

不動産産出価格と国民経済計算*

～不動産価格指数の整備がGDP推計に与える貢献～

アーウィン・ディーワート、清水 千弘**

<要旨>

不動産価格統計の整備が国際的に進められている。本論文は、商業系の不動産価格指数の整備が、国民経済計算体系のなかでどのように活用ができるのかを整理したものである。GDP統計における不動産業のアウトプット価格として、不動産価格指数が必要となることは言うまでもない。全要素生産性が国民経済計算の一部として計算される場合には、中間投入として土地及び建物価格指数も必要になる。本論文では、商業不動産価格指数（CPPI: Commercial Property Price Index）を構築するための既存の方法をレビューし、GDP統計における位置づけを整理するとともに、新しい指数の推計方法について提案する。

JEL Classification Codes : C2, C23, C43, D12, E31, R21

Keywords : 商業不動産価格指数、純収益（NOI）、割引率、SNA、減価償却率、ヘドニック指数

* 本稿は、欧州統計委員会（Euro Stat）における「商業不動産に関する測定指針作成プロジェクト: EuroStat International Handbook of Commercial Property Indicators」の一連のプロジェクトにおいて筆者らが担当した部分、そして Diewert, Fox and Shimizu（2016）を中心として要約したものである。一連の研究プロジェクトにおいては、David Geltner氏（マサチューセッツ工科大学）、Marc Francke氏（アムステルダムビジネススクール）、David Fenwick氏（元英国統計局（Official National Statistics））、Paul Schreyer氏（OECD）、Jan de Haan氏（オランダ統計局）、Alice Nakamura氏（アルバータ大学）、Alicia Rambaldi（クイーンズランド大学）、から多くの示唆をいただいた。もちろん共同研究として推進した Kevin Fox氏（ニューサウスウェールズ大学）には、格別の貢献をいただいた。ここに記して深く謝意を示したい。なお、本稿における誤りはすべて筆者らの責に帰すものである。

** アーウィン・ディーワート：プリティッシュコロンビア大学経済学部名誉教授、清水 千弘：一橋大学大学院ソーシャル・データサイエンス研究科教授。

Commercial Property Price Indexes and the System of National Accounts

By Erwin DIEWERT and Chihiro SHIMIZU

Abstract

The paper studies the problems associated with the construction of price indexes for commercial properties that could be used in the System of National Accounts. Property price indexes are required for the stocks of commercial properties in the Balance Sheets of the country. Related service price indexes for the land and structure input components of a commercial property are required in the Production Accounts of the country if the Multifactor Productivity of the Commercial Property Industry is calculated as part of the System of National accounts. The paper reviews existing methods for constructing an overall Commercial Property Price Index (CPPI) and concludes that most methods are biased (due to their neglect of depreciation) and more importantly, not able to provide separate land and structure subindexes. A class of hedonic regression models that is not subject to these problems is discussed.

JEL Classification Codes: C2, C23, C43, D12, E31, R21

Keywords: Commercial property price indexes, Net Operating Income, discounted cash flow, System of National Accounts, Balance Sheets, methods of depreciation, land and structure prices, hedonic regressions

1. はじめに

現行の国民経済計算システム(SNA)における国内総生産(GDP)の計算では、主に2つの理由から、その国の生産部門が生み出す所得を正確に測定することが出来ていない。第1が、減価償却費がアウトプットの一部として含まれているためであり、第2が、会計期間中に保有する資産において発生するキャピタルゲインまたはロスを除外しているためである。

減価償却費が、アウトプットの一部でないことは明らかであるが、生産部門で使用される資産のキャピタルゲインやロスを所得の一部として含めることには、古くから多くの議論がなされてきた。一連の議論の中で、キャピタルゲインやロスといった二時点間の資産価値の変化を測定対象とすべきであるという概念には賛同が得られたとしても、資産のキャピタルゲインやロスはボラティリティが高く、加えて、資産価格に関する統計が未整備であるといった実務的な制約もあり、国民経済計算を担当する統計局からは、強い反対があった (Diewert et al. 2023)。

この所得の測定を巡っては、マーシャル(1920)に遡る長い歴史がある¹。マーシャルは、会計期間中の生産単位が生み出す名目所得を、「その期間のキャッシュフローに期末資本ストックから期首資本ストックを差し引いたものを加えたもの」として定義している。この二時点間に発生したキャッシュフローと資本ストックの変化分を除く、その他の所得は、「利払い+純利潤」に分解される。さらに、労働への対価としての支払いと政府への税金を加えれば、会計期間中に生産単位が生み出した名目所得を測ることが可能となる。

Haig (1921) は、マーシャルの定義を1歩進めて、2つの時点で受け取った所得が同じ購買力を持つとは限らないことに注目した。ヘイグは、名目所得を実質所得に変換するためのデフレーターを推計することが、重要な問題であると認識したのである²。ヘイグのいう「会計上の問題」とは、会計期間の開始時と終了時に生産単位の資産を(現在の市場価値で)評価することの問題である。資本ストックは会計期間ごとに売買されるわけではないため、ある時点における再生産可能な資本ストックの現在価値を推定しなければならず、この推定値は減価償却の計算方法に大きく依存してしまう。

¹ “When a man is engaged in business, his profits for the year are the excess of his receipts from his business during the year over his outlay for his business. The difference between the value of his stock of plant, material, etc. at the end and at the beginning of the year is taken as part of his receipts or as part of his outlay, according as there has been an increase or decrease of value. What remains of his profits after deducting interest on his capital at the current rate (allowing, where necessary, for insurance) is generally called his earnings of undertaking or management. The ratio in which his profits for the year stand to his capital is spoken of as his rate of profits. But this phrase, like the corresponding phrase with regard to interest, assumes that the money value of the things which constitute his capital has been estimated: and such an estimate is often found to involve great difficulties.” Alfred Marshall (1920, p.62).

² “The prospect for a complete solution of the difficulty pointed out, however, is identical with the prospect for a perfect monetary standard. But an approximate solution might be realized if we were able to evolve a satisfactory index of the level of prices. If it were accurately known what the change in price level in a given year had been, it might be possible to qualify the results shown by a comparison of the balance sheets for the beginning and the end of the period in such a way as to eliminate the influence of the changing standard. But even this refinement is not likely to be introduced soon. Indeed, the desirability and urgency of its introduction is dependent largely upon the complete solution of the accounting problem, which solution is certainly not imminent.” Robert Haig (1921, p.17).

とりわけ、土地のような再生産が不可能な資本ストックについては、その測定はとりわけ困難である。商業用不動産や工業用不動産は市場での取引頻度は小さい。さらに、土地だけの取引は稀であり、多くは土地と合わせて建造物がセットとなって取引がなされている。そのため、GDP の測定において、土地を含めようとしたときには、土地資産の期首と期末の現在価値は実際の市場取引ではなく、推計をすることが要求されるのである。

古くから土地価格指数または建物価格指数の重要性は認識されてきたわけであるが、ようやく 21 世紀に入ると、国際機関を中心として不動産統計の整備が進められることになった。その契機となったのが、米国の住宅価格の大規模な変動がきっかけとなって発生した、世界的な金融危機である。大規模な不動産価格の変動が、金融危機や長期的な景気停滞をもたらすことが解明されてくる中で、不動産価格統計の整備が著しく遅れていることが強く認識されたのである。その整備の遅れによって、政策当局、市場関係者と不動産市場との間に大きく情報ギャップが存在し、政策的な対応が遅れ、市場の調整機能が著しく低下してしまっていたことで、経済的な混乱が発生する原因となっていることが広く理解されたのである。

例えば、20 世紀最大のバブルといわれた「不動産バブル」を経験した日本は、その崩壊後に、「失われた 10 年 (Lost decades)」と揶揄された長期的な経済停滞を経験した。米国の住宅バブルの生成と崩壊後に発生したリーマンショックは、世界的な金融危機を招いた。このような不動産バブル後の長期的な景気後退や国際的かつ大規模な金融危機がきっかけとなり、「G20 Data Gaps Initiative」に基づき、不動産価格指数の整備や既存の公的統計における土地・建物の測定の精度を改善していこうとする国際的な取り組みが始まったのである³。

一方、国内に目を向ければ、消費者物価指数 (CPI) の持ち家の帰属家賃の測定や、GDP のデフレーター建設価格指数の改善についての議論が行われてきた。CPI においては、住宅サービスがおおよそ 25% から 30% の比率を占めるが、その測定方法を巡っては、品質補正といった意味で「経年減価」が考慮されていないといった問題など、その改善の必要性が指摘されていた。GDP のデフレーターについては、建設・不動産部門の産出額をデフレートする際に使用されている価格指数については産出 (アウトプット) 価格指数へと改善していくことが要請されていた。いずれも、近年に始まる統計改革の一環として進められている。

これらの問題は、国際的には、前者は住宅価格指数の整備の中で、後者は商業不動産価格指数の整備が進められる中で、広く議論が行われてきた。

本稿では、このような不動産価格指数を取り巻く一連の国際的な議論のなかで取り上げられた、GDP と関連する部分を中心に整理するとともに、不動産価格指数の整備の方向性を取りまとめる⁴。まず GDP の生産部門の要件に照らして、不動産に対する投入 (インプツ

³ 国際的な不動産価格指数の整備状況については <https://www.imf.org/external/np/g20/pdf/2019/101119.pdf> を参照されたい。

⁴ SNA の測定に関する UN, Eurostat, IMF, OECD and World Bank (2009) を参照されたい。

ト)⁵、産出（アウトプット）、および資産の価格（および対応する数量）を測定するための指数理論としての概念的な枠組みを示すことから始める⁶。第2節では不動産の産出（アウトプット）価格指数について、第3節では投入（インプット）価格指数の概念的な整理を行う。第4節で不動産価格の決定構造と指数の推計手順について解説する。

実際に、市場で観察される価格情報を用いた価格指数の推計においては、不動産の資産価値を、それに対応する土地および土地の区画上の建物のサービフローのそれぞれの入力の寄与分に応じて価格分解をしなければならないという困難性に直面する。市場では、不動産の土地・建物一体としての取引価格しか観察ができないものの、生産性を測定しようとする、土地と建物の分離が要求される。このような問題に対応するためには、市場で観察可能な不動産の価格から土地と建物を分離するための新しいモデル開発が必要となる。第5節では、国際指針の中にも紹介されている、不動産価格を土地と建物に分離する新しい手法となる「ビルダーズモデル」の理論的な構造を説明し、実際の東京のデータを用いた推計例を示す。第6節は結論として、残された課題をまとめる。

2. 不動産における産出（アウトプット）価格指数

不動産価格指数の問題を考えるにあたり、経済測定の分野で「不動産」をどのように定義するのかということを確認しておくなければならない。2014年9月にヨーロッパ中央銀行（European Central Bank : ECB）が主催する会議で、不動産価格指数の測定対象とする「不動産とは何か」という議論が行われた。図表1は、同会議で議論され、「商業用不動産価格指数国際指針」⁷で整理された定義である。同会議では、商業不動産について議論が行われ、とりわけ国民経済計算体系における各種不動産の位置づけについて整理された。

その中で、不動産とは、a) 最も重要な非金融（non-financial）資産であること、また b) 誰が不動産を所有しているのか（例えば、個人、企業、政府等）、c) どのように使うかによって、といった基軸で分類することとなった。これは、不動産が資産としての価値を持つとともに、耐久消費財としての性質をも持ち合わせるために、複数の軸によって分類が必要となったのである。

例えば、個人が家を買う時（つまり、家計として住宅を消費するという）は、どのような場所（立地）で、どのような建物を使用するのかによって、享受できる効用水準が異なる。そのため、家計は効用を最大化するように住宅を選択する。そして、その不動産は

⁵ ここでいうインプットとは、中間投入、労働力のことを言う。

⁶ 単一の生産単位のアウトプットとインプットの価格と数量が決定されると、指数理論の枠組みにおいては、産業レベルまで集計することが可能となる。

⁷ Eurostat（2017）を参照。同国際指針の作成においては、2012年の欧州中央銀行が主催した国際会議を出発点として、複数の国際会議が開催された。とりわけ2014年に欧州中央銀行で開催された会議においては、商業不動産の定義を取り巻き、論争を生んだが、最終的には、住居系不動産、非住居系不動産等の従来の整理の中で位置づけられることとなった。住居系不動産の測定については、Eurostat（2012）の Residential Property Prices Indices（RPPIs）に整理されている。

自己所有されることが多く、市場で取引価格が発生するのは取得時だけとなる。企業もまた立地する場所によって生産性、利潤が異なるために、利潤が最大化できるように不動産を選択する。一方、所有者または使用者としての視点ではなく、土地という物理的な側面に注目すれば、土地に対応した建物の用途は、立地に適した形でオフィス、商業施設、工場、物流施設、ホテルなどといった用途に分類されていく。このような市場参加者の選択や土地の属性に応じて、その結果としての不動産のアウトプットが差別化されることになる。

さらに、不動産は、市場で取引されるものと、公的セクターや家計によって保有されることで市場の中で取引されていないものも多い。むしろ、特定の時期のストック全体を見渡した時には、市場に出現していないものがほとんどである。

図表 1 商業不動産の定義

国民経済体系		アウトプット (市場)	アウトプット (非市場)	自己所有
住居及び土地	住宅	商業不動産	—	持ち家
	社会住宅 (公営住宅)	—	公営住宅	—
住居以外の建物 および土地	オフィス	商業不動産	非市場不動産	—
	商業施設・ホテル等	商業不動産	非市場不動産	—
	工場・物流等	商業不動産	非市場不動産	—
その他の建築物	—	—	—	—

出典) Eurostat (2017)。

そうすると、市場財または非市場財という軸も重要となり、そして、不動産の用途、所有によって分類が要求された。本稿で焦点をあてる商業用の不動産は、家計によって所有される持ち家とは区分され、市場で取引されるオフィス、商業施設、ホテル、工場、物流施設などが該当する。そして、そのような不動産は、土地・資本・労働が投下されることで収益を生むという性質を持つ。

ここで、特定の場所に存在する収益を生む商業不動産の四半期ごとのインプットおよびアウトプット価格指数の測定問題を考える。不動産または不動産業には、四半期単位で N 個の収益源があると考えれば、 p_n^t は、 t 期の不動産のオフィス、商業施設等の用途 ($n = 1, 2, \dots, N$) に対応した価格または収益であり、その時の取引数量は q_n^t となる。

不動産価格指数の推計方法を整理する前に、指数理論に照らして、 t 期における商品 n の価格と数量との関係を整理しておく。 q_n^t は、 t 期に取引されたある財の総取引量 n として表現できる。そして、 p_n^t は一単位当たりの価格となる⁸。つまり、 p_n^t は、 t 期における商品 n の全取引金額 (R_n^t) を取引数量 q_n^t で割った値になる。このように定義してくると、 t 期に

⁸ 指数理論を体系化した Walsh (1901, p.96)、Fisher (1922, p.318) や Davies (1924, p.96) らは、指数算式に投入する必要のある価格として単価を提案した。そして、現在の生産者価格指数の推計においても、価格を単位価格として取り扱われている。IMF/ILO/OECD/ UNECE/Eurostat/World Bank (2004) を参照。

取引されたすべての取引金額 R^t は、(1)式のように定義できる。

$$R_n^t \equiv \sum_{n=1}^N p_n^t q_n^t \equiv p^t \cdot q^t \quad (1)$$

ここで、 $p_n^t \equiv (p_1^t, \dots, p_N^t)$ は、 t 期におけるアウトプット価格ベクトルであり、 $q_n^t \equiv (q_1^t, \dots, q_N^t)$ は、 t 期におけるアウトプット数量ベクトルとなることから、 $p_n^t \cdot q_n^t$ は、2つのベクトルの内積となる。

オフィスまたは商業施設によって生産される産出額（アウトプット）は、主に賃貸可能面積によって決定される。各テナントが支払う家賃は、使用する面積に対して発生している。しかし、建物には、廊下、エレベータ、ビル運営に必要なエネルギー管理のためのスペースや管理事務所なども必要となることから、収益の源泉となる賃貸可能面積は、総面積よりも小さくなる⁹。そうすると、不動産の産出額を測定する場合は賃貸可能面積が重要となるが、建物によって発生するサービスのコストを推計する場合には、総面積を使用することになる。産出額の計算には、駐車スペースから発生する収入など、その他のさまざまな収入源をも加味する必要がある¹⁰。

不動産の家賃が月次または四半期で観測が可能な場合には、経済測定上の問題はないが、リース期間またはその賃貸の使用に対して支払われる家賃の発生が四半期を超えるような場合や、固定費用が使用期間を通じた一括支払いなどが存在する場合には、四半期ごとに割り振りなおす必要がある。

価格指数推計上の課題と概念的な方法を整理しよう。ここで、第0四半期から第1四半期への不動産の収益率の変化を R^1/R^0 として定義する。そうすると、各指数としては、任意の2つの期間の価値比率を、価格変動成分 (P) と数量変動成分 (Q) の積に分解する。そうすると、次のような $4N$ の変数、価格 $P(p^0, p^1, q^0, q^1)$ と数量 $Q(p^0, p^1, q^0, q^1)$ としてあらわすと、(2)式のように定義することができる¹¹。

$$\frac{p^1 \cdot q^1}{p^0 \cdot q^0} = P(p^0, p^1, q^0, q^1) Q(p^0, p^1, q^0, q^1). \quad (2)$$

価格指数が、 $P(p^0, p^1, q^0, q^1)$ として決定されるときには、数量指数 $Q(p^0, p^1, q^0, q^1)$ は、(2)式の残差となる。もし関数形が $P(p^0, p^1, q^0, q^1)$ として与えられたならば、第0期および第1期の価格水準が P^0 および P^1 とすると、0期および第1期の数量は Q^0 および Q^1 となること

⁹ 工場は通常、単一の事業者に賃貸されており、この場合、総床面積は賃貸可能面積とは一致する。

¹⁰ たとえば、建物は、建物の上部にある送電鉄塔や携帯電話の設備を設置したり、看板を設置したりすることから収益を得る場合もある。

¹¹ ここで、 $N = 1$ ならば、 $P(p_1^0, p_1^1, q_1^0, q_1^1) \equiv \frac{p_1^1}{p_1^0}$ 、 $Q(p_1^0, p_1^1, q_1^0, q_1^1) \equiv \frac{q_1^1}{q_1^0}$ となり、それぞれ独立に価格の変化分と数量の変化分を計算することができる。一方、 $N > 1$ の場合には、 $P(p_1^0, p_1^1, q_1^0, q_1^1)$ は、 $\frac{p_1^1}{p_1^0}, \frac{p_2^1}{p_2^0}, \dots, \frac{p_N^1}{p_N^0}$ の加重平均となる。そうすると $P(p_1^0, p_1^1, q_1^0, q_1^1)$ は、 $t = 0, 1$ とにおける P^1/P^0 が価格比となることから、集計指数として解釈することができる。

から、第 3 式が求められる。

$$P^0 \equiv 1; P^1 \equiv P(p^0, p^1, q^0, q^1); Q^0 \equiv p^0 \cdot q^0; Q^1 \equiv \frac{p^1 \cdot q^1}{P(p^0, p^1, q^0, q^1)}. \quad (3)$$

したがって、価格指数 $P(p^0, p^1, q^0, q^1)$ の関数形が決定されると（そして、2つの四半期の詳細な価格と数量のデータが利用可能になると）、アウトプット価格と数量は2つの期間を通じた物価の変動を測定することができる。

2つの期間の価格（および関連する数量）を比較する価格指数 $P(p^0, p^1, q^0, q^1)$ の関数形を決定する方法としては、主に4つの接近法がある。

- 固定バスケットおよび固定バスケットの平均化アプローチ (Fixed basket and averages of fixed basket approaches)
- 公理的アプローチ (The test or axiomatic approach)
- 確率論的アプローチ (The stochastic approach)
- 経済的アプローチ (The economic approach)

である¹²。

統計部局が理想的なターゲットインデックスとして使用する価格指数の算式としては、フィッシャー指数 (P_F) と Törnqvist-Theil 指数 (P_T) といった2つの主要な関数形式がある。これらの2つの指数を定義する前に、統計部局が通常使用している算式から出発する。

物価指数の指数算式の中で最も基本的なものは、固定バスケットアプローチとなる。このアプローチでは、数量ベクトル q によって商品の代表的なバスケットが与えられる。第0期および第1期の価格 p^0 と価格 p^1 がそれぞれ与えられたときに、それぞれの期の購入費用を $p^0 \cdot q$ および $p^1 \cdot q$ として定義できる。そうすると、数量ベクトル q が代表性を持つ場合には、2期間の購入価格の比率は、価格変化をとらえることができることになる。そこで、Lowe (1823) による価格指数の算式では、 P_{Lo} を次のように定義した。

$$P_{Lo}(p^0, p^1, q) \equiv \frac{p^1 \cdot q}{p^0 \cdot q}. \quad (4)$$

しかし、経済学者および指数理論の研究者は、バスケットの数量ベクトル q に関して、一層の正確さを要求するようになっていく。参照するバスケットには、第0期の数量ベクトル q^0 または第1期の数量ベクトル q^1 のどちらを利用するのかという選択問題が出てくる。これらの数量ベクトルの選択において、(5)式で定義される Laspeyres (1871) 価格指数 (P_L) と(6)式で定義される Paasche (1874) 価格指数 (P_P) が代表的である¹³。

¹² 詳細はIMF/ILO/OECD/UNECE/Eurostat/The World Bank (2004) を参照されたい。

¹³ $P_L(p^0, p^1, q^0, q^1)$ は、実際には q^1 を参照することはなく、 $P_P(p^0, p^1, q^0, q^1)$ もまた q^0 に依存しないことに注意が必要である。

$$P_L(p^0, p^1, q^0, q^1) \equiv \frac{p^1 \cdot q^0}{p^0 \cdot q^0} = \sum_{n=1}^N s_n^0 (p_n^1/p_n^0); \quad (5)$$

$$P_P(p^0, p^1, q^0, q^1) \equiv \frac{p^1 \cdot q^1}{p^0 \cdot q^1} = \left[\sum_{n=1}^N s_n^1 (p_n^1/p_n^0)^{-1} \right]^{-1} \quad (6)$$

s_n^t は、商品 n に対する t 期の支出シェアを意味し、 $n = 1, \dots, N$ および $t = 0, 1$ としたときに、 $p_n^t q_n^t / p^t \cdot q^t$ として定義される。つまり、ラスパイレス指数 (P_L) は、 N 個の価格比または相対価格 (p_n^1/p_n^0) の基準期の支出シェアの加重平均 ((5)式) として記述できる¹⁴。一方、パーシェ指数 (P_P) は、 N 個の価格比の第1期 (または現在の期間) の支出シェアの加重調和平均となる¹⁵。

これらの指数算式は、計算もしやすくわかりやすいが、正確に物価の変化をとらえることはできない。ラスパイレス指数も、パーシェ指数も、数量を固定したうえで価格指数を計算しているが、価格と数量との間には、一般的には代替関係が存在する。このような問題に対応するために、理想的な指数算式の一つとして定義される Fisher (1922) 指数 (P_F) が提案された。

$$P_F(p^0, p^1, q^0, q^1) \equiv [P_L(p^0, p^1, q^0, q^1) P_P(p^0, p^1, q^0, q^1)]^{1/2}. \quad (7)$$

また、Törnqvist-Theil 指数 (P_T) もまた、ラスパイレス指数やパーシェ指数が持つ問題に対応している。Theil (1967, p.137) は、確率論的または記述論的アプローチから、指数理論の正当化をしており、その指数理論に対する貢献は大きい。Törnqvist-Theil 指数 (P_T) は、次のように定義される。

$$\ln P_T(p^0, p^1, q^0, q^1) \equiv \sum_{n=1}^N \frac{s_n^0 + s_n^1}{2} \ln(p_n^1/p_n^0). \quad (8)$$

(8)式をべき乗することで、(9)式を得ることができる¹⁶。

$$P_T(p^0, p^1, q^0, q^1) \equiv \prod_{n=1}^N (p_n^1/p_n^0)^{\frac{s_n^0 + s_n^1}{2}} \quad (9)$$

フィッシャー指数 (P_F) は、公理的および経済的アプローチの視点からは正当化される一方、Törnqvist-Theil 指数 (P_T) は、公理的または確率的および経済的アプローチの観点か

¹⁴ Walsh (1901, p.428 and p.539) を参照されたい。

¹⁵ パーシェ価格指数のこの支出シェアと価格比との関係については、Walsh (1901, p.428) によって紹介された。そして、Fisher (1911, p.365) によって明示的に導出された。

¹⁶ 米国統計局 (The U.S. Bureau of Labor Statistics) では、消費者物価指数の高次の集計において、同手法が採用されている。

ら支持される¹⁷。これら 2 つの指数の優位性を判定することは困難であるが、実際に計算してみると、この 2 つの指数算式から計算される価格指数は近似される。そのため、統計部局は、実際の指数の計算においてどちらの指数算式を採用しても良いことがわかる¹⁸。

以上の指数算式に関する概念的な整理は、商業不動産における複数の用途から発生する複数の収益流れを集約していく上での手順を示している。つまり、一般的な生産者価格指数の計算において行われている 2 段階の集計手続きにより、複数の用途にまたがる不動産から発生する収益を集計することで、商業不動産価格指数が計算することができる¹⁹。例えば、もっとも一般的な商業不動産としては、大きく 3 つのグループに分類される。

- オフィス
- 商業施設
- 工場および物流施設

不動産は、さらに場所や建物の規模や品質などによっても分類されることがある。その場合には、 $n = 1, \dots, N$ の不動産の種別があると考えればよい。

不動産市場の問題としては、不動産の個性性が強く、かつ市場での取引が極めて薄いと問題がある。前者の問題については、第 5 節で品質補正の問題として取り上げることとするが、欠損が存在した場合の集計問題を、ここで取り上げておきたい。

四半期指数として計算しようとした場合、特定のサブセクター (n) での価格情報が欠落してしまうことがある ($p_n^t = 0$)。これらのゼロ成分は、0 の対数が無限であるため、Törnqvist-Theil 指数 (P_T) が正しく計算できない²⁰。この問題への対応方法としては、通常、個々のアウトプットの数量 (q_n^t) は一定であるため²¹、すべての連続する期間において収益が発生しているかどうかは関係なく、 $n = 1, 2, \dots, N$ において $q_n^0 = q_n^1$ を仮定することができる。このような条件を置くことで、ラスパイレス、パーシェ、またはフィッシャー型の価格指数は計算が可能となる。指数計算の出発点となる、数量を q とした Lowe 指数 (P_{Lo}) は、 $P_{Lo}(p^0, p^1, q) \equiv p^1 \cdot q / p^0 \cdot q$ として計算ができる。これらの条件下で、 P を P_L, P_P 、または P_F のいずれかにすると、(3)式から、第 0 四半期と第 1 四半期の価格と数量のレベルは、次のように定義できることがわかる。

$$\begin{aligned} P^0 &\equiv 1; P^1 \equiv P(p^0, p^1, q^0, q^1) = R^1/R^0 = p^1 \cdot q^1/p^0 \cdot q^0; \\ Q^0 &\equiv p^0 \cdot q^0; Q^1 \equiv p^0 \cdot q^0 = Q^0. \end{aligned} \tag{10}$$

したがって、物価指数 $P(p^0, p^1, q^0, q^1)$ は、ラスパイレス、パーシェ、またはフィッシャー

¹⁷ ILO (2004) を参照されたい。

¹⁸ Diewert (1978, p.888) は、 $P_T(p^0, p^1, q^0, q^1)$ が P_F を同じ価格と数量において 2 次近似することを示した。ただし、Diewert の結果は、すべての価格と数量が正であるという仮定を置く。

¹⁹ IMF/ILO/OECD/UNECE/Eurostat/The World Bank (2004) を参照されたい。

²⁰ (5)式および(6)式で定義されたラスパイレスおよびパーシェ指数においても、一部の価格がゼロの場合、指数が正確に計算できないことがある。

²¹ もし不動産をリノベーションしている間に、当該部分が空室となったとしても、それは品質調整問題として対応ができる。

の指数式を使用すると、収益比率 R^1/R^0 とすることができる。そうすると、収益が観察されないような空室問題は、商業用不動産のアウトプット価格指数の作成には、Törnqvist-Theil 指数 (P_T) ではなくフィッシャー指数 (P_F) を使えば良いということになる。

3. 不動産の投入（インプット）価格指数

ここでは、不動産からの産出としての収益を生成するために必要な投入（インプット）について考えてみよう。まず、 $t = 0, 1$ における商業不動産によって使用する投入財の価格と数量について考える。商業不動産においてサービスを生産するために必要となる M 種類の投入財を想定する²²。 p_{im}^t は、 t 期における投入物 m の単位価格であり、 q_{im}^t はそれに対応した数量となる ($m = 1, 2, \dots, M$) ²³。投入財としては、下記のもの挙げられる。

- 燃料油、石炭、天然ガスなど、建物の冷暖房に使用される投入物
- 電気
- 通信
- クリーニング
- メンテナンス、補修
- 保険サービス。
- セキュリティサービス
- 管理および法務サービス

などである。

国民経済計算および全要素生産性の計算では²⁴、これらの非耐久財の投入は、中間投入または労働投入としてさらに分類される。また、保険サービス、セキュリティサービス、管理および法務サービスといった投入物は、これらのサービスが商業不動産の運営会社の従業員によって提供される場合においては、労働投入として扱われる可能性もあるし、契約の種類によっては中間投入として扱われることもあることに注意をしないといけない。

M 種類の投入財による投入型（インプット）価格指数の計算は、前節で整理したアウトプット価格指数の計算と同じ手順によって計算することができる。そうすると、 t 期における投入財の費用を C^t とすると、次のように定義することができる。

$$C^t \equiv \sum_{m=1}^M p_{im}^t q_{im}^t \equiv p_I^t \cdot q_I^t \quad (11)$$

²² 国民経済計算においては、投入財としては、中間投入財と労働投入について考える。一方、不動産経済学の教科書では、このような投入財は、運営費用 (Operating Expenses) として定義されている (Geltner et al. 2014, p.236)。

²³ 本節では、前節のアウトプット価格および数量と識別するために、インプット価格および数量にサブスクリプトとして I を追加した。

²⁴ 全要素生産性の測定に関しては、Jorgenson and Griliches (1967)、Christensen and Jorgenson (1973)、Diewert (1980, 1992)、Schreyer (2001, 2009) を参照されたい。

ここで $p_t^t \equiv (p_{t1}^t, \dots, p_{tM}^t)$ は t 期における投入財（インプット）の価格ベクトルであり、 $q_t^t \equiv (q_{t1}^t, \dots, q_{tM}^t)$ はそれに対応した数量ベクトルとなる。そうすると、 $p_t^t \cdot q_t^t$ は、これら 2 つのベクトルの内積となる。

そうすると、第 0 期から第 1 期への不動産の可変費用の比率の変化は、 C^1/C^0 として表すことができる。このように投入費用比率の変化は、投入価格 (P_I) の変化と数量 (Q_I) の変化に分解することができる。そうすると、 $P_I(p^0, p^1, q^0, q^1)$ と $Q_I(p^0, p^1, q^0, q^1)$ から、次のように定式化ができる。

$$\frac{p_I^1 \cdot q_I^1}{p_I^0 \cdot q_I^0} = P_I(p_I^0, p_I^1, q_I^0, q_I^1) Q_I(p_I^0, p_I^1, q_I^0, q_I^1). \quad (12)$$

つまり、価格指数関数が $P_I(p_I^0, p_I^1, q_I^0, q_I^1)$ として決定されれば、数量指数は(12)式から残差として $Q_I(p_I^0, p_I^1, q_I^0, q_I^1)$ として決定することができる。また、 $P_I(p_I^0, p_I^1, q_I^0, q_I^1)$ の関数形が既知であれば、(12)式から第 0 期から第 1 期の集計された価格レベルが P_I^0 および P_I^1 として、集計された投入物の数量の水準は Q_I^0 および Q_I^1 として決定することができるため、次のように定式化ができる。

$$P_I^0 \equiv 1; P_I^1 \equiv P_I(p_I^0, p_I^1, q_I^0, q_I^1); Q_I^0 \equiv p_I^0 \cdot q_I^0; Q_I^1 \equiv \frac{p_I^1 \cdot q_I^1}{P_I(p_I^0, p_I^1, q_I^0, q_I^1)}. \quad (13)$$

そうすると、前節で整理したように、(7)式または(8)式として定義したフィッシャー指数算式または Törnqvist-Theil 指数算式が $P_I(p_I^0, p_I^1, q_I^0, q_I^1)$ の関数形の選択においては好ましいことがわかる。

実際の計算においては、アウトプット価格指数の計算の場合と同様に、第 0 期と第 1 期の特定の投入財の購入がゼロになるという問題に直面することになる²⁵。可変費用の購入数量は、期間を通じて一定という仮定を置くことはできないために、アウトプット価格指数の推計において選択した対処法は利用することができない。

そこで、1 つの期間中に投入財の購入がゼロになるという問題への対応を考えるために、第 0 期における特定の投入財の単位価格を p_m^0 、数量を q_m^0 としたときに、当該投入財が第 1 期には購入されないと仮定する。そうすると $p_m^1 = 0$ および $q_m^1 = 0$ とすると、フィッシャー指数および Törnqvist-Theil のインプット価格指数は、正常な指数として計算することができないことは容易に予想できる。

そうすると、時間にも頑健な安定した投入財（インプット）の価格指数を計算するためには、欠損値となる p_m^1 に、正の価格を代入することで解決するという方法が考えられる。

²⁵ 投入財 m が第 0 四半期と第 1 四半期の両方で購入されていない場合は、この投入財は投入リストから単純に省略することができるために、その他の投入財に関しては通常の指数計算が適用できる。問題は、どちらか一方での購入量がゼロの場合となる。

その代入する値の決定には、少なくとも3つの選択肢がある²⁶。

- p_m^1 を p_m^0 として、前の期の価格をそのまま利用する。もっとも単純な方法となる。
- 第1期において、その取引がなかったとしても、第1期における価格 p_m^1 を調査する。
- 第0期から第1期にかけての投入財 m の価格変化率は、類似の製品または製品クラスの利用可能な価格指数の変化率と同じであると想定する。したがって、価格指数のレベルが第0期に P_{CF}^0 、第1期に P_{CF}^1 であったときに、第1期の投入財 m の帰属価格 p_m^1 を $p_m^0[P_{CF}^1/P_{CF}^0]$ と等しいと仮定する。

第1番目の方法は、インフレ率が高い時には、利用することができない²⁷。第2番目の方法が推奨されるが、市場において価格調査する場合には、非常にコストがかかることがある²⁸。第3番目の方法もまた指数推計上の課題は少ないが、製品分類ごとの価格指数が利用可能でなければならないという問題がある。

以上のインプット価格指数を取り巻く一連の整理は、不動産においてサービスを生産していく上で必要な耐久性のない可変費用のみを対象としていた。しかし、実際の不動産の所有またはそれを使用およびサービスの生産には、次の3つの追加的な投入費用が存在する。

- 四半期ごとの固定資産税の支払い
- 四半期ごとの事業所税の支払い
- 四半期ごとの損害保険の支払い
- 金銭取引を行い、金融機関のサービスを利用することに伴い発生する四半期ごとの直接および間接的な費用

である。

これらの費用は、国民経済計算において、不動産部門の実際の産出額（アウトプット）と投入額（インプット）を計算するために、価格と数量の要素に分解しなければならない。しかし、その計算は困難であることから、それぞれの国において、代替的な方法によって推計しているというのが実際である。中でも重要となるのが、不動産が土地と建物から構成されているために、それぞれに付随する費用をどのように分解していくのかということである²⁹。この問題については、次節以降において検討する。

²⁶ ここで紹介するインピュテーション法以外の方法は、Diewert（1980, p.498-501）および Feenstra and Diewert（2001）で提案されている。

²⁷ インフレ率が高い時期に、このような推計を繰り返し利用していくと、投入財が購入されていない期間を通じて、投入コストを過小評価することとなり、その投入財が再び市場で取引されたときに、指数が大きくジャンプしてしまうという問題に直面する。

²⁸ 指数理論を研究する研究者は、収益とコストに関する建物レベルのデータにアクセスできると想定する。ここでいうコストとは取引単位で記録されたデータを想定している。しかし、多くの場合、四半期ごとの不動産管理会社が報告してくる会計上のデータのみが利用可能であり、投入財の分類ごとの平均価格は通常利用できないことのほうが多い。

²⁹ 費用の計上において最も分類が難しいのが資金的支出の扱いである。

4. 不動産価格の決定構造

国民経済計算計算 (SNA) では、土地と建物を区分していくことが求められている。しかし、従来の不動産価格の測定を取り巻く研究においては、市場で観察可能な不動産の価格形成メカニズムの解明や指数化に対して注力され、この問題に対しての研究はほとんどなされてこなかった (Fisher et al. 2007; Bokhari and Geltner 2012; Grtner et al. 2014, pp.635–644)。

不動産の資産価値を土地と建物の構成要素に分解することは極めて困難である。そこで、この問題を考える前に、建物の固定性を考慮して、不動産の価値の決定要因について整理しておく。

ここで、特定の不動産に対する投資を想定したモデルを考える。ある投資家が、第 0 期の終わり (または第 1 期のはじめ) に商業用不動産の建物を購入し、同じ時期にすぐに入居できる新しい建物を建設したと想定する³⁰。

第 1 期の最初に建物の実際の総コストを投資家は知っており ($C_S^0 > 0$)、第 1 期のはじめの土地の機会費用を $V_L^0 > 0$ とする。そうすると、不動産に関する第 0 期の総費用 (C^0) は、次のように定義できる。

$$C^0 \equiv C_S^0 + V_L^0. \quad (14)$$

時間は離散的に $t = 0, 1, 2, \dots$ とすると、 t 期 ($t = 1, 2, \dots$) の終わりの土地の価格を V_L^t と一般化できる。そうすると、投資家は、建物の利用を前提とした土地の価格変動について正確な期待インフレ率を形成することができるものとする。このような各期の地価を期待インフレ率を i_t として定義する。そうすると、 t 期の土地価格を V_L^t 、インフレ率を i_t とすると、すべての期に対して、 $1 + i_t > 0$ を仮定することで、 V_L^t について次のように定式化ができる。

$$V_L^t = (1 + i_1)(1 + i_2) \cdots (1 + i_t)V_L^0; \quad t = 1, 2, \dots \quad (15)$$

投資家が直面する第 t 期の初期の資本コストは、 $r_t > 0$ ($t = 1, 2, \dots$) とする。そして、建物から期待される第 t 期 ($t = 1, 2, \dots$) の終わりの純収益 (Net Operating Income : NOI) またはキャッシュフローを $N^t \geq 0$ とする (Peasnell 1981; Diewert 2005, p.485)³¹。そうすると、投資家が必要とする情報は、下記の通りである。

- 第 t 期の初期の建築費用 : C_S^0
- 第 t 期の期末の土地価格 : V_L^t
- 期中の土地のインフレ率 : i_t

³⁰ 通常、建物のキャッシュフローに関する情報は四半期 (または年次) ベースでしか入手できないため、実際に測定しようとした場合には、各期間の長さは通常 4 分の 1 になる。

³¹ 不動産実務では、キャッシュフローとは、純収益から資本的支出を差し引いたものとして定義されている (Geltner et al. 2014, p.231)。 N^t は、 t 期のキャッシュフローとして定義できる。

- 期中の利率： r_t
- 第 t 期の期末の純収益（キャッシュフロー）： N^t

これらの変数が、不動産の資産価値を決定する。これらの情報を用いることで、投資家は期中の資産価値を最大化するように行動するものと仮定する。このような仮定の問題は、第 t 期の期末に建物を取り壊すことを想定しているために、建物価値はゼロになり、残存価値は土地 (V_L^t) だけと想定していることである³²。そこで、投資家にとっての期待投資価値の現在価値 (Π^t) を次のように定義する。

$$\Pi^t \equiv -C_S^0 - V_L^0 + \alpha_1 N^1 + \alpha_2 N^2 + \dots + \alpha_t N^t + \alpha_t \beta_t V_L^0; \quad t = 1, 2, \dots \quad (16)$$

ここで α_t と β_t を、

$$\begin{aligned} \alpha_1 &\equiv (1 + r_1)^{-1}; \quad \alpha_t \equiv (1 + r_t)^{-1} \alpha_{t-1} \quad \text{for } t = 2, 3, \dots; \\ \beta_1 &\equiv (1 + i_1); \quad \beta_t \equiv (1 + i_t) \beta_{t-1} \quad \text{for } t = 2, 3, \dots \end{aligned} \quad (17)$$

と定義する。

そうすると、 Π^t は、不動産が第 1 期から第 t 期にわたって産み出すと予想される割引キャッシュフロー ($\alpha_1 N^1 + \alpha_2 N^2 + \dots + \alpha_t N^t$) の合計に対して、第 t 期の終わりの土地の割引現在価値 ($\alpha_t \beta_t V_L^0 = \alpha_t V_L^t = (1 + r_1)^{-1} (1 + r_2)^{-1} \dots (1 + r_t)^{-1} V_L^t$) から、第 1 期の期首に建物の初期費用 (C_S^0) と土地の初期費用 (V_L^0) を引いた金額となる。 Π^t は、期中 ($t : T \geq 1$) を通じて連続的に発生し、投資家はその利潤を最大化するように行動するとともに、 Π^t は非負であると仮定する³³。

$$\Pi^T \equiv -C_S^0 - V_L^0 + \alpha_1 N^1 + \alpha_2 N^2 + \dots + \alpha_T N^T + \alpha_T \beta_T V_L^0 \geq 0. \quad (18)$$

ここで T は、建物の内生的に決定される期待寿命ということになる。しかし、期待寿命は、老朽化や会計上の耐用年数によって決定されるものでないことに注意が必要となる。つまり、不動産の建物の取り壊しは、建物の損耗による物理的劣化によって外生的に決定されるものではなく、内生的に意思決定されるものであることを意味する³⁴。建物の取り壊しの決定は、建物によって生成されるキャッシュフローの異時点間の変化と、期中の土地価格の変動にも影響を受ける³⁵。このような一連の整理は、従来の不動産経済学や不動産フ

³² 資産価格は、Walras (1954) が示したように、将来において発生する収益の割引現在価値として決定される。このような枠組みを不動産評価においても適用できるが (Geltner et al. 2014, p.204)、初期に設定された固定的な期間を前提とする代わりに、(15)式で定義しているように、異時点間の利潤最大化問題として設定することにする。

³³ (18)式の仮定は、この不等式が満たされない限り、投資家はプロジェクトに参加しないことを前提とした Cairns (2013, p.639) の仮定を前提としている。この参加制約は、プロジェクトの割引キャッシュフローは投資価値が負になった場合でも家賃またはユーザーコストとして回収するという前提を置いている。

³⁴ 建物の劣化はキャッシュフローに影響するが、需給状況にも強い影響を受けるために、建物の物理的劣化だけでは取り壊しが決定されるわけではないことを指摘している。

³⁵ 土地のインフレ率が高い場所にある建物は、土地のインフレ率が低い場所にある建物よりも寿命が短くなる傾向がある。

ファイナンスの一連の研究分野における建物寿命や経年減価を取り巻く研究では考慮されてこなかった点である³⁶。

それでは、ここで建物の生存時間と経年減価率について考える。建物 T の最適な寿命が決定され、投資収益の非負条件が成立しているものとする。不動産の投資プロジェクトの期末の資産価値 (A^t) は次のように定義できる³⁷。

$$\begin{aligned}
 A^0 &\equiv \alpha_1 N^1 + \alpha_2 N^2 + \dots + \alpha_T N^T + \alpha_T V_L^t; \\
 A^1 &\equiv (1+r_1)[\alpha_2 N^2 + \dots + \alpha_T N^T + \alpha_T V_L^t]; \\
 A^2 &\equiv (1+r_1)(1+r_2)[\alpha_3 N^3 + \dots + \alpha_T N^T + \alpha_T V_L^t]; \\
 &\dots \\
 A^{T-1} &\equiv (1+r_1)(1+r_2)\dots(1+r_{T-1})[\alpha_T N^T + \alpha_T V_L^t] \\
 &= (1+r_T)^{-1}(N^T + V_L^t); \\
 A^T &\equiv V_L^t.
 \end{aligned} \tag{19}$$

つまり、第 t 期の期末 ($t+1$ 期の期首に等しい) では、期待資産価値 A^t は、 $t+1$ 期から T 期間を通じて発生するキャッシュフロー、 N^{t+1} から N^T の割引現在価値と $t+1$ の期首に予想した T 期の終わりの土地の割引現在価値 ($(1+r_{t+1})^{-1}(1+r_{t+2})^{-1}\dots(1+r_T)^{-1}V_L^t$) の合計と等しくなる。

(19)式の T 期の期末の資産価値を、第 t 期の資産価値 A^t と期間 t のキャッシュフロー N^t の間に次の関係を与えることができる。

$$\begin{aligned}
 N^t &= (1+r_t)A^{t-1} - A^t \quad t = 1, \dots, T \\
 &= r_t A^{t-1} + (A^{t-1} - A^t) \\
 &= r_t A^{t-1} + \Delta^t
 \end{aligned} \tag{20}$$

ここで、 $r_t A^{t-1}$ は、期間 t の開始時に投資プロジェクトで想定された資本の機会費用を反映しており、 Δ^t は、プロジェクトの期間 t の期待資産価値の変化を意味する³⁸。

$$\Delta^t \equiv A^{t-1} - A^t; \quad t = 1, \dots, T. \tag{21}$$

³⁶ Baum (1991, p.59) および Dixon et al. (1999, p.162) では、経年減価または減価償却の主な原因として、建物の物理的劣化と陳腐化を区別した (時間の経過とともに建物の価値が低下する)。ここで指摘しているのは、陳腐化を促進するのは、キャッシュフローの低下に伴う土地の価格の下落である。Dixon, Crosby and Law (1999, pp.168-170) はまた、賃料の減少 (つまり、建物の老朽化に伴う純営業利益の減少) が建物の減価をもたらしていることを指摘している。Crosby et al. (2012) は、英国の商業不動産の賃料の経年減価について資本的支出を加味して分析している。これらの一連の研究では、土地についても時間の経過に伴い減価するという仮定を置くために、経年減価率は過小評価されてしまっていると言える。

³⁷ この定式化では、各期間 t の終わりに、期間 t のキャッシュフロー (N^t) が不動産の所有者に分配されることを暗黙的に想定している。

³⁸ (20)式から、 $\Delta^t = N^t - r_t A^{t-1}$ と変換ができ、キャッシュフロー N^t の変化率 Δ^t を大きくすることがわかる。 t の変化率が大きくなると、 r_t と A^{t-1} は相対的に小さくなる。

(20)式の右辺の式は、従来の資本の使用者コスト（ユーザーコスト）の式に類似していることがわかる（Jorgenson 1963, 1989）。また、Diewert（2009, p.3）は、商業不動産のような建物の減価償却を測定することは、中古市場が小さいために困難であると指摘している。ここで、 $N^{t*} \geq 0$ ($t = 1, 2, \dots, T$) とすると、減価償却は、次のように定義できる。

$$\alpha_1 N^{1*} + \alpha_2 N^{2*} + \dots + \alpha_T N^{T*} = C_S^0 + V_L^0. \quad (22)$$

N^{t*} は、 t 期 ($t = 1, 2, \dots, T$) の終わりに、不動産の保有者に対して支払われるキャッシュフローである。(12)式で示したように、初期の開発費用 ($C_S^0 + V_L^0$) を開発期間 (T) を通じて配分されていくことになるため、 N^{t*} は、各期に分配される現在価値となる。そして、サンクコストもまたきわめて不確実ではある（Schmalensee 1989, pp.295–296; Diewert 2009, p.9）。

また、 $\Pi^T = 0$ の場合にも、次のように時点間をまたがる関係が満たされることになる。

$$N^{t*} \equiv N^t \text{ for } t = 1, 2, \dots, T - 1 \text{ and } N^{T*} \equiv N^T + V_L^T. \quad (23)$$

そのため、 $\Pi^T = 0$ であり、 t 期のキャッシュフロー N^t が各 t 期の終わりに所有者に分配され、投資期間 T の終わりに土地の市場価値 (V_L^T) も所有者に対して分配される場合、期中を通じて発生するキャッシュフローを含む収益の現在価値は、初期の費用と等しくなる。 Π^T が、正である一般的なケースでは、(23)式で定義される収益分布は、(19)式で定義される期末資産価値 (A^t) と(21)式で定義する減価償却も含む資産価値の変化分 (Δ^t) と一致する。

Diewert (2009, pp.9–10) および Cairns (2013, pp.640–641) によって示されたように、 t 期の期末の不動産の市場価値は、(19)式で示したように A^t となるため（予想が実現された場合）、(21)式で定義される投資期間を通じての減価償却率が一意に決定される。つまり、(21)式で定義された Δ^t は、投資期間を通じて全体の時間的な減価償却の配分の合計として解釈できる。 $\Pi^T = 0$ の場合には、 t 期のキャッシュフロー (N^t) は、 t 期の資産価値のユーザーコストとなる³⁹。

しかし、SNA のストック勘定では、総資産値 A^t を土地と建物の構成要素に分解する必要がある。そして、生産性の測定においてもユーザーコストの推計では、 N^t を同様に、土地と建物の構成要素に分解しなければならない。次節においては、この分解問題を考える。

5. ビルダーズモデルによる不動産価格の土地・建物要素への分解

ある特定の場所に T 期間にわたって存在する、 N 種類の用途にまたがる不動産について考える。第 t 期の期首に、 n 種類にまたがる用途から発生する収益に基づき資産価値 (V_{tn}) が決定される。このように観察される不動産の資産価値 (V_{tn}) は、土地と建物が一体となって形成されていることから、不動産の資産価値は土地の価値の合計と建物の価値の合計

³⁹ $\Pi^T > 0$ の時は、 N^t は、利益が含まれることからユーザーコストと一致しない。

として定義する。ここでは、不動産の資産価値を土地の寄与分と建物の寄与分に分解する方法として提案された「ビルダーズモデル」を紹介する⁴⁰。

実際の推計においては、単純化のために第 t 期の単一用途の不動産価格（不動産 i の価格を V_{it} とする）を考える。

ビルダーズモデルは、価格指数の推計における品質調整手段として用いられるヘドニック価格法を出発点としている。不動産には、同一の財が存在しないという特性を持ち、同じ場所にあっても建物が異なれば価格が変わり、同じ建物であっても立地が変われば価格が異なるという強い不均一性を持つ。そのような中で、品質補正をして品質一定の価格指数（constant quality index）を推計するためのもっとも有力な方法として、ヘドニック法が用いられている。

最も標準的なヘドニックモデルは、時間効果を時間ダミーによって吸収する方法である（Shimizu et al. 2010）。中でも市場で観察されるデータは、中古市場で取引された価格情報が多く含まれるために、減価償却、つまり経年減価をどのように配慮するのかといった問題は、品質補正における課題として多くの先行研究がある。

まず全ての取引期（ $t = 1, 2, \dots, T$ ）について、不動産の価格と属性の情報が観察できているものとする。この時、 t 期の不動産 n の価格を V_{nt} とし、土地価格 L_n と建物部分の品質に関する部分 K_{nt} とすると、

$$V_n = p_n L_n^\alpha K_{nt}^\beta \quad (24)$$

のように Cobb-Douglas 型関数として表すことができる。そうすると、 p_t は品質調整済み不動産価格指数となり、 α 、 β は推計すべき正のパラメータである。その上、建物価格は一般的に幾何学的に減価すると仮定されるため、 t 期における建物価格は、

$$K_{nt} = S_n \exp(-\delta A_{nt}) \quad (25)$$

と書き表すことができる。ここで、 S_n は建物部分の延べ床面積、 A_{nt} は取引期 t における建築後年数、 δ は 0 ~ 1 の間の値をとるパラメータである。

ここで、(25)式を(24)式に代入し、両辺の対数をとると

$$\ln V_{nt} = \ln p_t + \alpha \ln L_n + \beta \ln S_n - \beta \delta A_{nt} \quad (26)$$

を得る。これにさらに、 L_n と K_{nt} 以外の物件の属性ベクトルを x_n 、誤差項を ε_{nt} として加えると、

$$\ln V_{nt} = \alpha \ln L_n + \beta \ln S_n - \beta \delta A_{nt} + \gamma' x_n + d_t + \varepsilon_{nt} \quad (27)$$

⁴⁰ 本節は、Diewert and Shimizu (2017, 2019) に基づくものである。ビルダーのモデルは、Eurostat (2012)、および Diewert and Shimizu (2015, 2017) によって住宅市場を対象とした研究がある。住宅モデルでは減価償却の関数として、線形または区分的線形減価償却モデルを使用した。Diewert and Shimizu (2017, 2019) では、複数の減価償却モデルを適用している。

が得られる。ここで、 γ は物件属性 x_n の係数（列ベクトル）、 d_t は $\ln p_t$ で表されていた時間ダミーであり、誤差項 ε_{it} は互いに独立な正規分布に従う。

(27)式の計算を実行すると、時間ダミーに関する係数が得られる。一般的に、 $d_0 = 0$ と規格化し、得られた d_2, \dots, d_T が品質調整された価格指数となる。そのため、最終的に得られる価格指数は $I^{HD} \equiv \{\exp(0), \exp(d_1), \dots, \exp(d_T), \}$ となる。また、 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ は全て推計できる。

しかし、このような一般的なヘドニック法では、例えば Shimizu et al. (2010) のように、減価償却を建物だけに発生するという定式化の工夫をしたとしても、不動産価格を土地の成分と建物の成分に分解することはできない。一般に、ヘドニック価格指数は、需要者の付け値関数と供給者のオファー関数との接点から形成される市場価格関数を求めるものであるため、理論的にも整合しない。

一方、不動産を投入・産出（input-output）の枠組みで生産関数としてとらえれば、土地と建物を投入し、不動産のキャッシュフローまたはそれに基づく価値が生成されると仮定することができることは、本稿の一連の議論からも明らかである。このような生産関数の枠組みで提案された推計方法が、「ビルダーズモデル」である。具体的には、土地の総額と、建物の総額を足したものが不動産の価値総額になっているという定式化から出発する。

生産関数の視点から、デベロッパー行動について考えてみる。建物が完成した後の総費用は、建物の延べ床面積 (S) × 単位面積当たりの建築費 (β_t) と土地の面積 (L) × 単位面積当たりのコスト α_t に等しい。ここで β_t, α_t は四半期ごとに変化する係数である。ここで第 t 期において、延べ床面積 S_{tn} 、土地面積 L_{tn} で価格が V_{tn} であるような不動産を考える（ただし、 $n = 1, \dots, N(t)$ であり、 $N(t)$ は時点 t におけるサンプル数を表している）。この時、これらの価格が土地と建物価格の総和に誤差項 (ε_{tn}) を加えたものに等しいとする（ただし、 ε_{it} は互いに独立な正規分布に従う）。すると、第 t 期におけるパラメータ α_t と β_t は次式のようなヘドニック回帰モデルとして表現できる。

$$V_{tn} = \alpha_t L_{tn} + \beta_t S_{tn} + \varepsilon_{tn} \quad t = 1, \dots, T; n = 1, \dots, N(t) \quad (28)$$

(28)式は第 t 期の n 不動産における土地面積 (L_{tn}) と建物の延べ床面積 (S_{tn}) という面積と、第 t 期における土地の平米単価 α_t と建築コストの平米単価 β_t という品質調整済み価格から成立していると考えられる。(28)式によって定義される推計モデルは、新築の場合に相当している。

しかし、一般的に、市場では中古物件が多く取引される。中古物件は、経年減価によって新築物件よりも価格が低下していることが多い。そこで、物件 n の取引期 t における建築後年数 $A(t, n)$ が分かっているならば、減価モデルを仮定することで、(28)式は(29)式のように変換することができる。

$$V_{tn} = \alpha_t L_{tn} + \beta_t (1 - \delta)^{A(t, n)} S_{tn} + \varepsilon_{tn} \quad t = 1, \dots, T; n = 1, \dots, N(t) \quad (29)$$

ここで(29)式のパラメータ δ は経年減価率を表す。

ただし、(29)式で定義された推計モデルでは、土地と建物の面積が比例することが多いため、多重共線性の問題に直面する。そこでこの問題を避けるために、新築建物の価格の初期値として1平米あたりのオフィスビルの建築コスト (PS_t) を用いる。そうすると、(30)式のように定義することができるために、容易に土地と建物を分離が可能となる。このモデルが最も基本的なビルダーズモデルとなる。

$$V_{tn} = \alpha_t L_{tn} + PS_t(1 - \delta)^{A(t, n)} S_{tn} + \varepsilon_{tn} \quad t = 1, \dots, T; n = 1, \dots, N(t) \quad (30)$$

ここで、実際のデータを用いた推計例を紹介する。具体的には、東京都心5区のオフィス市場における商業不動産の取引価格を用いた推計例を示す。データとしては、国土交通省によって整備されている2005年第1四半期から2015年第1四半期までの取引価格データを用いる。変数の一覧を図表2にまとめた。

図表2. 分析に使用する変数一覧

Symbols	変数	単位
V	取引価格	百万円
L	土地面積	m ²
S	建物面積	m ²
A	建物年齢	年
H	建物階数	階
DS	最寄駅までの距離	分
TT	都心までの時間	分

まずは、(27)式の x_n に属性の変数として、「建物階数 (H)」、「最寄駅までの距離 (DS)」、「都心（東京駅）までの時間 (TT)」を追加する。そうすると、推計モデル式として、(31)式が得られる。

$$\ln V_{nt} = \alpha \ln L_n + \beta \ln S_n - \beta \delta A_{nt} + \gamma_1 H + \gamma_2 DS + \gamma_3 TT + d_t + \varepsilon_{nt} \quad (31)$$

Diewert and Shimizu (2017, 2019) では、(31)式を出発点としてモデルを拡張している。ここで重要になるのが、価格を差別化している価格形成要因が、土地価格に影響を与える部分と建物価格に影響を与えるものを識別しないといけないことである。例えば、「建築後年数」、つまり減価償却は建物には発生するが、土地には発生しない。「最寄り駅までの時間」や「都心（東京駅）までの時間」によって不動産価格が変化することは容易に予想されるが、土地価格は変化しても建物価格は変化しない。つまり、このような立地要因は土地価格だけに影響を与えるものとして考えなければならない。最終的な推計モデルとして、次のモデルを設定している。

$$V_{tn} = \alpha_t \left(\sum_{j=1}^4 \omega_j D_{W,tnj} \right) \left(\sum_{m=1}^5 \chi_m D_{EL,tnm} \right) (1 + \mu(H_{tn} - 3))(1 + \eta(DS_{tn} - 0))$$

$$\times (1 + \theta(TT_{tn} - 1)) f_L(L_{tn}) + p_{St} g_A(A_{tn}) \left(\sum_{h=3}^{10} \varphi_h D_{H,tnh} \right) S_{tn} + \varepsilon_{tn}; \quad (32)$$

新しく追加されている「 $D_{W,tnj}$ 」は、「地域ダミー」であり、都心5区を対象としていることから、千代田、中央、港、渋谷、新宿の区の違いを識別している。このような立地要因は、「最寄り駅までの距離」や「都心までの時間」と同様に土地の価値だけに影響を与えている。そして、建築後年数 (A) は建物に対してのみ影響をもたらすものと想定している (Diewert and Shimizu 2019)。推計結果を図表3および4に整理した。

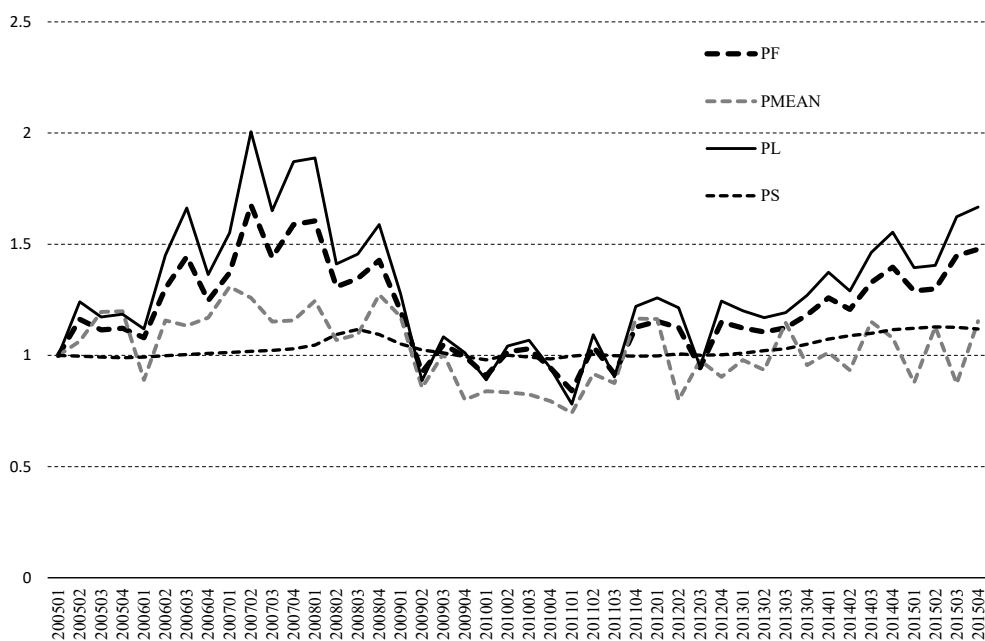
図表3. ビルダーズモデル推計結果

Coef	Estimate	t Stat	Coef	Estimate	t Stat	Coef	Estimate	t Stat
α_2	1.5461	7.183	α_{25}	0.7937	3.739	ω_4	0.1229	3.510
α_3	1.6315	8.815	α_{26}	0.8785	3.185	λ_2	1.4212	4.160
α_4	1.5339	8.763	α_{27}	1.2128	4.792	λ_3	1.6805	7.867
α_5	1.4198	6.250	α_{28}	1.2489	7.593	λ_4	0.5771	4.199
α_6	1.7653	7.833	α_{29}	1.3320	6.819	χ_2	0.9070	24.025
α_7	2.1552	7.893	α_{30}	1.0175	4.038	χ_3	0.7634	17.948
α_8	1.7566	7.338	α_{31}	1.1255	5.402	χ_4	0.8278	16.228
α_9	2.2697	7.743	α_{32}	1.5853	6.808	χ_5	0.9551	10.654
α_{10}	2.6226	7.593	α_{33}	1.2028	5.776	μ	0.0602	2.675
α_{11}	2.4724	7.271	α_{34}	1.4807	5.755	η	-0.0002	-3.533
α_{12}	2.4234	7.194	α_{35}	1.4105	7.359	θ	0.0209	3.924
α_{13}	2.4672	7.425	α_{36}	1.5614	6.432	ϕ_4	1.3063	6.503
α_{14}	1.7139	5.754	α_{37}	1.6905	7.738	ϕ_5	1.6760	10.260
α_{15}	1.7080	7.011	α_{38}	1.3886	6.174	ϕ_6	1.7117	10.687
α_{16}	2.0576	7.009	α_{39}	1.7169	7.528	ϕ_7	1.6865	10.216
α_{17}	1.4671	6.664	α_{40}	1.9941	7.675	ϕ_8	2.3615	13.392
α_{18}	0.8818	3.656	α_{41}	1.3744	6.291	ϕ_9	2.5553	14.103
α_{19}	0.6900	3.341	α_{42}	1.6397	6.161	ϕ_{10}	2.8092	13.714
α_{20}	1.1983	5.128	α_{43}	1.5263	6.219	δ_1	0.0484	5.221
α_{21}	0.9835	5.383	α_{44}	2.0459	7.031	δ_2	0.0252	2.955
α_{22}	1.1742	4.981	ω_1	0.6518	6.535	δ_3	0.0060	0.656
α_{23}	1.2670	5.864	ω_2	0.3483	5.455	δ_4	0.0389	2.925
α_{24}	0.9392	4.903	ω_3	0.2493	4.841	δ_5	-0.0312	-1.876

図表3を見るとわかるように、土地価格に対する推計パラメータ「建物階数 (μ)」の符号は、正で有意になっている。「最寄駅までの距離」の推計パラメータである η は負として推計されているが、「都心までの時間」に対する推計パラメータ θ は正で有意に推計されている。これは、区ダミーによって立地をコントロールした後の残差として推計されていることが理由として考えられる。

ここで推計された土地および建物価格に関する推計値を用いることで、土地価格指数と建物価格指数を推計することができる。ここで推計された土地価格指数 (PL)、建物価格指数 (PS) と合わせて、土地価格指数と建築コスト指数の総合指数としてフィッシャー指数 (PF) を計算した (図表4)。ここでは、不動産価格の四半期ごとの平均値 (PMEAN) と合わせて比較している。

図表4. ビルダーズモデル推計結果



図表4の土地価格指数と建築費指数を見るとわかるように、土地価格は大きく変動しているが、建築費はゆっくりとしか変化していないことがわかる。つまり、不動産価格の時系列的な変化の多くは土地価格の変化によってもたらされていると言えよう。しかし、建物価格もまた景気変動の中でゆっくりではあるが変化している。一方、不動産価格の四半期別の平均値の動きが市場実感とあわないことから、品質調整の重要性も併せて理解できるものとする。

本測定 (図表4) の対象と期間では価格変動が比較的安定しており、その期間全体としてみれば、品質調整済みの産出価格指数 (PF) と直接観察における不動産価格平均値

(PMEAN) との乖離はわずかとはなつた。しかし、不動産価格の変動幅はときに大きなものとなる。GDP 統計におけるより長期の商業不動産価格としての改善のためには、本稿で示したようなビルダーズモデルによる測定を全国的に展開して蓄積していくことで、長期にわたる不動産の品質変化と、土地と建物それぞれの価格変化とを考慮しながら、より適切な不動産価格指数の測定へと接近していく価値は大きい。

6. 結論

不動産価格をとりまく測定問題は、不動産が持つ強い不均一性から最も測定が困難な対象と言われてきた。しかし、不動産を構成する土地価格の変動は経済危機の原因になるなど、その測定の重要性が 2000 年代初期に発生した金融危機以降強く認識されるようになった。また、住宅サービスは CPI に占める比率も高く、その測定には品質補正を取り巻き、「経年減価」の考慮の必要性など、様々な課題が指摘されてきた。建設価格もまた SNA において大きな比率を占めるために、適切な産出デフレーターがないことで、測定される産出額に大きな歪みをもたらしているという課題を抱えてきた。これらの問題は、わが国固有の問題ではなく、国際的に共通に抱える問題である。

本論文は、SNA において、商業用不動産部門の生産勘定を計算しようとしたときに直面する測定問題に焦点を当てた。部門別測定、中間投入、人件費の測定で遭遇する問題は従来の枠組みで考えることができるが、土地および建物の投入を考慮する際の測定問題は、まだまだ多くの課題が残されている。

ここでは概念的整理と合わせて、ビルダーズモデルによる測定方法を提案した。しかし、実際のビルダーズモデルの適用においては、一国全体をカバーしうる十分な価格情報を得ることができないなど、実務的な制約に直面する。不動産価格情報の整備と合わせて、今後の統計の改善を期待したい。

参考文献

- 才田友美・長田充弘・篠崎公昭・肥後雅博・清水千弘 (2019) 「我が国における建設物価指数の作成方法の課題」総務省統計委員会担当室ワーキングペーパー, 2019-WP02.
- 舘祐太・清水千弘・肥後雅博 (2019) 「建築着工統計の個票データを用いた建築物価指数の作成」総務省統計委員会担当室ワーキングペーパー, 2019-WP01.
- Baum, A. (1991) *Property Investment, Depreciation and Investment*, London: Routledge.
- Bokhari, S., and D. Geltner (2012) “Estimating Real Estate Price Movements for High Frequency Tradable Indexes in a Scarce Data Environment,” *Journal of Real Estate Finance and Economics* 45(2), pp.522–543.
- Cairns, R.D. (2013) “The Fundamental Problem of Accounting,” *Canadian Journal of Economics* 46,

pp.634–655.

- Christensen, L.R., and D.W. Jorgenson (1973) “Measuring the Performance of the Private Sector of the U.S. Economy, 1929–1969,” pp.233–351 in *Measuring Economic and Social Performance*, M. Moss (ed.), New York: Columbia University Press.
- Crosby, N., S. Devaney, and V. Law (2012) “Rental Depreciation and Capital Expenditure in the UK Commercial Real Estate Market, 1993–2009,” *Journal of Property Research* 29(3), pp.227–246.
- Davies, G.R. (1924) “The Problem of a Standard Index Number Formula,” *Journal of the American Statistical Association* 19, pp.180–188.
- Diewert, W.E. (1978) “Superlative Index Numbers and Consistency in Aggregation,” *Econometrica* 46, pp.883–900.
- Diewert, W.E. (1980) “Aggregation Problems in the Measurement of Capital,” pp.433–528 in *The Measurement of Capital*, edited by D. Usher, Studies in Income and Wealth, Vol. 45, National Bureau of Economics Research, Chicago: University of Chicago Press.
- Diewert, W.E. (1992) “The Measurement of Productivity,” *Bulletin of Economic Research* 44, pp.165–198.
- Diewert, W.E. (2005) “Issues in the Measurement of Capital Services, Depreciation, Asset Price Changes and Interest Rates,” pp.479–542 in *Measuring Capital in the New Economy*, C. Corrado, J. Haltiwanger and D. Sichel (ed.), Chicago: University of Chicago Press.
- Diewert, W.E. (2009) “The Aggregation of Capital over Vintages in a Model of Embodied Technical Progress,” *Journal of Productivity Analysis* 32, pp.1–19.
- Diewert, W.E., and C. Shimizu (2015) “Residential Property Price Indexes for Tokyo,” *Macroeconomic Dynamics* 19(8), pp.1659–1714.
- Diewert, W.E., and C. Shimizu (2016) “Hedonic Regression Models for Tokyo Condominium Sales,” *Regional Science and Urban Economics* 60, pp.300–315.
- Diewert, W.E., and C. Shimizu. (2017) “Alternative Approaches to Commercial Property Price Indexes for Tokyo,” *Review of Income and Wealth* 63(3), pp.492–519.
- Diewert, W.E., and C. Shimizu (2019) “Alternative Land Price Indexes for Commercial Properties in Tokyo,” *Review of Income and Wealth*, published online. DOI (10.1111/roiw.12443).
- Diewert, W.E., K. Fox, and C. Shimizu (2016) “Commercial Property Price Indexes and the System of National Accounts,” *Journal of Economic Surveys* 30(5), pp.913–943.
- Diewert, W.E., K. Nomura, and C. Shimizu (2023) “Improving the SNA: Alternative Measures of Output, Input, Income and Productivity for China,” *TECR Working Paper E-178*.
- Diewert, W.E., K.G. Nishimura, C. Shimizu, and T. Watanabe (2020) *Property Price Index*, Springer.
- Dixon, T.J., N. Crosby, and V.K. Law (1999) “A Critical Review of Methodologies for Measuring Rental Depreciation Applied to UK Commercial Real Estate,” *Journal of Property Research* 16(2), pp.153–180.

- Eurostat (2012) *Handbook of Residential Property Price Index*, J. de Haan and W.E. Diewert (ed.), Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/KS-RA-12-022>
- Eurostat (2017) *Commercial Property Price Indicators: Sources Methods and Issues*, Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/7870049/8545612/KS-FT-16-001-EN-N.pdf>
- Feenstra, R.C. and W.E. Diewert (2001) “Imputation and Price Indexes: Theory and Evidence from the International Price Program,” *Discussion Paper* 01-10, Department of Economics, The University of British Columbia. <http://faculty.arts.ubc.ca/ediewert/dp0110.pdf>
- Fenwick, D. (2006) “Real Estate Prices: the need for a strategic approach to the development of statistics to meet user needs”, paper presented at the OECD-IMF Workshop on Real Estate Price Indexes held in Paris, November 6–7, 2006.
- Fisher, I. (1911) *The Purchasing Power of Money*, London: Macmillan.
- Fisher, I. (1922) *The Making of Index Numbers*, Boston: Houghton-Mifflin.
- Fisher, J., D. Geltner, and H. Pollakowski (2007) “A Quarterly Transactions-based Index of Institutional Real Estate Investment Performance and Movements in Supply and Demand,” *Journal of Real Estate Finance and Economics* 34, pp.5–33.
- Geltner, D.M., N.G. Miller, J. Clayton, and P. Eichholtz (2014) *Commercial Real Estate: Analysis and Investments*, Mason OH: OnCourse Learning.
- Haig, R.M. (1921) “The Concept of Income”, pp.1–28 in *The Federal Income Tax*. R.M. Haig (ed.), New York: Columbia University Press.
- ILO/IMF/OECD/UNECE/Eurostat/The World Bank (2004) *Consumer Price Index Manual: Theory and Practice*, Peter Hill (ed.), Geneva: International Labour Office.
- IMF/ILO/OECD/UNECE/Eurostat/The World Bank (2004) *Producer Price Index Manual: Theory and Practice*, Paul Armknecht (ed.), Washington D.C.: International Monetary Fund.
- Jorgenson, D.W. (1963) “Capital Theory and Investment Behaviour,” *American Economic Review* 53(2), pp.247–259.
- Jorgenson, D.W. (1989) “Capital as a Factor of Production,” pp.1–35 in *Technology and Capital Formation*, D.W. Jorgenson and R. Landau (ed.), Cambridge MA: The MIT Press.
- Jorgenson, D.W., and Z. Griliches (1967) “The Explanation of Productivity Change,” *The Review of Economic Studies* 34, pp.249–283.
- Laspeyres, E. (1871) “Die Berechnung einer mittleren Waarenpreissteigerung,” *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 16, pp.296–314.
- Lowe, J. (1823) *The Present State of England in Regard to Agriculture, Trade and Finance*, second edition, London: Longman, Hurst, Rees, Orme and Brown.
- Marshall, A. (1920) *Principles of Economics*, 8th Edition, London: Macmillan. (First Edition; 1890).
- OECD (1997) *Construction Price Indices: Sources and Methods*, OECD, Eurostat.
- Paasche, H. (1874) “Über die Preisentwicklung der letzten Jahre nach den Hamburger Borsennoti-

- runge,” *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 12, pp.168–178.
- Peasnell, K.V. (1981) “On Capital Budgeting and Income Measurement,” *Abacus* 17(1), pp.52–67.
- Schmalensee, R. (1989) “An Expository Note on Depreciation and Profitability under Rate of Return Regulation,” *Journal of Regulatory Economics* 1, pp.293–298.
- Schreyer, P. (2001) *OECD Productivity Manual: A Guide to the Measurement of Industry-Level and Aggregate Productivity Growth*, Paris: OECD.
- Schreyer, P. (2009) *Measuring Capital*, Statistics Directorate, National Accounts, STD/NAD (2009) 1, Paris: OECD.
- Shimizu, C., K.G. Nishimura, and T. Watanabe (2010) “House Prices in Tokyo: A Comparison of Repeat-Sales and Hedonic Measures,” *Journal of Economics and Statistics* 230, pp.792–813.
- Theil, H. (1967) *Economics and Information Theory*, Amsterdam: North-Holland Publishing.
- UN, Eurostat, IMF, OECD and World Bank (2009) *System of National Accounts 2008*, New York: United Nations.
- Walras, L. (1954) *Elements of Pure Economics*, a translation by W. Jaffé of the Edition Définitive (1926) of the *Éléments d'économie pure*, first edition published in 1874, Homewood, Illinois: Richard D. Irwin.
- Walsh, C.M. (1901) *The Measurement of General Exchange Value*, New York: Macmillan and Co.