COVID-19 蔓延による
都道府県間業務移動の変化の分析

Analysis of changes in inter-prefectural business travel due to the COVID-19 infestation

赤塚 昌哉*
Masaya AKATSUKA

*地域計画学・レジリエンス計画研究室（指導教員：奥村誠 教授）

Due to the spread of COVID-19 infection starting in winter 2020, among inter-prefectural transportation movements, the flow for work purposes, which had been considered "stable," will decrease significantly, and there is a large possibility that it will not return to its original volume even after the COVID-19 infection subsides. In this study, using a business structure optimization model, we propose 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.

Key Words: COVID-19, inter-prefectural business travel, optimal office location model

1. はじめに

COVID-19 の流行から 3 年以上が経った現在でも，人々の都市間移動はコロナ前の水準まで戻っていない．その中でも仕事目的の都市間移動に着目すると，COVID-19 が流行した現在では，テレワークや会議のオンライン化の普及が進み，これまで出張により対面で行われてきた業務の内容が，本当に対面で行うべき仕事かどうかという観点での選別がなされているということが考えられ，出張などの仕事目的の移動需要に対して需要関数そのものの縮小方向への変化が起きている可能性が予想される．

そこで本研究では，今後の都市間の仕事目的の移動（出張）の動向を演繹的に見通すために，出張業務最適化モデルによる分析方法を提案する．全国に顧客を持つような企業（全国企業）が高度な業務を効率的に処理するために階層的に支社を配置すると各都道府県の支社・本社間に情報交換の流れが発生するが，COVID-19 流行以前はこうした情報交換のほとんどが，従業者の都市間移動（出張）により行われていたと考えられる．

ここで，COVID-19 の流行により都市間移動の心理的コストが増大したことを想定する．まず企業は 1）所与の都市間情報交換を，オンライン会議などの IT 手段で代替して都市間移動（出張）を減少させると考えられる．このとき，業務の内容により，IT 手段への代替率が異なることを考慮する必要がある．ついで企業は，2）交通流動を圧縮して総コストが小さくなるように，既往の従業者の雇用分布の下で組織内での業務分担を調整する中期的な対応をとる．さらに企業は，3）全国的な雇用者の配置変更を含めた業務構造の長期的な変更により更なるコスト圧縮を図ることになる．本研究では，石川・奥村 [1)]が過去に提案した出張業務最適化モデルを拡張し，これらの各段階の企業行動に即して起こる都市間業務交通量の変化を演繹的に分析することで，実際に COVID-19 の流行後に起きた都市間業務交通量の減少傾向を演繹的に説明することを試みる．

2. コロナ禍以前を想定した企業の業務配置モデル

(1) モデルの考え方

本研究では石川・奥村 [1)]で提案された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，地域企業全体の業務配置が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 1 に示す．

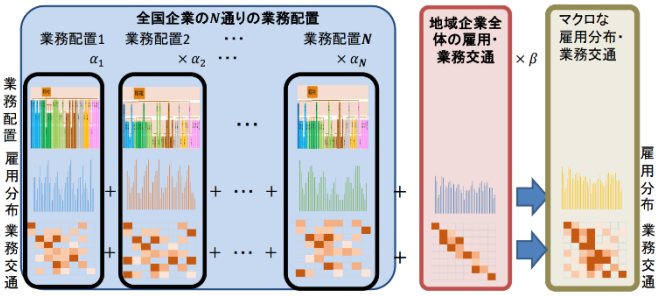

図 1　ミクロな企業とマクロな雇用分布・業務交通量の関係

(2) 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．

3. 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し，対応するパラメータ値の組み合わせに対して，4 章でコロナ禍への反応の分析を行う．

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て，

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 $S_j^n \leq \lambda\cdot X_j^n,\ \forall n\in M, \forall j\in I$
階層の存在条件 $\sum_{j\in I} X_j^n \leq 46\cdot(L^n - H^n) + H^n,\ \forall n\in M$
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 $\sum_{j\in I} Y_{i,j}^{n+1} \geq r\cdot S_i^n,\ \ if\ H^n \neq 1, \forall n\in M, \forall i\in I$
下層からの業務量 $S_i^n \geq \sum_{i\in I} Y_{i,j}^n,\ \forall n\in M, \forall j\in I$
本社階層までの支社数 $\sum_{j\in I} X_j^n \geq L^n,\ \forall n\in M$
本社設置数は 1 $\sum_{j\in I} X_j^n = 1,\ if\ H^n = 1, n\in M$
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 $w_j^n = \omega'\left(\frac{1}{r}\right)^{a(n-1)} + v_j$
添字の定義
$i,j\in I$: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$n$階層雇用者賃金の設置を意味する 0-1 変数 $L_n = \{0,1\}, \forall n\in M$:第$n$階層の設置を意味する 0-1 変数 $H_n = \{0,1\}, \forall n\in M$:第$n$階層に本社が設置されていることを意味する 0-1 変数 $S_j^n \geq 0, \forall n\in M, \forall j\in I$: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間の片道交通費，$t_{i,j}$:地域i,j間の片道所要時間 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:業務集約計数，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

| | | |

表 2　コロナ対応前後の総費用・業務交通量の例

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

5. コロナ禍の企業対応による業務交通の変化の考察

最後に，日本全体のマクロな業務交通分布のコロナ流行前後の実証データを一般化費用順の累積分布曲線を用いて確認し，企業がコロナ対応を行った場合の業務交通分布の推定結果と照合して，企業対応の進捗に関する考察を行う．

実証データとして，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 2019～2023 年の各年第一四半期で集計した．累積滞在数（左軸）とその累積比率（右軸）の 2 軸グラフを図 4 に示す．

まず実線で示した累積滞在数を見ると，コロナ前の 2019 年と比較したとき, 2020 年の累積滞在数は流行初期であったため 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．次に点線で示した累積比率を見ると，コロナ前の 2019 年と比較して，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とが確認できる．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．

次に，10 通りの構造を持つ全国企業が 6 通りの対応を取った場合の業務交通量の推計値に，回帰分析による逆推定で得られた業務構造別存在比率を掛け合わせることで，COVID-19 流行後の日本全体のマクロな業務交通分布の推定を行った．その結果から累積トリップ数とその累積比率の 2 軸グラフを作成したものを図 5 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 代替が容易なケースの長期的対応時(3b)に，中距離トリップ比率が増加している．

実証データから得られた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．

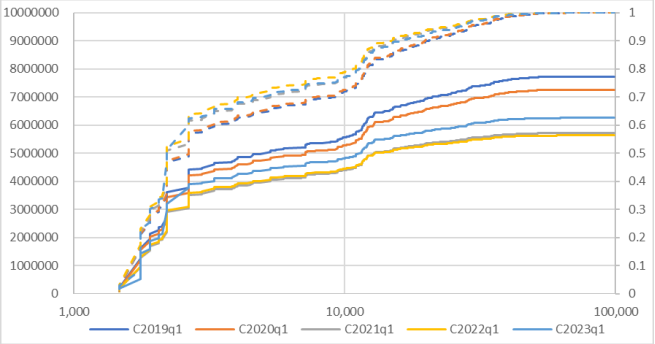

図 4　平日昼間の他都道府県居住者の累積滞在数と累積比率

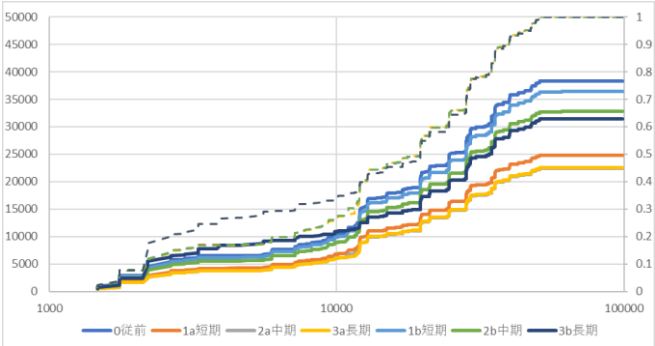

図 5　10 構造の全国企業の重ね合わせの累積トリップ数と累積比率

6. おわりに

本研究では，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の特徴を演繹的に分析する手法を提案し，現実に観測されている日本のマクロな都市間業務交通における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．

今後は実証データを用いたモデル計算を追加していくことで，コロナ禍が与えた影響を多面的に理解していくことが望まれる．

参考文献

1) 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.1156.

（2023 年 7 月 25 日提出）