コロナ蔓延後の都道府県間業務交通量の変動と最適業務配置との関係

奥村　誠[1]・赤塚　昌哉[2]

[1]正会員　東北大学教授　災害科学国際研究所（〒980-8572 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1,S-502W）
E-mail: mokmr@tohoku.ac.jp (Corresponding Author)

[2]非会員　東北大学大学院工学研究科　土木工学専攻（〒980-8572 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1）
E-mail: masaya.akatsuka.s6@dc.tohoku.ac.jp

COVID-19 の流行により都道府県間の移動は大きく減少し，3 年を経過した現在でも回復していない．本研究は，必需的で安定的と考えられていた業務目的交通量の，距離帯による変動・回復傾向の違いを考察した．Docomo のモバイル空間統計データから平日昼間の他都道府県滞在者の集計値を求めると，2020 年度は全距離帯で比例的に減少していたのに対し，21 年度の減少は長距離帯で大きく，22 年度の回復も長距離帯で停滞している．ついで本研究では，全国的に業務を展開する企業が本支社の位置や規模を費用最小化により決定する最適多階層業務配置モデルを用い，全般的な経済活動量の縮小，トリップ費用の上昇に対する対応として，IT 手段による対面業務の代替，本支社の業務配置の変更を受けた交通量を予測することで，上記の業務交通量変動を演繹的に説明することを試みた．

Key Words: *COVID-19, intercity business trips, optimal office location model*

1. はじめに

COVID-19 の流行により，人々の移動が制限・抑制され，都道府県をまたぐ都市間移動は大きく減少する事態となった．そして，COVID-19 の流行から 3 年以上が経過し感染症法上も 2 類から 5 類への移行が行われて，移動の心理的なコストが低下したと考えられる現在でも，人々の都市間の移動量は以前の水準までは戻っていない．これは，都市間移動の心理的コストを含む移動コストが一時的に上昇したことによる需要関数上の変化のみならず，需要関数そのものが縮小方向に変化したことを表しており，その変容は COVID-19 が終息した後にも残ると考えられる．

廣井 [1]は緊急事態宣言などの法的拘束力のない日本式のロックダウン政策に関して，それが都道府県間流動に与えた短期的な影響についてアンケート調査を用いて分析し，一時的な都道府県流動の抑制として緊急事態宣言などの政府の施策の有効性や旅行目的別の流動変化量の違いなどを示している．Takeda, et al.[2]は，COVID-19 の流行による移動需要の変容を旅行目的別で詳細に理解するための研究として，国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室が実施した「新型コロナ生活行動調査」を用いて，コロナ禍における行動変容が流行前の状態に戻る弾力的なものか，もとに戻らない塑性的なものか，という分析を行っている．この中で，在宅勤務率は三大都市圏の居住者や「管理的」「専門・技術的」「事務」などの職種において大きく増加し，その変容が塑性的であったと結論付けている．

本研究では，従来必需的な移動が多く，運賃への感度も低い安定的な需要であると考えられてきた出張などの仕事目的の移動に着目する．Docomo のモバイル空間統計データ[注1)]を用いた筆者らの分析 [3]では，テレワークや会議のオンライン化の普及を受け，従前の 2 割から 4 割に縮小したのち，若干回復したものの従前の 6 割から 8 割程度に落ち着いていることがわかっている．

コロナ禍による業務移動需要の変容を理解するため，企業の担当者や出張者へのアンケート調査により，需要変化の要因やその影響度，さらにはコロナ収束後への影響の持続性をミクロな立場から把握することが試みられている．例えば，三菱総合研究所 [4]は 100 億円以上の売り上げがあり首都圏・関西圏にオフィスを持つ企業の担当者(602 名)に対するアンケートから，出張目的別の回数の変化率を求め，社内打ち合わせを目的とした出張を中心に 4 割程度の減少が見込まれることを報告している．

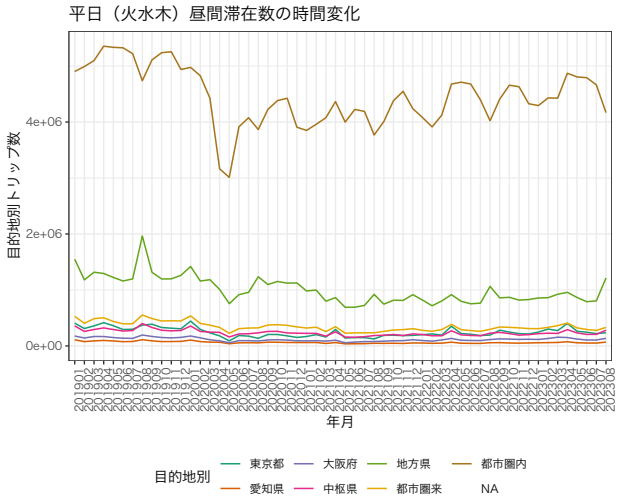


図-1　目的地別の平日昼間滞在者数の推移

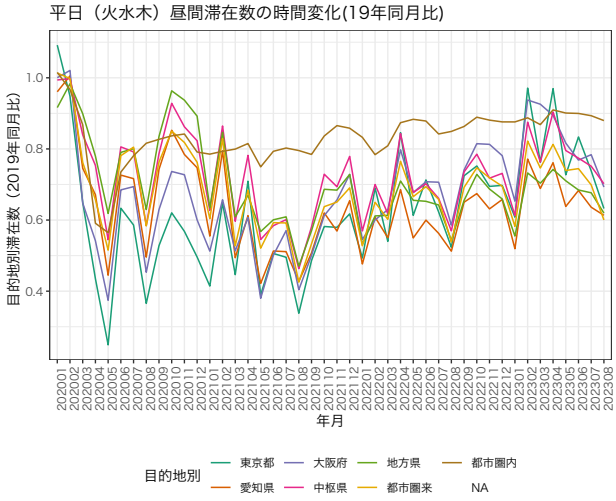


図-2　目的地別の平日昼間滞在者数の推移（2019 年同月比）

安達 [5]は，2019 年に年 1 回以上国内出張をしていた全国 4700 人の就業者に対する大規模な Web アンケートを行い，全体として約 4 割の減少となることが見込まれるものの，会社の出張禁止方針，役職，業種によるばらつきが大きいことなどを報告している．

このように，従来出張で行っていた業務を IT などで代替するのか，あるいは引き続き移動を行うのかは，個々の出張者の個別の判断よりも，企業の業務遂行方法に依存すると考えると，企業の意思決定をモデル化することによって演繹的に分析を行うアプローチが有効であると考えられる．

以下，2. では，Docomo のモバイル空間統計データ[注1)]から平日昼間の他都道府県滞在者の集計値を求めて，2020 年以降の都道府県間業務交通量の変動傾向を確認する．特に，距離帯別に減少比率の注目した分析を行う．3.から 5.では，都道府県間業務交通量が生み出されるプロセスに沿って，演繹的に説明する方法を構築する．まず 3.では，全国の顧客を持つ企業が業務を効率的に処理する階層構造を，費用最小化によって決めると考えた最適化モデルを示す．このモデルでは企業の業務特性パラメータの違いにより，異なる支社配置と都道府県間業務交通量が予測される．4.では，2015 年の雇用者数，賃金分布[注2)]および全国幹線旅客純流動調査[注3)]による業務目的交通量をうまく説明できるように，COVID-19 蔓延以前の日本企業の業務組織の構成比を逆推定する回帰分析を実施する．5.では，COVID-19 蔓延に対する個別企業の対応として，（短期）IT 代替による業務交通量の削減，（中期）既往の雇用構造を変化させない範囲での業務分担の見直し，（長期）各地域の雇用者の配置変更を含めた業務構造の変更，という 3 つの段階を考え，3.のモデルを拡張して，各段階での業務交通量の変化を予測する方法を示す．

6.は，以上の演繹的な業務交通量変動の予測プロセスの結果を用いて，2.で概観した 2020 年以降の業務交通量の変化と比較する．

2.　都道府県間業務交通量の変動実態

(1)　実態把握のためのデータ

ドコモインサイトマーケティング社が提供するモバイル空間統計データ[注1)]から，各都道府県居住者のうち別の都道府県に平日昼間（火水木曜の 10~15 時）に滞在する人数を集計した．

(2)　変動の概観

まず，2019 年以降 2023 年 8 月までの滞在者数の推移を確認する．**図-1** は目的地ごとに平日昼間の滞在者数の月平均値をプロットしたものである． 3 大都市圏，中枢県（札仙広福を有する北海道，宮城，広島，福岡）とその他の地方県に分け，3 大都市圏の中心（東京，大阪，愛知）に対して各都市圏外からのトリップと都市圏内のトリップを区別した．さらに千葉，兵庫などの都市圏内の県に都市県外から来訪する分を区別した．**図-1** より，量的には 3 大都市圏内の流動が最も多く，2020 年 4-5 月で大きく落ち込んだ後，増減を伴いながらも回復基調にある．，次いで地方県への流動が多いが，2020 年春の落ち込み後に 8 月までは増加したものの，その後減少に転じて 2021 年の春に最も少なくなっている．他の 3 大中心都市，中枢県へのトリップは量的に小さく，**図-1** では明確な傾向が読み取れない．

そのため，これらの値の変化を明確に捉えるため 2019 年同月に対する比率を計算したものを**図-2** に示す．これより 3 大都市圏内の移動の落ち込みが緊急事態宣言が発出された 2020 年 5 月を底（57%）としてその後は順調に

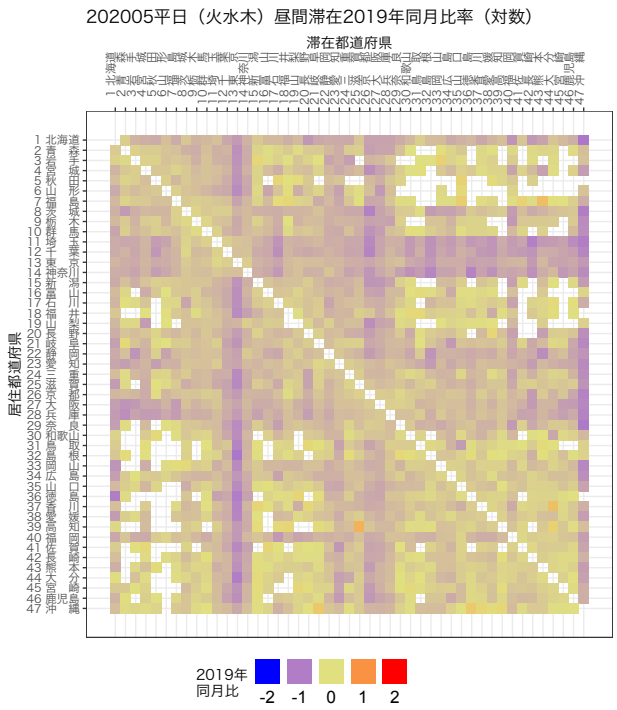


図-3　2020 年 5 月平日昼間の滞在人口の 2019 年同月比

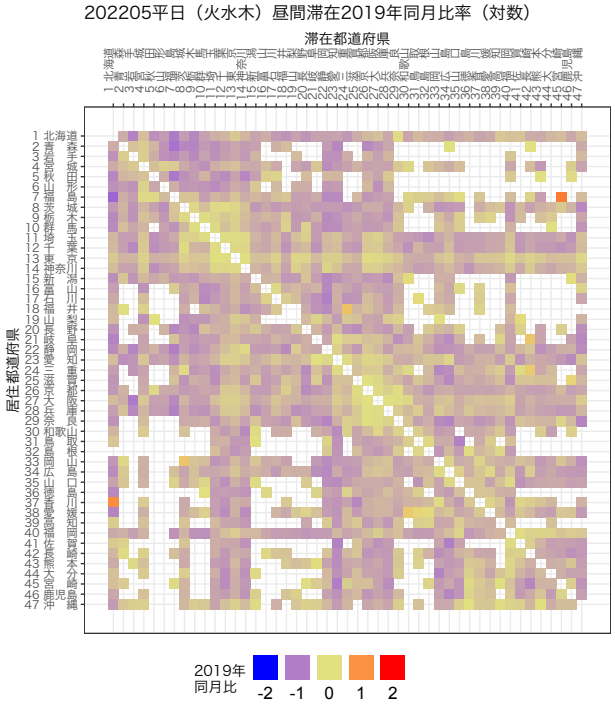


図-4　2022 年 5 月平日昼間の滞在人口の 2019 年同月比

回復し 90%程度に戻っているのに対して，他の目的地への流動は 2021 年 5 月や 8 月にも大きく減少しており回復は遅い．2023 年の春には 70-95%の水準に戻ったが，5 類移行後の感染拡大の影響を受けて 5 月以降減少し，8 月の時点では 60-70%程度にとどまっている．目的地による減少率の差異を見ると，2020-21 年では東京，大阪などの大都市圏ほど減少が著しく，中枢県や地方圏では減少率は小さかった．2022 年からの回復期になると東京・大阪の減少率が鈍化し中枢県と同程度に収まっている．他方，愛知への来訪者数は減少率が大きい状態が継続していることがわかる．

次に，居住地，目的地間の流動（OD）の形で，減少率の分布を確認しておく．第 1 波のピークだった 2020 年 5 月と 2022 年 5 月の平日昼間の滞在者数の，2019 年 5 月に対する比を表示したものを**図-3** と**図-4** に示す．**図-3** から 2020 年 5 月の減少は各県から東京，沖縄への流動で著しい．関東各県から西日本，近畿の各県から北日本への長距離の流動も減少率が大きいことがわかる．次に 2022 年 5 月の状況を**図-4** で確認すると，全国的に減少が広がり，東北と関東の間や九州島内など近距離の移動の減少が進んでいる．東京を除く首都圏，愛知，近畿圏，岡山，広島への移動は減少が進む一方で，東京発着の移動には回復が見られることがわかる．

(3)　都道府県間一般化費用に対する累積分布の変動

距離帯と交通量の減少との関係を確認する．ここでは

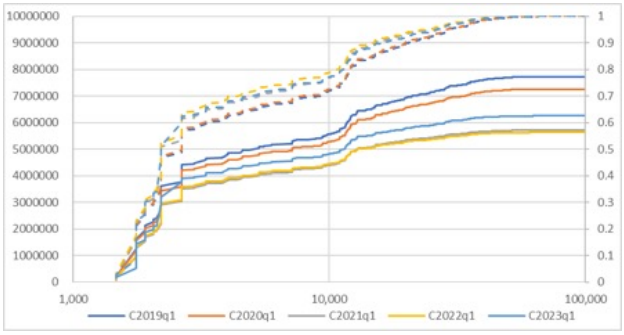


図-5　2020-2023 年各第一四半期の滞在人口の累積分布と比率

2015 年幹線旅客純流動調査[注 3)]の付帯情報である県庁所在地間の交通費用と所要時間を用いて一般化費用を計算し，距離の代わりに用いる．都道府県間 2019～2023 年の各年第一四半期における平日昼間の平均滞在数を一般化費用の順に累積した累積滞在数とその累積比率をまとめて，**図-5** に示す．なお 6.で行う計算師との比較を考えて，ここでは沖縄県を除く 46 都道府県相互の内々を除く OD ペア（46×45=2070）を対象としている．

図-5 において，実線で示した累積滞在数の右端に着目し，各時期の 2070OD ペアの総数を確認すると，コロナ前の 2019 年と比較したとき，流行初期の 2020 年の累積滞在数は 5%程度の微減，コロナの渦中であった 2021,2022 年の累積滞在数は 30%弱の減少である．2023 年はやや回復し 2019 年比約 20%の減少である．

次に**図-5** において破線で示した一般化費用に対する累積比率を見ると，コロナ前の 2019 年と比較して

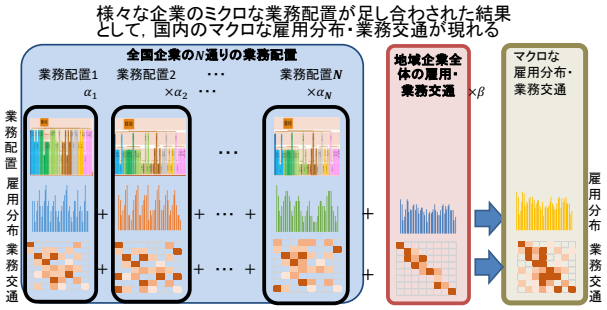


図-6 ミクロな企業の業務配置とマクロな雇用分布・業務交通量の関係

2021~2023 年は全体に占める中距離帯のトリップ数の割合が多くなり，逆に長距離帯のトリップ数の割合は少なくなっている．これは，企業の構造の変化に合わせて従来は地方圏から直接本社のある首都圏などに業務交通をしていたものが，地方中枢県などに新しい支社を新設してそこに一旦業務を集約することにより，従来の長距離トリップを中距離トリップとより少ない数の長距離トリップに置き変えるという対応が起きているものと考えられる．

3. 企業の最適業務配置モデル

(1) 全国企業と地域企業の業務組織

本研究では奥村ら [6]に基づき全階層の構造を一気に計算する石川・奥村 [7]の最適化モデルを基本として，本社における高度な業務を担当する従業者の費用を厳密に扱うとともに，居住地目的地間の移動実績データとの結合を見込んで地域間の従業者の移動方向を区別する拡張を行った石川・奥村 [8]の業務配置モデルを用いる．

本研究では国内の企業を，全国企業と地域企業に分割し，その中で全国企業の業務配置の重要性に着目する．本研究における全国企業とは，日本全国に分布する顧客に対して業務を行う企業であり，各地における現場レベルの業務のほかにも，間接的であるが高度な業務を行う必要がある．高度な業務を行う従業者には専門性が高い分多くの賃金が支払われるが，業務量は少ないため，少数の交通条件の良い地域に置く支社にまとめて雇用することが効率的となる．

一方地域企業は，狭い地域の顧客を対象に業務を展開する企業であり，顧客分布に比例した従業者を雇用し，業務内容に質的な差異は存在しないと仮定する．県外との連携は近距離のものに限られるため，日本全体の地域企業をまとめて見ると，ほぼ顧客分布に比例した配置をとると考えられる．

以上のように交通条件，需要分布，最低賃金，企業特性によって異なる各全国企業の業務配置と，地域企業

表-1 多階層最適業務配置モデルの定式化

目的関数 $C_l + C_t + C_e + C_h + C_x$
支社立地費 $C_l = \sum_{n\in M}\sum_{j\in I}\left((\omega^n + v_j + o_j)\cdot S_j^n + l\cdot f\cdot X_j^n\right)$
管轄交通費 $C_t = \sum_{n\in M}\sum_{i\in I}\sum_{j\in I} c_{ij}\cdot 2\varphi_n\cdot Y_{i,j}^n + \theta\cdot w_j^n\cdot 2\varphi_n\cdot Y_{i,j}^n + (1-\theta)\cdot w_i^{n-1} t_{ij}\cdot 2\varphi_n\cdot Y_{i,j}^n$
本社高次雇用費 $C_e = \sum_{j\in I}\left(\frac{\rho}{1-\rho}\omega^n + \frac{r}{1-r}(v_j + o_j)\right)\cdot S_j^n\cdot H^n$
社外対応本社経費 $C_h = \sum_{j\in I}\left(\frac{1}{1-\rho}\omega^n + v_j + o_j\right)\cdot b\cdot\mu\cdot X_j^n\cdot H^n$
社外交通費 $C_x = \sum_{i\in I}\sum_{j\in I}\left(\left(\frac{1}{1-\rho}\omega^n + v_i\right)\cdot t_{ij} + c_{ij}\right)\cdot 2b\cdot\mu_j\cdot X_i^n\cdot H^n$
第一階層支社の業務量 $S_j^1 \geq \lambda_j,\ \forall j\in I$
階層支社の設置条件 $S_j^n \leq \lambda\cdot X_j^n,\ \forall n\in M, \forall j\in I$
階層存在条件 $\sum_{j\in I} X_j^n \leq 46\cdot(L^n - H^n) + H^n,\ \forall n\in M$
各階層支社数の非増加 $\sum_{j\in I} X_j^{n+1} \leq \sum_{j\in I} X_j^n,\ \forall n\in M$
最高階層としての本社 $H^n = L^n - L^{n+1},\ \forall n\in M$
上層への業務量 $\sum_{i\in I} Y_{i,j}^{n+1} \geq r\cdot S_i^n, if\ H^n \neq 1, \forall n\in M, \forall i\in I$
下層からの業務量 $S_j^n \geq \sum_{i\in I} Y_{i,j}^n,\ \forall n\in M, \forall j\in I$
本社階層までの支社数 $\sum_{j\in I} X_j^n \geq L^n,\ \forall n\in M$
本社は 1 つのみ設置 $\sum_{j\in I} X_j^n = 1,\ if\ H^n = 1, n\in M$
管轄の存在条件 $Y_{i,j}^n \leq \lambda\cdot X_j^n,\ \forall n\in M,\ \forall i,j\in I$
地域jのn階層雇用者賃金 $w_j^n = \omega'\left(\frac{1}{r}\right)^{a(n-1)} + v_j$
添字：$i,j\in I$: 地域（46 都道府県），$m,n\in M$: 階層
操作変数
$X_j^n = \{0,1\}, \forall n\in M, \forall j\in I$:地域jの第n階層の有無
$L_n = \{0,1\}, \forall n\in M$:第n階層の有無
$H_n = \{0,1\}, \forall n\in M$:本社が第n階層であるか否か
$S_j^n \geq 0, \forall n\in M, \forall j\in I$:地域jの第n階層支社の従業者数
$Y_{i,j}^n \geq 0, \forall n\in M, \forall i,j\in I$:地域jの第n階層支社が管轄する地域iの第$n-1$階層支社業務量
外生パラメータ
λ_i: 地域iの顧客に関係する業務量
μ_i: 本社が行う地域iの関係先に関する業務量
w: 基準賃金（都道府県別最低賃金の平均値）
g_i: 地域jの地域手当（都道府県別最低賃金の差額）
p_i: 地域jの従業者専有面積あたりの床賃借料
$d_{i,j}^n$: 地域jの第n階層従業者の地域iへの移動一般化費用 $d_{i,j}^n = 2(c_{i,j} + \omega_j^n\cdot t_{i,j})$
$c_{i,j}$: 地域i,j間片道交通費，$t_{i,j}$:地域i,j間片道所要時間
f:支社配置の固定費用（標準値）
配置に影響を与えるパラメータ（企業特性パラメータ）
r: 業務集約係数，φ_n: 階層別対面回数，θ: 上位移動率，l: 固定費用比率，b: 対外業務量，a: 階層間賃金格差



図-7　大阪本社 6 階層（627d）の業務構造の例

全体の業務配置を集計されたものとして，日本全体の雇用分布を捉える．その関係を**図-6** に示す．

(2)　業務配置モデルの定式化

支社立地費 C_l，社内管轄交通費 C_t，本社高次雇用費 C_e，社外対応本社経費 C_h，社外交通費 C_x の総和を最小化するような全国企業の業務配置を求めるモデルは，**表-1** に示す混合線形計画問題として定式化できる．その際，業種や業務内容を反映して企業ごとに異なる特性をパラメータとして設定している．

一方，地域企業の業務交通量は，2 県の全産業従業者数の積と県間移動の一般化費用を用いた次の式(1)に示す重力モデルで表す．

$$T_{ij} = \kappa pop_{ij}^{\alpha_1} cst_{ij}^{\alpha_2} \qquad (1)$$

ここで，pop_{ij}: 地区i,jの全産業従業者人口積，cst_{ij}: 地区i,j間の移動にかかる一般化費用，$\kappa, \alpha_1, \alpha_2$:重力モデル内の係数を表す．

なお地域企業の賃金水準は，都道府県別の最低賃金に従うと仮定した．

4.　回帰分析による業務構造別存在比率の逆推定

本研究では，まず全国企業が持つ各企業特性パラメータ値を複数個用意し，それらの組み合わせについてコロナ禍前の状況における最適解を求める．次に，多くのパラメータ値に共通的に現れる業務構造を抽出する．それらを用い，石川・奥村 [8]が提案した方法で，マクロな都道府県別の従業者分布，総賃金支払額[注 2)]および業務交通量[注 3)]に合致するように，業務構造ごとの全国企業の存在比率などを逆推定する．

業務集約係数 $r = (0.1, 0.2, 0.3, 0.4\ 0.5)$, 階層別対面回数 $\varphi = (6, 25, 100)$，上位移動率 $\theta = (0.25, 0.75)$，固定費用比率 $l = 1.0$，対外業務量 $b = (0.05, 0.25)$，階層間賃金格差 $a = (0.5, 0.3, 0.1)$ を考え，これらの組み合わせの 180 通りのパラメータ値を設定した．また，本社を指定しないケースに加え，本社位置を東京，大阪，愛知に固定する条件を加えた場合についても 180 通りのパラメータに対する最適構造を計算した．

以上の 720 通りの最適業務構造の計算を行い，構造が重複しているものや違いの少ない構造をまとめ，さらに最適構造となるパラメータの組み合わせが多い順に業務構造を残して，最終的に 43 個の構造を抽出した．

表-2　10 個の業務構造と回帰分析による構成比の推定値

構造番号	本社	階層数	r	ψ	θ	b	a	構成比
213a	東京	2	0.1	25	0.25	0.05	0.5	0.7163
627d	大阪	6	0.5	25	0.75	0.05	0.1	0.1331
527c	大阪	5	0.4	25	0.75	0.05	0.1	0.1072
231a	鳥取	2	0.1	6	0.25	0.05	0.1	0.0057
413f	東京	4	0.2	100	0.25	0.05	0.1	0.0033
219a	山梨	2	0.2	25	0.25	0.25	0.1	0.0030
319a	山梨	3	0.2	100	0.25	0.25	0.1	0.0029
307b	福島	3	0.1	100	0.25	0.25	0.1	0.0017
310a	群馬	3	0.2	25	0.25	0.05	0.1	0.0027
221a	岐阜	2	0.1	25	0.25	0.05	0.3	0.0023

以上の 43 の全国企業の代表的な業務構造と地域企業に対応する，雇用分布（総雇用者数・総支払賃金）および都道府県間業務交通量を組み合わせたものとして，2015 年時点の日本全体の対事業所サービス業の雇用分布[注 2)]，業務交通量分布[注 3)]の実績値をうまく説明するように、業務構造ごとの全国企業の存在比率と地域企業の存在比率，および地域企業の重力モデル内の係数を最小二乗法により逆推定した．

その結果，構成比率変数が 0.01 以上で有効である構造が 10 個得られた．それらが得られたパラメータの値と構成比率の推定値を**表-2** に示す．また，一例として大阪本社で 6 階層を持つ業務構造を**図-7** に示す．

5.　企業の CIVID-19 への対応行動の予測方法

次に，先述した多階層最適業務配置モデルを用いて，コロナ禍によって都市間移動のコストが増大したことに対応する企業の段階的な対応行動を演繹的に計算する方法を提案する．まず，コロナ禍では遠隔地域に対する心理的な移動コストが大きくなると考え，新しい交通一般化費用を従前の値の 1.5 倍に設定する．

(1)　短期的な都市間移動の IT 代替

短期的には，企業は本支社の立地やそれぞれの場所での雇用は変更せずに，これまでの都市間移動（出張）を伴う管轄業務を，オンライン会議やメールなどの IT 手段に置き換えることを考える．このとき，対象とする業務の階層により業務の内容が異なり，IT 手段への代替可

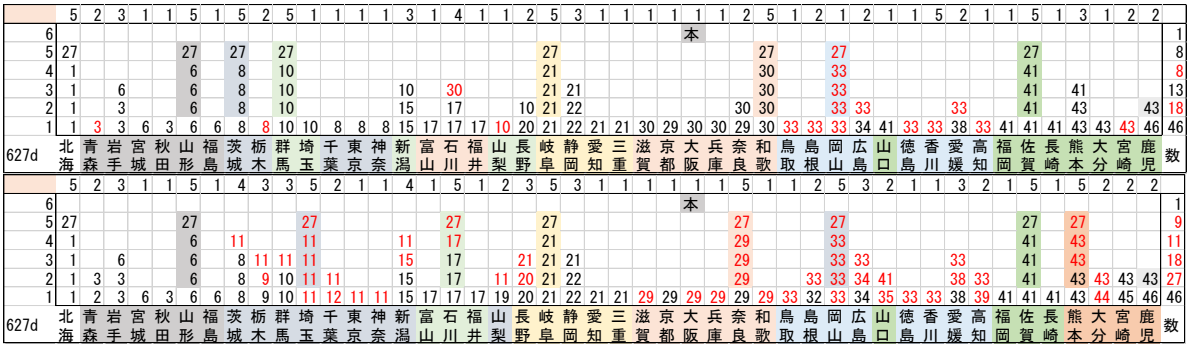


図-8　大阪本社 6 階層（627d）の業務構造の長期的対応による変化
（上：高階層ほど IT 代替が困難な場合，下：高階層ほど IT 代替が容易な場合）

表-3　コロナ対応前後の企業の総費用と業務交通量の計算例

想定	TC 総費用	総トリップ数
0従前	532639	10630
1a短期	541625	6916
2a中期	483506	6268
3a長期	483439	6361
1b短期	548104	10092
2b中期	489454	9139
3b長期	488410	7848

能性も異なると考えられるため，階層別対面回数パラメータφ_nについて以下の 2 つの設定を考える．

⑷ 高次階層ほど IT 手段への代替が難しいケース

4 割程度の都市間トリップの減少が，1 割は都市間業務顧客からの需要の減少に，残りは業務の IT 手段への代替に起因することを想定する．第 1 階層で 35%，第 6 階層では 10%の業務が代替可能とし，階層別対面回数パラメータ値を次の式(2)のように設定する．

$$\varphi_n = (0.6 + 0.05n) \cdot \varphi, \quad n \in N \qquad (2)$$

⑹ 高次階層ほど IT 手段への代替が容易なケース

逆に，第 1 階層では 10%，第 6 階層では 35%の業務が代替可能とし，階層別対面回数パラメータ値を次の式(3)のように設定する．

$$\varphi_n = (0.95 - 0.05n) \cdot \varphi, \quad n \in N \qquad (3)$$

(2)　中期的な業務分担構造の変更による移動の削減

中期的な対応として，既往の雇用構造を変化させない範囲で，業務の分担構造を変更して総コストの削減を図るという対応をとる．

(3)　長期的な業務構造の変更による移動の削減

企業は長期的には，各地域の雇用者の配置変更を含めた業務構造の変更を図ることとなる．

(4)　企業の業務構造変化の計算例

企業の階層ごとの IT 手段への代替率可能性に関する 2 種類の仮定のそれぞれに対して，短期・中期・長期という 3 段階を考えた 6 つのケースを作成し，計算対象とするパラメータ値を持つ企業がそれぞれの対応を行った場合の最適業務構造とそれに対応する業務交通量の計算を行った．

業務構造に変化が生じた企業の一例として，大阪本社 6 階層をもつ企業が長期的対応をとった場合の業務構造の変化を**図-8** に示す．高階層ほど IT 代替が困難なケース(a)では上位の支社数が減り，最下層支社のみの配置に変化した．一方，高階層ほど IT 代替が容易なケース(b)では埼玉，岡山，熊本などに新たに最上位の支社が配置されるなど，従前よりも高階層の支社が増えた．以上のように，この例の全国企業では，IT 代替が容易な階層の支社や業務を増やすような業務構造の変化が起こる．また，この時の企業の総費用と総トリップ数の従前の値と 6 つの対応ケースの値を**表-4** に示す．業務構造の変更によって，企業のコストと業務交通量の削減が実現していることが確認できる．

6.　企業の CIVID-19 への対応の結果としてのマクロな業務流動量の予測結果と変動の考察

最後に，4.で求めた特性を持つ企業がそれぞれ，5.で述べたような 6 通りの対応行動をとる場合に，結果として現れるマクロな都道府県間業務流動量を求め，2. で明らかにした実証データとの比較を行う．

(1)　マクロな都道府県間業務交通量の予測

4.で最終的に残った 10 通りの業務組織を持つ企業が，それぞれ，5.で述べたような 2 つの条件下での 3 通りの対応行動をとる場合の都道府県間業務交通量は，5.における予測結果を 4.の**表-2** の比率を重みとして足し合わせることで得られる．

(2)　都道府県間業務交通量の距離別累積分布

以上の業務交通量の予測結果から，累積トリップ数と累積比率のグラフを作成したものを**図-9** に示す．実線で示した累積滞在数を見ると，企業のコロナ禍対応によって 5~40%程度減少している．次に点線で示した累積比率

を見ると，高階層ほど IT 代替が容易であるという想定での長期的対応時（3b）に，中距離トリップ比率が増加している．

(3) 観測された距離別累積分布との比較

先に 2.の**図-5** で示した，COVID-19 蔓延以降の観測された業務交通量の距離別累積分布から，2021 年と 2022 年の第一四半期は 2019 年の約 30%減であり 2023 年には 20%現程度に回復した．しかし距離帯別の減少率は一様ではなく，2021~2023 年は全体に占める中距離帯のトリップ数の割合が多くなり，逆に長距離帯のトリップ数の割合は少なくなっていた．

このことと上記の予測結果を比較すると，高階層ほど IT 代替が容易であるという想定での長期的対応時（3b）の変化によく照合する．

すなわち，コロナ流行後における中距離トリップ比率の増加は，各地方により上位の支社を設置しより上位の業務まで行うことで，本社への集約業務の量を減らし，企業の総費用と総トリップ数を減少させる，という企業の長期的対応が進行し，地方圏から本社への長距離トリップが，複数の中距離トリップに置き換えられた結果が現在でも定着していることを表していると解釈できる．

7. おわりに

本研究では，COVID-19蔓延が始まった2020年以降の都道府県間の業務交通量の変動をDocomoのモバイル空間統計を用いて分析し，全体量が30%程度減少してから回復しているものの，20%減という状況にあり，コロナ禍前の水準に戻る可能性は小さいこと，特に長距離帯を中心に減少が著しいことを確認した．次いで，業務構造最適化モデルを順次拡張しながら，コロナ禍における段階的な企業行動による業務構造の変化を演繹的に分析する手法を提案し， 上記の中距離トリップ比率の増加が，高階層IT代替が容易な企業の長期的対応により，かつての地方圏から首都圏といった長距離トリップが複数の中距離トリップに分割されたことに起因するものであると解釈することが出来た．

今後はさらに実証データを更新しつつ，モデルの計算値への回帰分析などを追加し，コロナ禍が与えた影響を多面的に理解することを目指したい．

謝辞：本研究は日本学術振興会科学研究費基盤研究(A) 22H00222 の一環として実施された．Docomo モバイル空間統計の使用にあたり，東北大学災害科学国際研究所災害レジリエンス共創センターの支援を得た．記して感謝の意を示す．

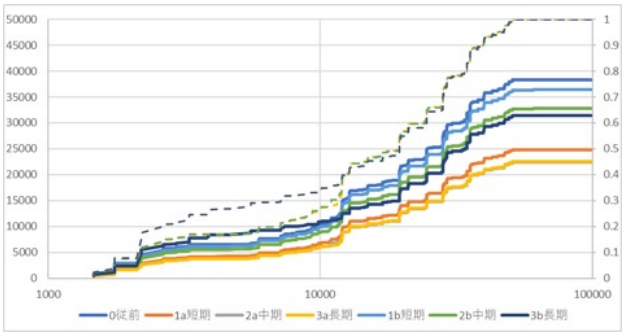


図-9 10 構造の全国企業の業務交通を重ね合わせた一般化費用に対する累積トリップ数と累積比率

NOTES

注1) ドコモ・インサイトマーケティング社：モバイル空間統計 https://mobaku.jp/

注2) 総務省統計局：経済センサス https://www.stat.go.jp/data/e-census/2014/kekka.html

注3) 国土交通省：全国幹線旅客純流動調査, http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_fr_000016.html.

注4) 厚生労働省：地域別最低賃金改定状況 https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukijun/minimumichiran/

REFERENCES

1) 廣井悠：「COVID-19に対する日本型ロックダウンの外出抑制効果に関する研究」,都市計画論文集 55-3, pp.902-909, 2020. [Hiroi, U.: A Study on the Effect of Japanese-style lockdown on Self-restraint Request for COVID-19, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, 55-3, pp. 902-909, 2020.]

2) Riku Takeda, Ryoko Komatsuzaki, Mamoru Taniguchi. The elasticity of the changes of behavior due to COVID-19. Reports of the City Planning Institute of Japan. 2020, Vol.19, No.3, p.311.

3) 赤塚昌哉・奥村誠: モバイル空間統計による近年の都市間移動パターンの変動分析 –新型コロナウイルス感染症が出張移動に与えた影響に着目して–, 2022.11.13, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.66, No.22-2. [Akatsuka,M. and Okumura,M.: Recent trends of inter-prefectural travel patters analyzed by the Mobile spatial statistics of DOCOMO Insight Marketing, INC. —Focusing on business travels during the COVID-19 pandemics in Japan—, Proceedings of Infrastructure Planning, Vol.66, No.22-2., 2022.]

4) 山口涼，齊藤千紗：ポストコロナの働き方と鉄道事業者が注目すべき変化，運輸と経済，82 巻 6 号,pp.28-36,2022. [Yamaguchi, R. and Saito, C.: Posuto coronano hatarakikatato tatsudojigyoushaga chuumousubeki henka, Transportation & Economy, Vol.82, No.6, pp.28-36,2022.]

5) 安達弘展：新型コロナウイルスが出張に与えた影響と収束後の出張について，運輸と経済，82 巻 6 号,pp.42-47,2022. [Adachi,H.: Shingata koronauirusuga shucchouni ataeta eikyouto shusokugono shucchounituite, Transportation & Economy, Vol.82, No.6, pp.28-36,2022.]

6) 奥村誠・高田直樹・大窪和明： 多階層最適企業組織配置モデルに関する研究， 2011.10， 土木学会論文集 D3, Vol.67, No.4, pp.408-421. [Okumura, M., Takada, N. and Okubo, K.: A Study of Hierarchical Organization Location Model for Service Industry Enterprise, Jounal of JSCE, D3, Vol.67, No.4, pp.408-421, 2011.]
7) 石川拓武, 奥村誠： 北陸新幹線整備が代表的企業の業務構造にもたらす影響のモデル分析， 2021.4， 土木学会論文集 D3,76(5), pp. I_451-I_460. [Okumura, M., Takada, N. and Okubo, K.: A Study of Hierarchical Organization Location Model for Service Industry Enterprise, Jounal of JSCE, D3, Vol.67, No.4, pp.408-421, 2011.]
8) 石川拓武・奥村誠： 最適業務配置モデルを用いた雇用分布と業務交通の逆解析， 2022.6.5（オンライン）， 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM)， Vol.65， No.44-2． [Ishikawa, T. and Okumura,M.: Inverse Analysis of Employment Distribution and Business Travels using Optimal Work Location Model, Proceedings of Infrastructure Planning, Vol.65, No.44-2., 2022.]

(Received October 13, 2023)

INTER-PREFECTURAL BUSINESS TRAVEL AFTER COVID-19 INFECTION − REVISION FROM OPTIMAL BUSINESS STRUCTURE LOCATIONS −

Makoto OKUMURA and Masaya AKATSUKA

Due to the spread of COVID-19 infection starting in winter 2020, among inter-prefectural travels, the business purpose travels, have been significantly decreased. In this study, we first grasp the decreasing trends unevenly appeared in the different distance ranges, based on Docomo's Mobile Statistics Data. Next, we proposed a method to deductively analyze the characteristics of firm behavior in each of the three phases of the business structure optimization model: 1) a short-term response in which information exchange is replaced by IT means, 2) a medium-term response in which work assignments are adjusted under the existing employment distribution, and 3) a long-term transformation of business structure including employment distribution. Comparison of the distance-composition of the simulated business travels with that of actually observed, we found that some firms had adjusted their business structure into more flat one, taking advantage of IT substitution amoung higher layer workers.