予 測 方 法

予　測　方　法

第１　はじめに

本予測は、令和２(2020)年の国勢調査結果を基準とし、「東京都昼間人口の予測（令和７(2025)年３月）」に基づく将来の昼間就業者数（総数）について、産業別、職業別、産業・職業別及び男女、年齢（５歳階級）別に予測したものである。

第２　予測方法

１　予測期間

令和７(2025)年、令和12(2030)年、令和17(2035)年、令和22(2040)年、令和27(2045)年の５時点

２　予測対象

東京都及び区市町村ごとの男女別昼間就業者数（15 歳以上）

東京都及び区市町村ごとの男女、産業別昼間就業者数（15 歳以上）

東京都及び区市町村ごとの男女、職業別昼間就業者数（15 歳以上）

東京都、区部及び多摩・島しょの男女、産業・職業別昼間就業者数（15 歳以上）

東京都及び区市町村ごとの男女、年齢（５歳階級）別昼間就業者数（15 歳以上）

15 歳未満の昼間就業者数は基準年（令和２（2020）年）の実績が将来一定であるものとして、「東京都昼間人口の予測（令和７(2025)年３月）」に基づく将来の昼間就業者数から除いている。

なお、区市町村のうち島しょの各町村においては「島部」として一括し、一つの地域とした。

３　基準人口

予測の出発点となる基準人口のうち区市町村別昼間就業者数は、令和２(2020)年の「国勢調査」（総務省統計局）の不詳補完結果によっている。

また、区市町村別昼間就業者数を同調査の結果により、男女別、産業別、職業別、産業・職業別、年齢階級別にあん分した昼間就業者数も基準人口としている。産業別、職業別のうちの「分類不能」は各産業、職業にあん分加算している。年齢階級別のあん分は次の算式によって算出した。ただし、その区市町村別男女別の昼間就業者数合計が不詳補完結果の値（以下、不詳補完値という。）に一致するよう補整した。

2020 年年齢階級別昼間就業者数算出値

＝2020 年年齢階級別昼間就業者数原数値×2020 年年齢階級別常住就業者数不詳補完値

÷2020 年年齢階級別常住就業者数原数値

（原数値とは不詳補完する前の不詳を含まない調査結果の値をいう。）

４　予測の考え方

本予測は、「東京都昼間人口の予測（令和７(2025)３月）」に基づく昼間就業者数（総数）と整合性を図っており、同予測の区市町村別昼間就業者数から 15 歳未満の就業者を除いた値が本予測の区市町村別の就業者数と一致する。

同予測では、東京都産業連関表（７部門分類）を利用して、東京都の昼間就業者数を推計し

た。その際、産業別に分けて推計（非公表）しているため、これを本予測の産業別の推計に利用した。

産業別及び職業別昼間就業者数における東京都と区市町村別の整合性、産業・職業別の構造関係の整合性については、それぞれラグランジュ未定乗数法を用いた産業・地域コンバータ、職業・地域コンバータ、産業・職業コンバータによって推計を行った。コンバータは、予測項目の地域全体としての予測値と地域別に予測し積み上げた予測値とをコンバータにより調整し、両者の一致を図る考え方である。

５　予測方法

(1)　男女、年齢（５歳階級）別昼間就業者数の予測

「東京都昼間人口の予測（令和７(2025)年３月)」に基づく将来の昼間就業者数（総数）をもとに、以下の手順により、将来の男女、年齢（５歳階級）別昼間就業者数の推計を行った。

①　区市町村ごとの男女別常住就業者数の算定

「東京都昼間人口の予測（令和７(2025)年３月)」で将来の昼間就業者数（総数）を予測した際に推計した将来の常住就業者数（総数）を基に、常住就業者数の性比を用いて男女別に算定した。将来の常住就業者数の性比は、国勢調査結果に基づくトレンドをベースに将来延長して求めた。

②　区市町村ごとの男女、年齢（５歳階級）別常住就業者数の算定

①で得られた将来の区市町村ごとの男女別常住就業者数を、次の式により男女、年齢（５歳階級）別に算定し、①で算定した男女別と一致するよう補整した。

常住就業者数＝常住人口×常住就業者比率

将来の区市町村ごとの男女、年齢（５歳階級）別常住人口は、「東京都昼間人口の予測（令和７(2025)年３月)」に基づく予測済みのデータを用いた。

将来の常住就業者比率は、国勢調査結果に基づくトレンドをベースに将来延長して求めた。

③　区市町村ごとの男女別昼間就業者数の算定

①と同様に、昼間就業者数の男女別についても、「東京都昼間人口の予測（令和７(2025)年３月)」に基づく予測済みの将来の区市町村別昼間就業者数（総数）を基に、昼間就業者数の性比を用いて男女別に算定した。将来の昼間就業者数の性比は、国勢調査結果に基づくトレンドをベースに将来延長して求めた。

④　区市町村ごとの男女、年齢（５歳階級）別昼間就業者数の算定

②で得られた区市町村ごとの男女、年齢（５歳階級）別常住就業者数に、昼夜間就業者比率（昼間就業者数÷常住就業者数）を乗じて男女、年齢（５歳階級）別昼間就業者数を算定し、③で算定した男女別と一致するよう補整した。

昼間就業者数＝常住就業者数×昼夜間就業者比率

将来の昼夜間就業者比率は、令和２(2020)年国勢調査の同比率が一定で推移するものとした。

⑵ 男女、産業別昼間就業者数の予測

将来の男女、産業別昼間就業者数は、⑴の男女別昼間就業者数を基に東京都全体の推計から行い、区市町村別については東京都全体及び「東京都昼間人口の予測（令和７(2025)年３月)」に基づく予測済みの将来の区市町村別昼間就業者数（総数）と整合的になるように推計を行った。具体的には次のとおりである。

①　東京都の男女、産業別昼間就業者数の推計

将来の東京都の男女、産業別昼間就業者数は、まず男女を合計した産業別昼間就業者数から推計を行い、次に男女別に算出した。

男女を合計した産業別昼間就業者数は次の手順で推計した。

ア　東京都産業連関表により将来の昼間就業者数の推計するにあたり、回帰分析により最終需要額を将来推計

イ　平成27（2015）年東京都産業連関表（７部門分類）を用いた産業連関分析にアの最終需要額の将来推計値を適用して部門別従業者数（雇用誘発）の予測値を求め、その総計の推移により将来昼間就業者数を推計。７部門の推計結果のうちの本社部門については、同表の本社経費投入割合により６部門にあん分加算。

ウ　国勢調査の昼間就業者数等のトレンドをベースとして、日本標準産業分類の産業大分類別の将来の昼間就業者数を推計し、合計がイの６部門の推計値と一致するように補整

② 区部及び多摩・島しょの男女、産業別昼間就業者数の推計

①で算出した東京都の男女、産業別昼間就業者数を基に、区部及び多摩・島しょの男女、産業別昼間就業者数を推計した。推計にあたっては、令和２(2020)年の国勢調査に基づく東京都の男女、産業別昼間就業者数に対する区部及び多摩・島しょのそれぞれの比をベースに算出した。

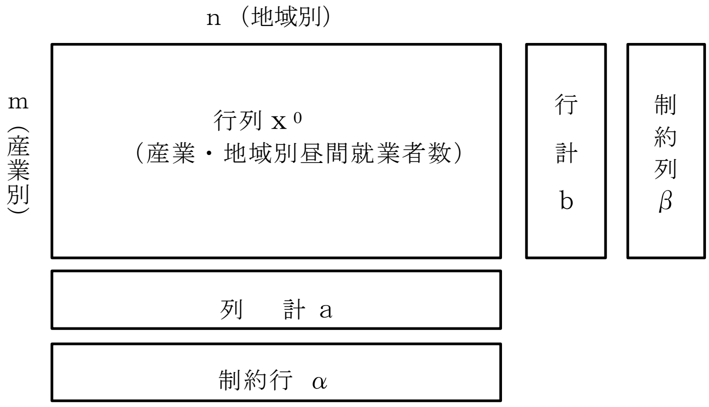
②　区市町村ごとの男女、産業別昼間就業者数の推計（産業・地域コンバータ）

①で算出した区部及び多摩・島しょの男女、産業別昼間就業者数に一致するように、ラグランジュ未定乗数法を用いて将来の区市町村ごとの男女、産業別昼間就業者数を推計した。推計にあたっては、産業・地域コンバータ（下記参照）を、区部(23区)と多摩・島しょ(26市３町１村１島部)に分けた。

【産業・地域コンバータ】

産業・地域コンバータを説明すると、次のとおりとなる（後出の、職業・地域コンバータ、産業・職業コンバータも同様。詳細は章末の「参考」を参照。)。

産業別m×地域別nの行列 X^{0}（予測の基準年である令和２(2020)年の産業、地域別昼間就業者数）と、行（n次）ベクトルα、列（m次）ベクトルβが与えられたとき、これらの制約条件（制約行α＝将来の地域別昼間就業者数の合計（列計)、制約列β＝将来の産業別昼間就業者数の合計（行計)）を満たす行列 X^{0-1}（将来の産業・地域別昼間就業者数）を、ラグランジュ未定乗数法を用いて推計するものである。



令和７(2025)年の産業・地域別昼間就業者数を推計する場合は、令和２(2020)年の産業・地域別昼間就業者数を初期行列とし、初期行列の列計及び行計が、与えられた令和７(2025)年の地域別昼間就業者数（制約行）及び産業別昼間就業者数（制約列）と一致する行列（令和７(2025)年の産業・地域別昼間就業者数）を推計する。

この推計結果による令和７(2025)年の産業・地域別昼間就業者数を初期行列とし、同様の方法で令和12(2030)年について推計する。以下、この過程を繰り返す。

(3) 男女、職業別昼間就業者数の予測

(2)と同様に、(1)による男女別昼間就業者数を基に、まずは東京都全体から推計を行い、区市町村別については東京都全体及び「東京都昼間人口の予測（令和７(2025)年３月)」に基づく予測済みの将来の区市町村別昼間就業者数（総数）と整合的になるように推計を行った。具体的には次のとおりである。

① 東京都の男女、職業別昼間就業者数の推計

将来の東京都の男女、職業別昼間就業者数は、まず東京都の男女を合計した職業別昼間就業者数を推計した。推計にあたっては、国勢調査に基づく昼間就業者の職業別構成比のトレンドをベースとした。次に性比のトレンドをベースに男女別に算出した。

② 区部及び多摩・島しょの男女、職業別昼間就業者数の推計

①で算出した東京都の男女、職業別昼間就業者数を基に、区部及び多摩・島しょの男女、職業別昼間就業者数を推計した。推計にあたっては、令和２(2020)年の国勢調査に基づく東京都の男女、職業別昼間就業者数に対する区部及び多摩・島しょのそれぞれの比をベースに算出した。

③ 区市町村ごとの男女、職業別昼間就業者数の推計（職業・地域コンバータ）

②で算出した区部及び多摩・島しょの男女、職業別昼間就業者数に一致するように、(2)の③と同様に、ラグランジュ未定乗数法を用いて区市町村ごとの男女、職業別昼間就業者数を推計した。推計にあたっては、職業・地域コンバータを、区部(23区)と多摩・島しょ(26市３町１村及び島部一括の31地域)に分けた。

(4) 男女、産業・職業別昼間就業者数の予測（産業・職業コンバータ）

産業・職業別昼間就業者数は、産業別と職業別をクロスしたマトリックスである。将来の産業・職業別昼間就業者数は、基準年の令和２(2020)年の産業・職業別昼間就業者数をベースとし、(2)で推計した将来の産業別昼間就業者数と(3)で推計した将来の職業別昼間

就業者数を制約条件とし、これらに一致するようラグランジュ未定乗数法により推計した。
　男女、産業・職業別昼間就業者数については、東京都、区部及び多摩・島しょの３地域を対象とした。

第３　予測に使用及び参考とした資料

本予測に主に使用及び参考とした資料は、次のとおりである。

(1)「国勢調査」(総務省統計局)［平成 17(2005)年、平成 22(2010)年、平成 27(2015)年、令和２(2020)年］
(2)「東京都昼間人口の予測（令和７(2025)年３月)」(東京都総務局統計部)
(3)「東京都就業者数の予測（令和２(2020)年 10 月)」(東京都総務局統計部)
(4)「資料シリーズ No.209 労働力需給の推計―労働力需給モデル（2018 年度版）による将来推計―（平成 31(2019)年３月)」(独立行政法人労働政策研究・研修機構（JILPT))
(5)「資料シリーズ No.222 労働力需給の推計 ―全国推計（2018 年度版）を踏まえた都道府県別試算―（令和２(2020)年３月)」(独立行政法人労働政策研究・研修機構（JILPT))
(6)「資料シリーズ No.284 労働力需給の推計 ―労働力需給モデルによる将来推計―（令和６(2024)年８月)」(独立行政法人労働政策研究・研修機構（JILPT))
(7)「東京都産業連関表（平成 17(2005)年、平成 23(2011)年、平成 27(2015)年)」(東京都総務局統計部)
(8)「経済センサスー基礎調査」(総務省統計局)
(9)「経済センサスー活動調査」(総務省統計局)
(10)「東京都の賃金、労働時間及び雇用の動きー毎月勤労統計調査地方調査結果」(東京都総務局統計部)
(11)「都民の就業構造（就業構造基本調査結果)」(東京都総務局統計部)
(12)「東京の労働力（労働力調査結果)」(東京都総務局統計部)
(13)「農林業センサス　東京都分調査結果報告（農林業経営体調査)」(東京都総務局統計部)
(14)「漁業センサス　東京都分調査結果報告」(東京都総務局統計部)

参考　産業・地域（職業・地域、産業・職業）コンバータとラグランジュ未定乗数法について

下の図のような縦をｍ種類の産業、横をｎ個の地域とした予測値$\hat{X}_{ij}$があるとする。

図　産業と地域の予測値（$\hat{X}_{ij}$）

		地域						
		1	2	…	j	…	n	
産業	1	$\hat{X}_{11}$	$\hat{X}_{12}$	…	$\hat{X}_{1j}$	…	$\hat{X}_{1n}$	$\hat{Y}_1$
	2	$\hat{X}_{21}$	$\hat{X}_{22}$	…	$\hat{X}_{2j}$	…	$\hat{X}_{2n}$	$\hat{Y}_2$
	⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮
	i	$\hat{X}_{i1}$	$\hat{X}_{i2}$	…	$\hat{X}_{ij}$	…	$\hat{X}_{in}$	$\hat{Y}_i$
	⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮
	m	$\hat{X}_{m1}$	$\hat{X}_{11}$	…	$\hat{X}_{mj}$	…	$\hat{X}_{mn}$	$\hat{Y}_m$
		$\hat{Z}_1$	$\hat{Z}_2$	…	$\hat{Z}_j$	…	$\hat{Z}_n$	

あるｉ産業の予測値が$\hat{X}_{i1}$、$\hat{X}_{2j}$、…、$\hat{X}_{in}$と地域が分布していることを示しており、ｊ地域の予測値が$\hat{X}_{1j}$、$\hat{X}_{2j}$、…、$\hat{X}_{mj}$と産業が分布していることを示している。ここで、産業の合計$\hat{Y}_i$と地域の合計$\hat{Z}_j$を、

$$\hat{Y}_i = \sum_{j=1}^{n} \hat{X}_{ij} \qquad i=1, 2, \cdots, m \qquad \cdots\cdots(1)$$

$$\hat{Z}_j = \sum_{i=1}^{m} \hat{X}_{ij} \qquad j=1, 2, \cdots, n \qquad \cdots\cdots(2)$$

とし、さらに

$$A_{ij} = \frac{\hat{X}_{ij}}{\hat{Y}_i} \qquad i=1, 2, \cdots, m \ ; \ j=1, 2, \cdots, n \qquad \cdots\cdots(3)$$

$$B_{ij} = \frac{\hat{X}_{ij}}{\hat{Z}_j} \qquad i=1, 2, \cdots, m \ ; \ j=1, 2, \cdots, n \qquad \cdots\cdots(4)$$

とする。ただし、$\hat{Y}_i \neq 0$(i=1, 2, …, m)、$\hat{Z}_j \neq 0$(j=1, 2, …, n)であるものとする。A_{ij}はあるｉ産業の地域構成特性を示しているので地域特性係数と呼び、B_{ij}はあるｊ地域の産業構成特性を示しているので産業特性係数と呼ぶことにする。

産業・地域コンバータというのは、新たな産業の合計$\tilde{Y}_i$と地域の合計$\tilde{Z}_j$をコントロール・トータルとして与え、A_{ij}とB_{ij}の係数に基づいて予測値$\tilde{X}_{ij}$を算出する方法である。

すなわち、

$$\tilde{Y}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{X}_{ij} \qquad i=1, 2, \cdots, m \qquad \cdots\cdots(5)$$

$$\tilde{Z}_j = \sum_{i=1}^{m} \tilde{X}_{ij} \qquad j=1, 2, \cdots, n-1 \qquad \cdots\cdots(6)$$

を制約条件にして、目的関数（予測値の地域特性係数、産業特性係数からの乖離の程度を示す指標）

$$Q = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(\frac{\tilde{X}_{ij}}{A_{ij}\tilde{Y}_i} - 1 \right)^2 + \left(\frac{\tilde{X}_{ij}}{B_{ij}\tilde{Z}_j} - 1 \right)^2 \right\} \qquad \cdots\cdots(7)$$

を最小にするように$\tilde{X}_{ij}$を決定する。これにより、行列の縦横の構成比をなるべく保って予測値を調整することができる。

ただし、①$A_{ij}=0$、$B_{ij}=0$のときは$\tilde{X}_{ij}=0$として(7)式の目的関数に含めない。②$\sum_{i=1}^{n}\tilde{Y}_i=\sum_{j=1}^{m}\tilde{Z}_j$である。③(6)式で j=1, 2, …, n−1 としてあるのは i=1, 2, …, m ; j=1, 2, …, n−1 の$\tilde{X}_{ij}$が決まれば$\tilde{X}_{in}$は一義的に決まるからである。

これは、制約条件つき最適問題であり、ラグランジュ未定乗数法で解くことができる。ラグランジュ乗数をλ_i(i=1, 2, …, m) μ_j(j=1, 2, …, n−1)とすれば、ラグランジュ関数は、

$$F=Q+\sum_{i=1}^{m}\lambda_i\left(\tilde{Y}_i-\sum_{j=1}^{n}\tilde{X}_{ij}\right)+\sum_{j=1}^{n-1}\mu_j\left(\tilde{Z}_j-\sum_{i=1}^{m}\tilde{X}_{ij}\right) \quad \cdots\cdots(8)$$

となる。右辺の最後の項に$\mu_n=0$として$\mu_n\left(\tilde{Z}_n-\sum_{i=1}^{m}\tilde{X}_{in}\right)$をつけ加えても(8)式は何ら変わらない。

すなわち、

$$F=Q+\sum_{i=1}^{m}\lambda_i\left(\tilde{Y}_i-\sum_{j=1}^{n}\tilde{X}_{ij}\right)+\sum_{j=1}^{n}\mu_j\left(\tilde{Z}_j-\sum_{i=1}^{m}\tilde{X}_{ij}\right) \quad \cdots\cdots(9)$$

となる。ただし、$\mu_n=0$である。最小化の1階の条件から、

$$\frac{\partial F}{\partial \tilde{X}_{ij}}=\frac{1}{A_{ij}\tilde{Y}_i}\left(\frac{\tilde{X}_{ij}}{A_{ij}\tilde{Y}_i}-1\right)+\frac{1}{B_{ij}\tilde{Z}_j}\left(\frac{\tilde{X}_{ij}}{B_{ij}\tilde{Z}_j}-1\right)-\lambda_i-\mu_j=0$$

i=1, 2, …, m ; j=1, 2, …, n ; $\mu_n=0$ ……(10)

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda_i}=\tilde{Y}_i-\sum_{j=1}^{n}\tilde{X}_{ij}=0 \qquad \text{i=1, 2, …, m} \quad \cdots\cdots(11)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \mu_j}=\tilde{Z}_n-\sum_{i=1}^{m}\tilde{X}_{ij}=0 \qquad \text{j=1, 2, …, n−1} \quad \cdots\cdots(12)$$

が得られる。これらの式を解くと次式を得る。

$$\tilde{X}_{ij}=S_{ij}L_{ij}+\lambda_i S_{ij}+\mu_j S_{ij}$$

i=1, 2, …, m ; j=1, 2, …, n ; $\mu_n=0$ ……(13)

$$\lambda_i\sum_{j=1}^{n}S_{ij}+\sum_{j=1}^{n}S_{ij}=\tilde{Y}_i-\sum_{j=1}^{n}S_{ij}SL_{ij}$$

i=1, 2, …, m ; $\mu_n=0$ ……(14)

$$\sum_{i=1}^{m}\lambda_i S_{ij}+\mu_j\sum_{i=1}^{m}\mu_j S_{ij}=\tilde{Z}_j-\sum_{i=1}^{m}S_{ij}L_{ij} \qquad \text{j=1, 2, …, n−1} \quad \cdots\cdots(15)$$

ただし、$S_{ij}=\frac{\left(A_{ij}\tilde{Y}_i\right)^2\cdot\left(B_{ij}\tilde{Z}_j\right)^2}{\left(A_{ij}\tilde{Y}_i\right)^2+\left(B_{ij}\tilde{Z}_j\right)^2}$ ……(16)

$$L_{ij}=\frac{1}{A_{ij}\tilde{Y}_i}+\frac{1}{B_{ij}\tilde{Z}_j} \quad \cdots\cdots(17)$$

(14)、(15)式をまとめて連立1次方程式でλ_i、μ_jについて解くことができる。そして、この解λ_i(i=1, 2, …, m)、μ_j(j=1, 2, …, n−1)と$\mu_n=0$を(13)式に代入すれば$\tilde{X}_{ij}$を求めることができる。この解法は1年次だけのものであり、予測したい年が数年次あるときは、同様のことを年次分繰り返す。

以上の産業・地域コンバータによる予測精度は、昼間就業者の産業の合計$\tilde{Y}_i$、地域の合計$\tilde{Z}_j$、地域特性係数A_{ij}、産業特性係数B_{ij}の予測精度に依存する。

なお、産業・地域コンバータの考え方は、職業・地域コンバータや産業・職業コンバータも同様である。

【参考文献】黒田昌裕、新保一成、野村浩二、小林信行著『KEO データベース - 算出および資本・労働投入の測定』(KEO Monograph Series No.8)、慶応義塾大学産業研究所、1997 年、 p.71-74