準とはならない（過去の外国パック旅行費の指数上昇がなかったことになってしまう）という問題があった。いずれの方法にも、メリットとデメリットが存在しており、2024年1月の収集価格からの指数作成の再開時において、これらの問題を全て解決する対応はないとみられる。

以上のような長期間にわたって補完対応を行った場合や、価格収集が全くできなくなった場合の品目の扱いについては、世界的にみてもまだ確立されておらず、引き続き、消費者物価指数の国際マニュアルなどの動向を確認していくこととしたい。

謝辞

本稿は、2024年度統計関連学会連合大会（東京理科大学 神楽坂キャンパス）における報告に加筆・修正したものである。本稿について、丁寧な査読をしていただき、多くの有益なコメントをしていただいた匿名の査読者2名に対して、深く感謝を申し上げたい。

参考文献

- [1] 尾崎統(1997)「動的 X11 モデルと非線形季節調整 I -モデルと計算法-」, 統計数理, 第 45 巻, 第 2 号, 265-285.
- [2] 総務省(2016)『2015 年基準消費者物価指数の解説』.
- [3] 総務省(2018)「書類番号 2 外国パック旅行費及び航空運賃におけるインターネット販売価格の更なる捕捉・採用について(案)」, 物価指数研究会(第 12 回).
<https://www.stat.go.jp/info/kenkyu/cpi/pdf/012-2.pdf> (2025 年 10 月 31 日取得)
- [4] 総務省(2021a)『2020 年基準消費者物価指数の解説』.
- [5] 総務省(2021b)「「消費者物価指数 2020 年基準改定計画」の一部改定の概要」.
<https://www.stat.go.jp/data/cpi/2020/pdf/2104021.pdf> (2025 年 10 月 31 日取得).
- [6] 総務省(2023)「書類番号 1 2020 年基準消費者物価指数 外国パック旅行費指数の取扱いについて」, 物価指数研究会(第 23 回).
<https://www.stat.go.jp/info/kenkyu/cpi/pdf/023-1.pdf> (2025 年 10 月 31 日取得)
- [7] 総務省(2024a)「書類番号 1 2020 年基準消費者物価指数 外国パック旅行費指数の取扱いについて」, 物価指数研究会(第 24 回).
<https://www.stat.go.jp/info/kenkyu/cpi/pdf/024-1.pdf> (2025 年 10 月 31 日取得)
- [8] 総務省(2024b)「消費者物価指数に関する Q&A」.
<https://www.stat.go.jp/data/cpi/4-1.html#Z2> (2025 年 10 月 31 日取得)
- [9] 総務省(2025)「別紙 5 ダイナミックプライシングに関する調査研究について(概要)」, 資料 3, 第 135 回サービス統計・企業統計部会.
https://www.soumu.go.jp/main_content/001019005.pdf (2025 年 10 月 31 日取得)
- [10] 北川源四郎(1997)「季節調整プログラム DECOMP とその後の展開」, 『統計数理』, 第 45 巻, 第 2 号, 217-232.
- [11] 北川源四郎(2005)『時系列解析入門』, 岩波書店.
- [12] 高部勲(2005)「状態空間モデルを用いた季節調整法の労働力調査への適用」, 『統計研究彙報』, 第 62 号, 71-92.
- [13] 高部勲(2017)「状態空間モデルに基づく季節調整法における改良方法の提案: 一般化 neg-log 変換の活用に基づくゼロ・負の値を含む時系列データの安定化と季節調整値の推定精度向上」, 『統計研究彙報』, 第 74 号, 29-56.
- [14] 内閣府(2024)「資料 4 国民経済計算における消費者物価指数「外国パック旅行費」の取扱いについて」, 第 37 回国民経済計算体系的整備部会.
https://www.soumu.go.jp/main_content/000944389.pdf (2025 年 10 月 31 日取得)
- [15] 野村俊一(2016)『カルマンフィルタ -R を使った時系列予測と状態空間モデル- (統計学 One Point 2)』, 共立出版.
- [16] 渡辺努(2024)「マイナス金利解除は時期尚早か、「大混乱統計」の再推計でインフレ減速懸念が浮上」, ダイヤモンド・オンライン.
<https://diamond.jp/articles/-/340357> (2025 年 10 月 31 日取得).
- [17] Eurostat(2020) “Guidance on the compilation of the HICP in the context of the COVID-19 crisis”, Eurostat.
- [18] IATA(2023) “Airlines recover amid soaring jet fuel costs and inflation”, The International Air Transport Association.
- [19] IMF(2020) “Special Series on Statistical Issues in Response to COVID-19”, Business Continuity Plans: Consumer Price Index, International monetary fund.

付録：「モデルによる予測（参考）」の概要

本稿の「モデルによる予測（参考）」において用いた推定モデルの概要を示す。

1. 推定モデルの概要

外国パック旅行費 (Y_t) は、トレンド (T_t)、循環変動 (C_t)、季節変動 (S_t)、曜日変動 (TD_t)、回帰 (Z_t) 及び不規則変動 (I_t) の各成分から構成されるものと仮定し、以下の状態空間モデルを設定した。

[観測方程式]

$$Y_t = T_t + C_t + S_t + TD_t + Z_t + I_t \quad I_t \sim N(0, \sigma^2)$$

[状態方程式]

$$T_t = 2T_{t-1} - T_{t-2} + \varepsilon_t^T \quad \varepsilon_t^T \sim N(0, \sigma_T^2)$$

$$C_t = \alpha_1 C_{t-1} + \varepsilon_t^C \quad \varepsilon_t^C \sim N(0, \sigma_C^2)$$

$$S_t = S_{1,t} + S_{2,t} + S_{3,t} + S_{4,t} + S_{5,t} + S_{6,t}$$

$$TD_t = \sum_i^5 \beta^i (\bar{d}_t^i - d_t^i) + \beta^6 (d_t^6 - d_t^7) + \beta^0 (d_t^0 - d_t^7)$$

$$Z_t = \gamma_1 z_{1,t} + \gamma_2 z_{2,t}$$

また、上記モデルの各成分の概要は、以下のとおり。

(1) トレンド成分 (T_t)

長期的な趨勢の変化を示す成分であり、2次のトレンドモデルを採用する。

$$T_t = 2T_{t-1} - T_{t-2} + \varepsilon_t^T \quad \varepsilon_t^T \sim N(0, \sigma_T^2)$$

(2) 循環変動成分 (C_t)

トレンド成分よりも周期が短く、局所的な変動を示す成分であり、定常な自己回帰 (AR) モデルを想定する。また、定常な AR モデルを想定していることから、AR 係数 (α_1) の推定に当たっては、同係数の範囲に制限を加えている。

$$C_t = \alpha_1 C_{t-1} + \varepsilon_t^C \quad \varepsilon_t^C \sim N(0, \sigma_C^2) \\ -1 < \alpha_1 < 1$$

(3) 季節変動成分 (S_t)

1年間の周期を持つ成分であり、以下のモデル (パラレル型³⁸) を想定する。

$$S_t = S_{1,t} + S_{2,t} + S_{3,t} + S_{4,t} + S_{5,t} + S_{6,t} \\ S_{1,t} = 2 \cos \omega_1 S_{1,t-1} - S_{1,t-2} + \varepsilon_{1,t}^S \quad \varepsilon_{1,t}^S \sim N(0, \sigma_{1,S}^2) \\ S_{2,t} = 2 \cos \omega_2 S_{2,t-1} - S_{2,t-2} + \varepsilon_{2,t}^S \quad \varepsilon_{2,t}^S \sim N(0, \sigma_{2,S}^2) \\ S_{3,t} = 2 \cos \omega_3 S_{3,t-1} - S_{3,t-2} + \varepsilon_{3,t}^S \quad \varepsilon_{3,t}^S \sim N(0, \sigma_{3,S}^2) \\ S_{4,t} = 2 \cos \omega_4 S_{4,t-1} - S_{4,t-2} + \varepsilon_{4,t}^S \quad \varepsilon_{4,t}^S \sim N(0, \sigma_{4,S}^2) \\ S_{5,t} = 2 \cos \omega_5 S_{5,t-1} - S_{5,t-2} + \varepsilon_{5,t}^S \quad \varepsilon_{5,t}^S \sim N(0, \sigma_{5,S}^2) \\ S_{6,t} = -S_{6,t-1} + \varepsilon_{6,t}^S \quad \varepsilon_{6,t}^S \sim N(0, \sigma_{6,S}^2) \\ \omega_i = 2\pi i / 12$$

³⁸ 季節成分の型 (パラレル型) については、尾崎(1997)、高部(2005)、野村(2016)を参照。

(4) 曜日変動成分 (TD_t)

各月の曜日構成の違いや祝日等の日数による変動を示す成分である。

本稿では、平日と祝日及び年末年始の期間との重なりを考慮した7曜日型の曜日調整を行うための変数を採用している。なお、本稿での祝日等 (d_t^0) には、国民の祝日、振替休日、国民の休日のほか、年末年始の期間 (12月29日から1月3日まで) も慣例的な休日として含めている。

$$TD_t = \sum_i^5 \beta^i (\bar{d}_t^i - d_t^i) + \beta^6 (d_t^6 - d_t^7) + \beta^0 (d_t^0 - d_t^7)$$

$\bar{d}_t^1, \dots, \bar{d}_t^5$: 祝日等を除く月曜日の日数、 \dots 、祝日等を除く金曜日の日数

d_t^6 : 土曜日の日数、 d_t^7 : 日曜日の日数、 d_t^0 : 祝日等の日数

(5) 回帰成分 (Z_t)

外国パック旅行の価格設定に影響を及ぼす要因による変動を示す成分である。

回帰変数 (説明変数) ($z_{1,t}$ 及び $z_{2,t}$) については、国際航空旅客輸送 (基本+輸入)、6か月前³⁹の海外宿泊料 (為替調整後) を用いる。

$$Z_t = \gamma_1 z_{1,t} + \gamma_2 z_{2,t}$$

(6) 不規則変動成分 (I_t)

上記 (1) から (5) までの成分で表すことができない変動であり、同変動は、観測方程式における観測ノイズとして扱う。

$$I_t \sim N(0, \sigma^2)$$

2. 状態推定

前項で示した線形・ガウス型状態空間モデルに対しては、1期先予測及びフィルタを効率的に実行することが可能なアルゴリズムである Kalman Filter を用いた。なお、Kalman Filter による状態推定の詳細は、北川(2005)を参照。

[1期先予測、フィルタ、平滑化のアルゴリズム]

(1) 1期先予測

$$\begin{aligned} x_{n|n-1} &= Fx_{n-1|n-1} \\ V_{n|n-1} &= FV_{n-1|n-1}F^T + GQG^T \end{aligned}$$

(2) フィルタ

$$\begin{aligned} d_{n|n-1} &= H_n V_{n|n-1} H_n^T + R \\ K_n &= V_{n|n-1} H_n^T d_{n|n-1}^{-1} \\ x_{n|n} &= x_{n|n-1} + K_n (y_n - H_n x_{n|n-1}) \\ V_{n|n} &= (I - K_n H_n) V_{n|n-1} \end{aligned}$$

(3) 平滑化 (固定区間平滑化)

$$A_n = V_{n|n} F^T V_{n+1|n}^{-1}$$

³⁹ 現地の宿泊費用を説明する変数である海外宿泊料については、外国パック旅行費よりも先行して推移するものと仮定し、0か月 (ラグ (時差) なし)、1か月から12か月までのラグの中から、赤池情報量規準 (AIC) に基づき決定している。なお、航空運賃を説明する変数である国際航空旅客輸送は、外国パック旅行費と比較すると、両者は概ね連動して推移している傾向 (付図) がみられることから、ラグは設定していない。

$$x_{n|N} = x_{n|n} + A_n(x_{n+1|N} - x_{n+1|n})$$

$$V_{n|N} = V_{n|n} + A_n(V_{n+1|N} - V_{n+1|n})A_n^T$$

2. 初期分布及びパラメータの推定

状態空間モデルの状態推定に当たっては、事前に状態ベクトルの初期分布（状態ベクトルの平均と分散共分散）を設定する必要がある。初期分布の設定に当たっては、複数の方法が存在するが、本稿では、初期分布の推定に当たり、北川(1997)や高部(2017)を参考に、時間を反転した時系列データに対してフィルタを適用することで、状態ベクトルの初期分布を推定している。

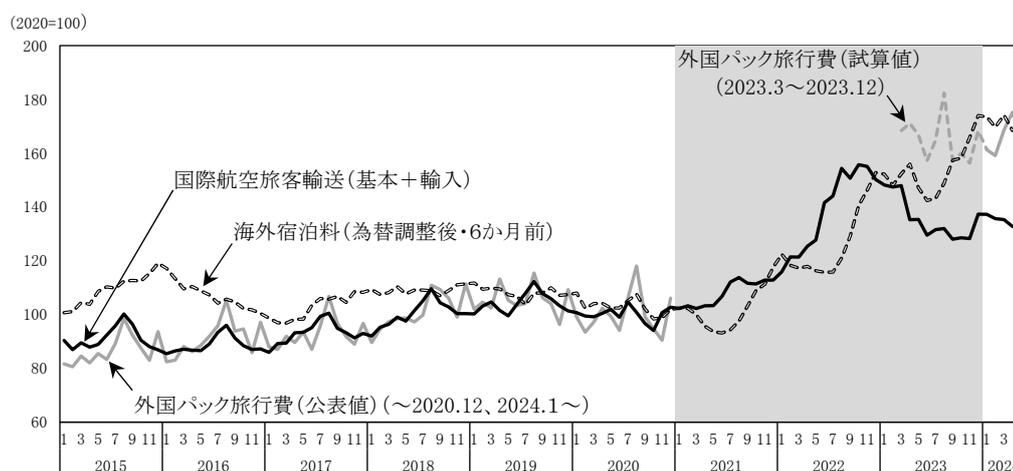
また、上記1. で示した状態空間モデルは、複数の未知のパラメータを含んでいることから、状態推定の前にはあらかじめパラメータを推定する必要がある。推定すべきパラメータは、観測ノイズの分散、状態ノイズの分散及びAR係数である。ただし、推定すべきパラメータは、観測ノイズの分散=1 とすることで、数値計算を行うパラメータの一つ（観測ノイズの分散）を減らすことが可能であることから、状態ノイズの分散と観測ノイズの分散との比をパラメータとして、一期先予測誤差に基づき最尤推定を行う（北川(2005)）。なお、最尤法によりパラメータを推定する際の尤度関数の非線形最適化の計算については、統計的データ解析環境「R」の非線形最適化関数 `optim` を利用し、BFGS (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno) 法に基づく準ニュートン法を適用している。

3. 推定に用いた外国パック旅行費及び説明変数

推定モデルに用いた外国パック旅行費 (Y_t)、回帰成分 (Z_t) に用いた説明変数 ($z_{1,t}$: 国際航空旅客輸送 (基本+輸入)、 $z_{2,t}$: 海外宿泊料 (為替調整後・6か月前)) のデータ期間については、以下のとおりである。

- ・外国パック旅行費：2015年1月から 2020年12月まで(2021年1月以降は欠測値)
- ・国際航空旅客輸送 (基本+輸入)：2015年1月から 2023年12月まで
- ・海外宿泊料 (為替調整後・6か月前)：2015年1月から 2023年12月まで

また、上記3系列について、これまでの推移をみると、2020年12月以前は、外国パック旅行費と国際航空旅客輸送 (基本+輸入) は、概ね連動して推移していた。しかしながら、2023年3月以降の試算値や2024年1月以降の公表値の外国パック旅行費と国際航空旅客輸送 (基本+輸入) を比較すると、一定の水準差が生じている。また、海外宿泊料 (為替調整後・6か月前) は、2021年後半以降、上昇傾向が続いている (付図)。



付図 推定に用いた外国パック旅行費及び説明変数の推移