

生存期間モデルによる出社・退社時刻の要因分析¹

Duration Models for Daily Working Time

奥村 誠²・張 峻屹³・永野光三⁴

Makoto OKUMURA, Junyi ZHANG and Mitsuzo NAGANO

1. はじめに

交通需要マネジメント (TDM) の中でも即効性があると考えられているのが、通勤交通のピークを時間的にずらす「時差出勤」である。労働者の自主的な早朝出勤に加えて、企業が始業時刻を弾力化する時差出勤制度、およびフレックスタイム制度が創設され、その適用を受ける労働者は1992年現在34%に達し、年々増加する傾向にある¹⁾。制度の導入に留まらず、計画的に時差出勤を実施することも各地で試行され、交通混雑緩和に大きな効果がある可能性が報告されている²⁾。それを受けて、本格的に時差出勤を進めていこうと考える自治体も増加している。

しかし、実際に時差出勤が定着するためには解決しなければならない課題がある。フレックスタイム制度の適用企業の労働者に対するアンケート調査によると、制度導入前と比べ通勤時刻を実際に変更した人は4割に過ぎない³⁾。「朝早く起きるのがつらい」「早いと電車が混んでいる」「遅いと周囲に気兼ねする」「帰宅時間が遅くなる」などの個人的な理由や、「上司や同僚との連絡が取れない」という業務上の理由が挙げられている。このうち個人の生活への影響は、交通行動分析を通して間接的に明らかにされつつある⁴⁾。

一方、企業の業務活動への影響は検討されていない。手始めとして、業務の行なわれる時間帯の傾向を把握する必要があるが、特定の企業を対象に調査を行なうことには限界がある。複数年次のパース

ントリップ調査の結果を用いて出社・退社時刻や業務活動時間の長期的な変化を分析する試みもなされている⁵⁾。しかし、従業地、職種、業種、年齢、性別など、影響を与える要因の数が多く、比較年次間にこれらの構成が同時に変化するために生態学的バイアスが発生し、平均や分散などの集計量を用いた分析では、要因の効果を分離することが困難であるという問題がある⁶⁾。またセグメンテーションを行なうには十分なサンプルがないことが多い。

本研究では1980年と90年の京阪神都市圏パーソントリップ調査の個票データについて、出社時刻と退社時刻の要因分析を行なう。その際、近年交通計画分野での応用が進みつつある「生存期間モデル」を用いる。非集計データを用いて各種の要因の効果を同時に考慮することにより、生態学的バイアス、セグメンテーションの困難さの問題を回避する。また、業務交通時刻のモデルの推定結果と対応させることにより、出勤行動と業務行動との関連性について考察する。

2. 生存期間モデルによる分析

出社、退社という現象は連続する時間の上で発生する現象である。しかし、早朝にはほとんど発生がみられず、徐々にこれらの現象が発生して一日の終わりまでにはすべての人々が出社や退社を行うと考えられる。これを生物の死亡と同じように、時間が経てば必ず発生する現象であると考え、その時間分布に着目して分析を行うことができる。

(1) 生存期間モデル

生存期間を扱うモデルは生存期間モデルと呼ばれ、生物統計学や医学、信頼性工学の分野で多く用いられてきた。近年になり、交通計画の分野でも応

¹ Key Words: 時刻選択, 交通行動分析, 交通調査

² 正会員・工博・広島大学助教授・工学部第4類 (建設系)

(〒739 広島市鏡山1-4-1) Tel&Fax 0824-24-7827

³ 正会員・工博・広島大学助手・工学部第4類 (建設系)

⁴ フェロー会員・中央復建コンサルタンツ (株)

(〒532 大阪市淀川区西宮原1丁目8-29-35)

Tel 06-393-1135 Fax 06-393-1145

用が進みつつある⁷⁾。生存期間モデルでは生存期間が一定の時間を超える確率を表わす生存関数、または瞬間における死亡確率を表わすハザード関数を用いて事象の発生をモデル化する⁸⁾。

生存期間モデルに要因の効果を取り入れるには2つの方法がある。加速モデルとは、まず生存関数に特定の基準関数を想定し、他の要因の影響でこの期間（時間軸）が伸び縮みすることにより事象の発生時刻が変動すると考えるモデルである。一方、比例ハザードモデルとは、基準となるハザード関数を想定し、他の要因の影響でこのハザードの値が増加したり減少したりすると考えるモデルである。両者の間には相互に変換できる関係がありどちらを使用しても良いが、ここでは時刻が何分ずれるかという形で各要因の影響を算出することができる加速モデルを適用する。

加速モデルでは、まず基準となる生存関数を想定する。一般的には、次のような分布のうち、最も当てはまりの良いものが選ばれる。

- ・ 指数分布： $S(t_0) = \exp(-\alpha t_0)$
- ・ ワイブル分布： $S(t_0) = \exp(-\alpha t_0^\gamma)$
- ・ 対数正規分布： $S(t_0) = 1 - \Phi((\log(t_0) - \mu)/\sigma)$
- ・ 対数ロジスティック分布： $S(t_0) = 1/(1 + \alpha t_0^\gamma)$

ただし、 t_0 は基準時間、 Φ は正規分布の累積分布関数、 $\alpha, \gamma, \sigma, \mu$ は形状パラメータである。後の分析ではまず全体のデータへの当てはまりを比較し、対数ロジスティック分布を用いている。次に説明変数の影響による生存期間の伸び縮みを考える。この伸び縮みの効果は生存期間に乗ずる形で起こると考え、

$$T = T_0 \exp(\mu + X\beta) \quad (1)$$

とおく。ただし、 T は実生存時間、 T_0 は生存関数に従い分布する基準生存時間、 X は説明変数である。その対数をとると、

$$\log T = \sigma \log T_0 + \mu + X\beta \quad (2)$$

となり、 $\log T$ に対する線形回帰によって切片 μ 、尺度母数 σ 、説明変数の効果を表わすパラメータ β を求めることができる。 β が正であれば、時間軸が伸びて事象の発生は遅くなるという効果があると解釈できる。推定にはSAS統計パッケージのLIFEREGプロシジャーを使用した。

このモデルでは、ある要因が1変化した場合に分

表-1 出社時刻モデルの推定結果

出社時刻モデル 対数尤度 2465868 N=62452			
変数	係数推定値	t 値	効果(分)
労働時間 (分)	-0.0003	-639.6	0.000
専門職	0.0330	184.6	0.036
事務職	0.0337	181.1	0.036
管理職	0.0454	202.7	0.049
販売サービス職	0.0534	259.1	0.058
勤務大阪府下	-0.0334	-252.8	-0.035
勤務大阪市内周辺部	-0.0283	-184.8	-0.030
農林水産業	-0.0522	-58.0	-0.054
建設業	-0.0285	-100.6	-0.030
運輸通信業	-0.0210	-66.3	-0.022
製造業	-0.0154	-66.6	-0.016
電気ガス水道業	-0.0122	-32.2	-0.013
金融保険不動産業	-0.0084	-29.4	-0.009
商業	0.0106	41.4	0.011
サービス業	0.0164	67.7	0.018
0 男性、1 女性	0.0109	78.9	0.012
20～39才	0.0050	31.6	0.005
40～59才	0.0109	78.6	0.012
5～19才	0.0421	3.6	0.046
切片	6.3981	16618.5	
尺度母数	0.0577	2061.0	

布が何分ずれるかという形で各要因の影響力を調べることが可能である。具体的には、対数ロジスティック分布の中央点の移動量を計算することにより、

$$\Delta t = (\exp\beta - 1)\exp(\mu) \quad (3)$$

によって求められる。

なお本分析では生存時間の基準をすべて午前0時とし、調査日に自宅から大阪府内へ通勤し、自宅へ帰宅したサンプルを対象として分析を行なった。

(2) 出社時刻モデル

90年のデータに対するモデルの推定結果を表-1に示す。すべてのパラメータが0.1%有意であるモデルについて、説明力の高いアイテムの順に、効果が負（発生時刻が早い）から正（発生時刻が遅い）の順に変数を配列している。右端には(3)式で求めた説明変数の効果の大きさを示している（以下の表も同様に作成されている）。

出社時刻は労働時間の影響を最も強く受けており、つづいて職種、勤務地の影響が強く、これら3つの要因と比較すると産業、性別、年齢の影響はかなり小さい。それぞれの影響の方向は常識的である。すなわち、労働時間が長いほど出社時刻は早くなる。作業職に比べ専門職、事務職、管理職、販売サービス職は遅く、勤務地が都心に近いほど遅くなる傾向

表－2 退社時刻モデルの推定結果

退社時刻モデル		対数尤度	4431649 N=62452	
変数	係数推定値	t 値	効果(分)	
労働時間(分)	0.0008	2960.8	0.001	
勤務大阪府下	-0.0170	-250.6	-0.017	
勤務大阪市周辺部	-0.0142	-179.7	-0.015	
専門職	0.0156	169.6	0.016	
事務職	0.0168	172.7	0.017	
管理職	0.0199	174.2	0.021	
販売サービス職	0.0240	226.8	0.025	
農林水産業	-0.0575	-107.3	-0.058	
建設業	-0.0144	-99.5	-0.015	
運輸通信業	-0.0119	-72.9	-0.012	
製造業	-0.0100	-84.4	-0.010	
電気ガス水道業	-0.0082	-41.6	-0.008	
金融保険不動産業	-0.0061	-41.3	-0.006	
商業	0.0031	23.3	0.003	
サービス業	0.0057	45.5	0.006	
0 男性、1 女性	-0.0061	85.2	0.006	
切片	6.5222	31057.9		
尺度母数	0.0303	2017.5		

がみられる。

(3) 退社時刻モデル

モデルの推定結果を表-2 に示す。退社時刻も出社時刻と同じく労働時間の影響を最も強く受けており、勤務地、職種の順に影響を強く受ける。農林水産業を除いて業種、性別の影響は小さい。労働時間が長いほど退社時刻が遅くなり、勤務地が都心に近いほど遅くなる。また作業職に比べ専門職、事務職、管理職、販売サービス職は遅くなる傾向がみられるなど、影響の方向は常識的であり、出社時刻への影響の方向と一致している。

式(3)の値から、各要因が出社時刻と退社時刻へ及ぼす影響の大きさを比較すると、労働時間は退社時刻に与える影響の方が大きいのに対し、職種などその他の要因は退社時刻より出社時刻へ大きく影響していることがわかった。

(4) 長期的変化

以上の出社・退社時刻モデルについて、80年のデータを用いても、ほとんど同じパラメータ値が得られた。このことから出社・退社時刻の決定要因はこの10年間で安定しており、休日増加のしわ寄せによる平日労働時間の増加の影響⁵⁾によって出社・退社時刻の変化がほぼ説明できることがわかった。

3. 業務交通時刻との関連性

出社時刻、退社時刻の分布は企業の独自の判断ばかりではなく、業務上取引をもつ他の企業の業務時刻との関係で決められている可能性がある。他の企業と間の業務としては、電話、ファックスによる連絡や会議、打ち合わせ、納品、集金、購入、修理、点検などの業務があげられるが、ここではPT調査で把握できる業務トリップの出発時刻と勤務先への帰社トリップの出発時刻を分析する。

表-3は大阪府内を午前中に出発する業務トリップの出発時刻について、加速モデル型の生存期間モデルを当てはめた結果である。これを表-1の出社時刻モデルと比較すると、業種、職種による業務トリップ出発時刻への効果と出社時刻への効果がほぼ一致している。これより、出社時刻の決定に際して業務の開始時刻を考慮している可能性が大きい。

表-4は大阪府内の勤務先に午後3時以降に戻ってきた帰社トリップの出発時刻、すなわち業務の終了時刻について、生存期間モデルをあてはめた結果である。表-2の退社時刻モデルと比較すると、業種、職種の効果はあまり一致しない。よって退社時刻が業務の終了時刻により決定されている可能性は小さい。

4. 自宅出発時刻・帰宅時刻との関連性

自宅出発時刻・帰宅時刻についても同様の説明変数を用いて生存期間モデルを推定したが、その精度は先の各モデルよりも劣ることから、出社時刻、退社時刻が先に決まり、その影響を受けてこれらの時刻が決められていると考えるのが妥当である。実際、出社時刻、退社時刻を説明変数として取り入れれば、自宅出発時刻・帰宅時刻モデルの精度は格段に向上した。

結果の詳細は省略するが、通勤距離が1 km 長いと出勤時刻は0.66分早く、帰宅時間は0.53分遅くなる。また利用交通手段の影響も顕著で、公共交通を利用する人は他の交通手段利用者より出勤時刻が早い、それ以上に帰宅時刻は遅くなる。これは帰宅時の方が公共交通のサービスレベルの距離帯ごとの差が大きいことを反映している。

表-3 業務トリップ出発時刻モデルの推定結果

業務出発時刻	対数尤度	474165	N=10135
変数	係数推定値	t 値	効果(分)
業務域外	-0.1785	-203.8	-94.123
業務滋賀	-0.1220	-56.2	-66.116
業務京都市	-0.1213	-99.7	-65.769
業務神戸市	-0.0788	-71.9	-43.625
業務和歌山	-0.0765	-32.6	-42.392
業務京都府下	-0.0542	-35.4	-30.349
業務奈良	-0.0541	-49.2	-30.327
業務兵庫県下	-0.0438	-56.2	-24.652
業務大阪市周辺部	-0.0140	30.8	8.114
業務大阪府下	0.0204	45.6	11.866
作業業務	-0.0610	-142.8	-34.055
輸送を伴う業務	0.0144	34.1	8.356
会議打ち合わせ	0.0154	41.4	8.951
勤務大阪府下	-0.0593	-134.5	-33.156
勤務大阪市周辺部	-0.0458	-104.8	-25.769
専門職	0.0101	23.3	5.827
販売サービス職	0.0293	58.1	17.128
事務職	0.0378	65.1	22.177
管理職	0.0396	75.7	23.243
農林水産業	-0.1001	-58.5	-54.864
建設業	-0.0844	-53.4	-46.620
電気ガス水道業	-0.0352	-20.9	-19.941
運輸通信業	-0.0341	-20.8	-19.297
製造業	-0.0247	-15.6	-14.039
公務	-0.0242	-14.2	-13.772
商業	-0.0232	-14.4	-13.221
サービス業	-0.0211	-13.3	-11.999
金融保険不動産業	-0.0095	-5.8	-5.466
1男、2女	0.0211	53.7	12.274
20～39才	-0.0097	-19.1	-5.571
40～59才	0.0030	9.0	1.753
切片	6.4006	3809.9	
尺度母数	0.1227	1226.8	

5. おわりに

生存期間モデルによる出社時刻と退社時刻の要因分析の結果、労働時間、職業、勤務地の影響が大きいことが確認できた。このことから、今後の時差出勤施策においては長期的な労働時間や職業構成の変化を考慮する必要がある。企業内で職種ごとに時差を付けることには限界があるから、今後は勤務地ごとに時差をつけることが必要である。表-1のように現在は都心に近いほど出社時刻が遅い。都心周辺部では、郊外から都心への通勤者と、周辺部への通勤者が時間的に重なり、交通混雑を起している。都心の出社時刻をさらに遅くする時差出勤を導入すると、この混雑が悪化し、他の地域の企業との業務時間の重なりが減少して業務上の悪影響が出る可能性がある。よって大阪都市圏のように通勤距離が長

表-4 帰社トリップ出発時刻モデルの推定結果

帰社出発時刻	対数尤度	454225	N=4914
変数	係数推定値	t 値	効果(分)
事務職	-0.0329	-65.3	-0.034
管理職	-0.0289	-57.2	-0.030
販売サービス職	-0.0231	-48.5	-0.024
専門職	-0.0131	-29.4	-0.014
5～19才	-0.0059	-7.1	-0.006
40～59才	0.0183	58.9	0.019
20～39才	0.0195	45.0	0.021
農林水産業	-0.0349	-21.2	-0.036
金融保険不動産業	0.0040	6.0	0.004
運輸通信業	0.0127	17.0	0.013
商業	0.0184	30.2	0.019
製造業	0.0191	31.7	0.020
建設業	0.0199	33.4	0.021
電気ガス水道業	0.0262	31.8	0.028
サービス業	0.0280	47.9	0.030
切片	6.9025	11758.9	
尺度母数	0.0468	780.5	

く、周辺部でも混雑が生じている都市では、都心部の出社時刻を早める時差出勤策が有効であると考えられる。

今後は生存期間モデルの行動学的解釈を進め、分析結果の政策的意義を明らかにしていきたい。なお、京阪神都市圏交通計画協議会にはPTデータの使用承認をいただいた。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 労働省政策調査部編：賃金・労働時間制度の実態、労働行政研究所、1994
- 2) 小野島清高・龍野彰男：岐阜市における交通需要マネジメントの効果に関する研究、土木計画学研究・講演集、18(1)、421-422、1995
- 3) 岩谷成志・遠藤弘太郎：鉄道利用者を対象としたオフピーク通勤への遷移可能性に関する考察、土木計画学研究・講演集、18(1)、97-98、1995
- 4) 竹村宗能・家田仁・佐野可寸志・三島大輔：フレックスタイム制度下における鉄道通勤者の出勤時刻の分析、土木学会第50回年次学術講演会、IV、180-181、1995
- 5) 奥村誠・永野光三・田中功：PTデータから見た仕事時間の長期的変化、土木学会第50回年次学術講演会、IV、842-843、1995
- 6) 中村文彦・宇都優二・中島彰子・森田哲夫：PTデータから見た通勤交通の時間分布特性に関する分析、土木計画学研究・講演集、18(1)、317-320、1995
- 7) Hensher D.A. and Mannering F.L.: Hazard-based duration models and their application to transportation analysis, Transport Reviews, 14(1), 63-82, 1994
- 8) 大橋靖雄・浜田知久馬：生存時間解析、東京大学出版会、1995