

MTシステムによる通勤時間に関する研究

Study of Commuter Time by MT system

有限会社 増田技術事務所 増田 雪也

1. はじめに

MTシステムの一つであるT法¹⁾は、欠測データがあっても計算できるというメリット²⁾があり、従来の重回帰分析よりも手軽に活用できるツールとして普及が進んでいる。筆者は以前、趣味であるタコ釣りにT法を活用³⁾し、釣果予測および釣果に効く因子を明らかにした。T法は、データさえあればどんな事例にも活用できることから、今回は通勤時間に関する解析を試みた。

筆者は、品質工学のコンサルティングを生業としている。コンサルティング契約をしている顧客企業へ出向く際は社有車で移動しているが、朝の通勤時間帯は渋滞が激しい。渋滞の程度は日によって異なっており、20分程度で顧客企業に到着する日もあれば、1時間以上も要する日がある。そこで遅刻を避けるために、1時間以上を要する場合は、毎回早めに起床し、ホテルを出発している。この渋滞の程度(通勤時間)を正確に予測できれば、ギリギリまでホテルの寝床にとどまることができる。そこで本研究では、図1に示すように、この通勤時間についてT法を用いて検討を行った。その結果、通勤時間を推定することが可能となった。また、通勤時間に影響を与える因子を明らかにすることができた。

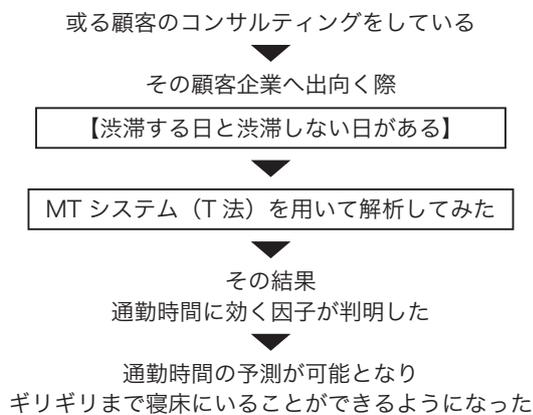


図1 研究の概要

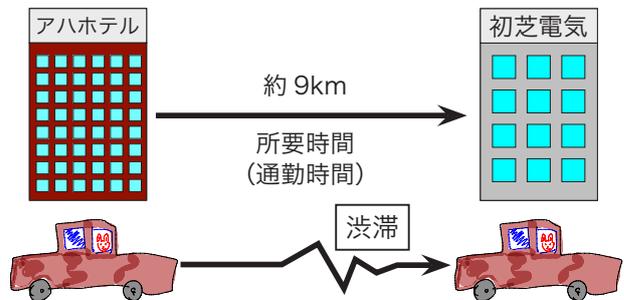


図2 通勤時間

2. 通勤時間のデータ

図2に通勤時間の概要を示す。筆者が宿泊しているホテルから或る顧客企業までは、距離にして約9kmである。社有車で移動であるが、途中、何か所かの渋滞ポイントがある。月1回のコンサルティングにてこの顧客企業を訪れる際、必ず通勤時間を記録している。図3に、5年間(計70回)の通勤時間を示す。通勤時間は通常30分前後であるが、酷い場合には60分以上の日もある。

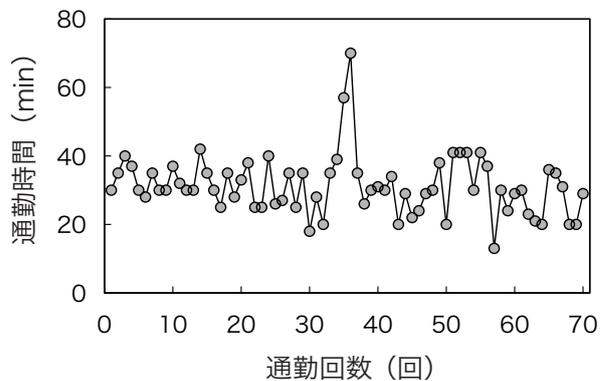


図3 通勤時間 (5年間:70回分) のデータ

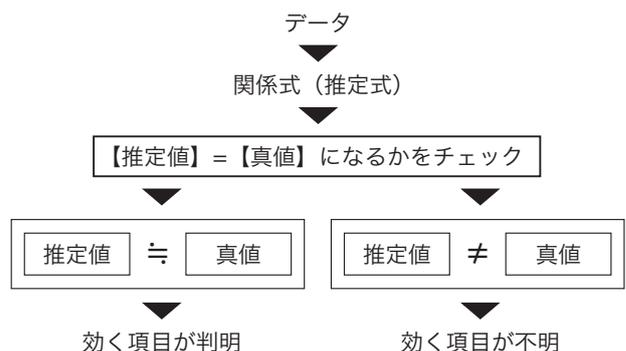


図4 T法での解析の流れ

表1 通勤データ (フェイク有り)

信号		項目																	
No.	通勤時間 (min)	出発時間 (min)	前日の最高気温 (°C)	前日の最低気温 (°C)	前日の降水量 (mm)	前日の降雪量 (cm)	前日の平均風速 (m/s)	当日の最高気温 (°C)	当日の最低気温 (°C)	当日の降水量 (mm)	当日の降雪量 (cm)	当日の平均風速 (m/s)	前日	当日	月	曜日	旬間	五十日	走行車線
1	35	49	31.4	22.5	0	0	2.1	25	23	0	0	2.7	平日	平日	8月	火曜日	下旬	×	右車線
2	31	47	28.9	19.8	0	0	1.9	23.4	20.6	21.5	0	4.2	平日	飛び石の平日	9月	月曜日	上旬	×	右車線
3	20	73	23.1	12.5	0	0	3	17.5	14.9	0	0	3	平日	平日	10月	金曜日	中旬	×	左車線
4	20	45	18.2	14	0	0	2.1	19.2	6.3	0	0	2.3	平日	祝日	11月	月曜日	下旬	○	右車線
5	20	47	8.2	1.1	7	0	14.5	7.9	8.9	0	0	1.2	祝日	平日	12月	火曜日	下旬	×	左車線

表2 項目「出発時間」

No.	出発時間 (min)	
1	49	→ 7:49
2	47	
3	73	→ 8:13
4	45	
5	47	

3. MTシステム (T法) での解析

T法での解析の流れを図4に示す。通勤時間に関するデータを用いて、後述する関係式(推定式)を作成し、T法による推定値と真値が一致するかを検証する。【推定値 = 真値】になれば、通勤時間に効く項目が判明する。逆に、【推定値 ≠ 真値】になると、効く項目は不明ということになる。以下にT法の手順に従って解析した結果を示す。

3.1 どんなデータを取るのかを検討する (項目の検討)

通勤時間に効く因子として、どんな項目を設定するかを検討する。この項目の中に、通勤時間に効く情報が入っていれば、推定値と真値は近い値となる。

今回の通勤時間の検討では、表1に示すように、出発時間、各種気象データ、平日/祝日/飛び石、月、曜日、旬間、五十日(ごとおび)、走行車線を項目として設定した。なお、顧客企業の特定を避けるため、この気象データにはフェイクを入れてある。以下に各項目別に詳細を述べる。

3.1.1 出発時間

出発時間のデータの一部を表2に示す。出発時間は、午前7時を起点として、そこからの経過時間とした。例えば、午前7時49分に出発した場合は、出発時間 = 49分となる。

3.1.2 気象データ

気象データは、気象庁のWebサイト (<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>) から入手した。表3にそのデータを示す。

3.1.3 平日/祝日/飛び石

通勤した当日および前日が、平日なのか、祝日なのか、飛び石の日なのかを項目として設定した。経験上、飛び石の日は渋滞が少ないと感じているからである。平日や祝日といったデータは、そのままでは数値計算ができない。そこで、表4に示すように、該当する場合は「1」、該当しない場合は「0」というようにデータ化した。

3.1.4 月

通勤した月は、季節的な要因の影響を調べる目的で設定した。これまでの経験から、冬期は渋滞が多いからである。月の数値そのものには、データとしての意味は無い。従って、表5で示すように、通勤した月の項目を【1月】【2月】【・・・】というように設定し、該当する月は「1」、該当しない月は「0」というようにデータ化した。

3.1.5 曜日

通勤した日付の曜日は、表6に示すように、その曜日に該当する場合は「1」、該当しない場合は「0」というようにデータ化した。

表3 項目「気象データ」

No.	前日の最高気温 (°C)	前日の最低気温 (°C)	前日の降水量 (mm)	前日の降雪量 (cm)	前日の平均風速 (m/s)	当日の最高気温 (°C)	当日の最低気温 (°C)	当日の降水量 (mm)	当日の降雪量 (cm)	当日の平均風速 (m/s)
1	31.4	22.5	0	0	2.1	25	23	0	0	2.7
2	28.9	19.8	0	0	1.9	23.4	20.6	21.5	0	4.2
3	23.1	12.5	0	0	3	17.5	14.9	0	0	3
4	18.2	14	0	0	2.1	19.2	6.3	0	0	2.3
5	8.2	1.1	7	0	14.5	7.9	8.9	0	0	1.2

表4 項目「平日・祝日・飛び石」

No.	前日が	当日が	前日が 祝日	当日が 祝日	当日が 飛び石
1	平日	平日	0	0	0
2	平日	飛び石の平日	0	0	1
3	平日	平日	0	0	0
4	平日	祝日	0	1	0
5	祝日	平日	1	0	0

表7 項目「旬間」

No.	旬間	上旬	中旬	下旬
1	下旬	0	0	1
2	上旬	1	0	0
3	中旬	0	1	0
4	下旬	0	0	1
5	下旬	0	0	1

表5 項目「月」

No.	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	8月	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	9月	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3	10月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4	11月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
5	12月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

表8 項目「五十日（ごとうび）」

No.	五十日	五十日
1	×	0
2	×	0
3	×	0
4	○	1
5	×	0

表6 項目「曜日」

No.	曜日	月	火	水	木	金
1	火曜日	0	1	0	0	0
2	月曜日	1	0	0	0	0
3	金曜日	0	0	0	0	1
4	月曜日	1	0	0	0	0
5	火曜日	0	1	0	0	0

表9 項目「走行車線」

No.	走行車線	走行車線
1	右車線	0
2	右車線	0
3	左車線	1
4	右車線	0
5	右車線	0

3.1.6 旬間

通勤した日付の旬間（上旬、中旬、下旬）についても、表7に示すように、「1」と「0」でデータ化した。下旬は何かと忙しいので、出勤する人が多くなり、渋滞が酷くなるのではないかと考えた。

3.1.7 五十日（ごとおび）

0か5の付く日（5日、10日、15日・・・）は五十日（ごとおび）と呼ばれ、昔から道路が渋滞する日と言われている。日本ではこれらの日に決済を行う会社が多く、集金や配達の手が多く走っているからである。五十日に該当するか否かを、表8に示すように「1」と「0」でデータ化した。

3.1.8 走行車線

通勤に使う道路は、片側2車線の道路である。当該地域のタクシー運転手によれば、右車線の方が早いそうである。そこで、毎回どちらの車線を使うかを事前に決めて走行し、その影響度を調べた。左車線を使うと決めた時は、左車線のみ通行し、右車線の時右車線のみ通行する。このデータも表9に示すように「1」と「0」でデータ化した。

3.2 関係式を作るためのデータをなるべく多く集める

次に関係式を作るために、通勤時間および項目のデータをなるべく多く集める。今回は5年間（70回分）の通勤データを集め、解析に用いた。

3.3 関係式（推定式）を作る

用意したデータを用いて、T法の関係式（推定式）¹⁾を作成した。この推定式はとてもシンプルな数式であり、高校卒業程度の数学的知識で容易に計算可能である。今回は、表計算ソフトMS-Excelを使って計算をした。重み付けのSN比 η については、清水らのエネルギー比型SN比⁴⁾を用いた。

3.4 推定したいサンプルのデータを取る

関係式を作るためのデータでは、表1で示したように70回分の通勤データを用いたが、推定したいサンプルのデータもこれと同じ70回分のデータを用いることとした。これはつまり「既知データの推定」を実施していることになる。

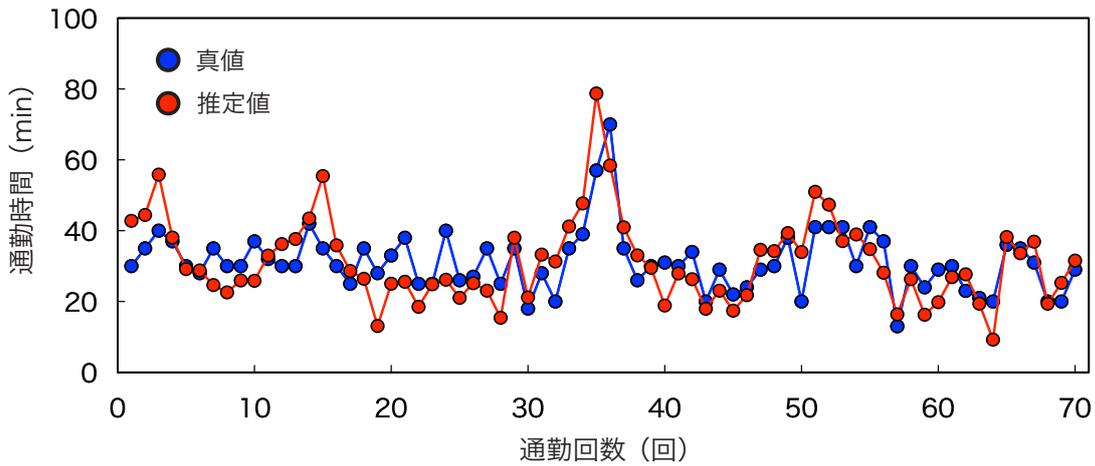


図5 既知データの推定結果

3.5 推定値と真値が一致するかを検証

3.5.1 既知データの推定

既知データの推定結果を図5に示す。横軸は通勤回数、縦軸は通勤時間 (min) である。通勤時間の「真値」と「T法により算出された推定値」が一致していれば、この次の手順で示す「通勤時間に効く因子」の結果が信用できることになる。逆に、一致していなければ「通勤時間に効く因子」の結果は信用できないことになり、『今回設定した項目には、通勤時間に関する有効な情報が含まれていなかった』という解釈になる。

図5のデータを、横軸を真値、縦軸を推定値としてプロットし直したものを図6に示す。今回の既知データの推定では、真値と推定値の相関係数は、 $R=0.726$ となった。

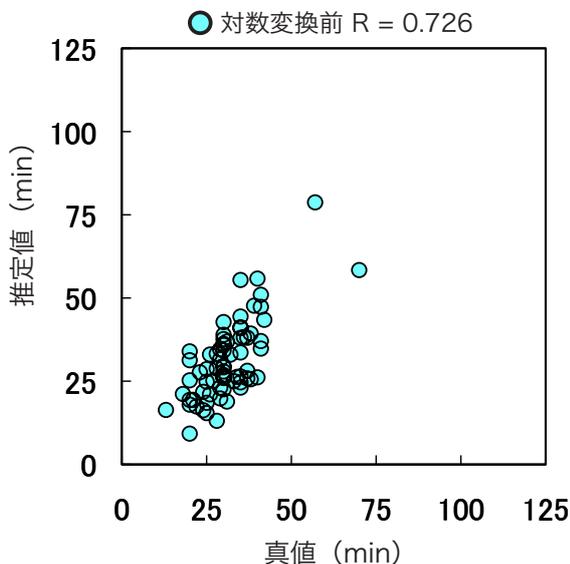


図6 既知データの推定

3.5.1.1 信号を対数変換

T法による解析では、信号を対数変換すると推定精度が上がる場合がある。よって、今回の解析においても、信号を対数変換し、その推定精度を検証した。その結果を図7に示す。対数変換により、相関係数は、 $R=0.726$ から $R=0.742$ に向上した。対数変換するとなぜ推定精度が上がるのかについては、渋滞のメカニズムを考察する上では重要である。しかし今回は、メカニズムの解明が主目的ではないため、結果オーライで対数変換を採用することにした。

3.5.1.2 項目選択の実施

次に項目選択を実施した。一般的な項目選択の方法では、2水準系の直交表に各項目を【採用する・採用しない】として割り付け、総合推定のSN比の増減を算出する。しかしこの方法では、MS-Excel

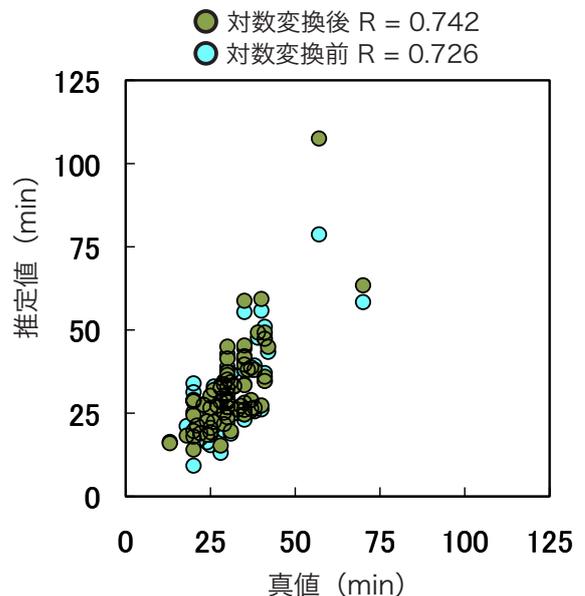


図7 既知データの推定 (対数変換後)

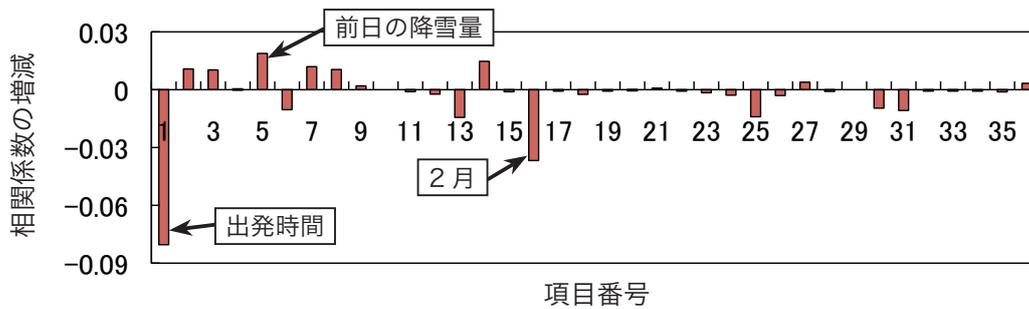


図8 項目を1つずつ除外して推定した時の相関係数 R の増減

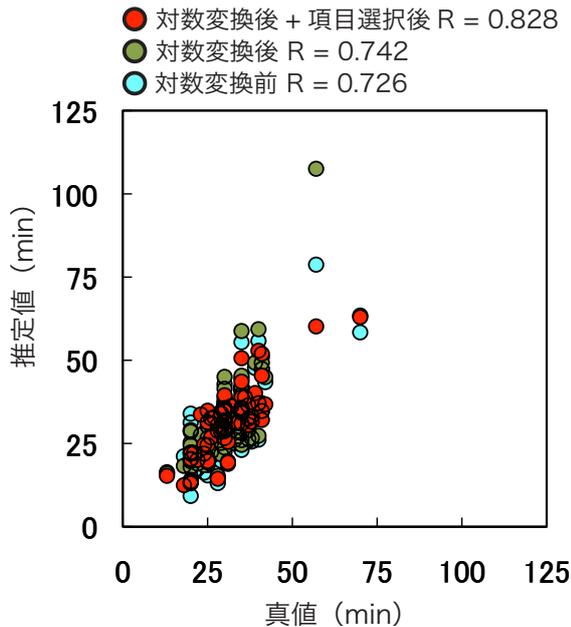


図9 既知データの推定 (対数変換後 + 項目選択後)

を用いて自動計算させるような汎用的解析ファイルを作成するのはかなり煩わしい。Excelで気軽に計算できるというT法のメリットをスポイルすることにもなり現実的ではない。

そこで本研究では、簡易的な方法で項目選択を実施した。簡易的な方法では、直交表を用いずに項目を1つずつ除外して推定値を計算する。「求めた推定値での相関係数 R」と「全項目を採用して計算した

推定値での相関係数 R」の差を、全項目について求める。その結果を図8に示す。横軸は項目の番号、縦軸は相関係数の増減(差)である。項目番号1「出発時間」および項目番号16「2月」は、この項目を除外して解析すると、相関係数が全項目の時よりも下がってしまうことを意味している。よって、この項目は『除外しない方が良い』ということになる。また、項目番号5「前日の降雪量」は、この項目を除外して解析すると、全項目の時よりも相関係数が増えることを意味している。よって、この項目は『除外した方が良い』ということになる。このようにして8つの項目(前日の降雪量、当日が飛び石、当日の最高気温、当日の最低気温、前日の最高気温、前日の最低気温、月曜日、走行車線)を除外して推定した結果を図9に示す。項目選択を実施することにより、相関係数は $R=0.828$ にまで向上した。

直交表を用いないで項目選択する方法では、項目間の組合せの効果を検証することができないが、実用上はこの方法で十分であると筆者は考えている。

3.6 通勤時間に効く項目が判明

既知データの推定結果において、真値と推定値がほぼ一致した。従って、次に通勤時間に効く項目を解析する。その結果を図10に示す。横軸は項目番号、縦軸は重み付けのSN比である。

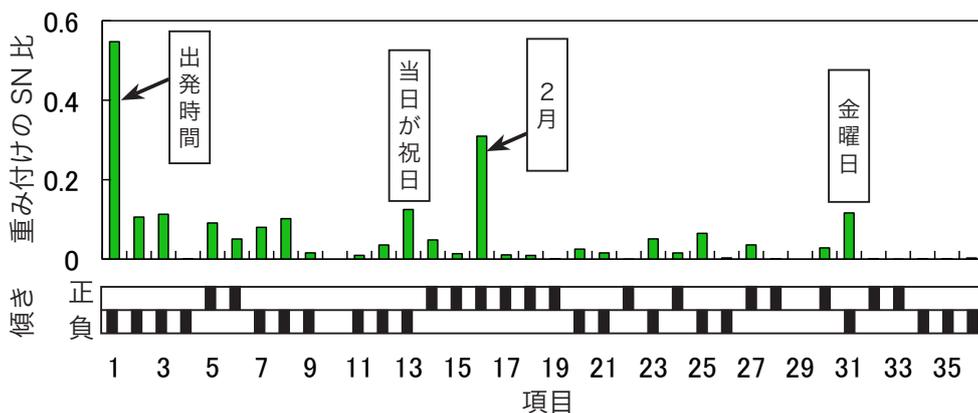


図10 項目相関図 (通勤時間に効く項目)

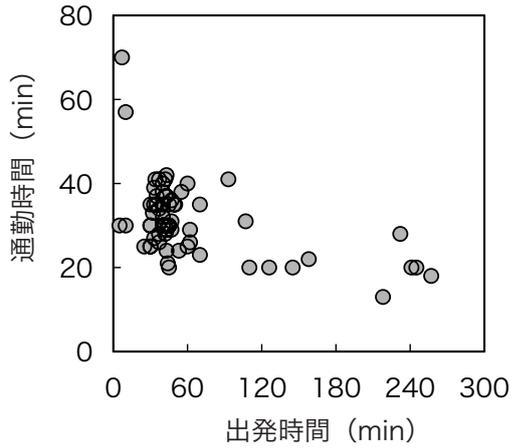


図11 通勤時間に効く項目「出発時間」

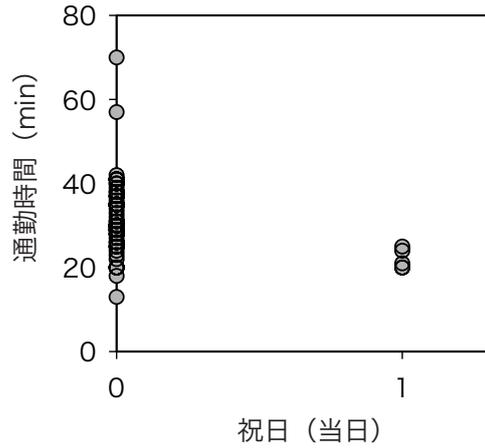


図13 通勤時間に効く項目「当日が祝日」

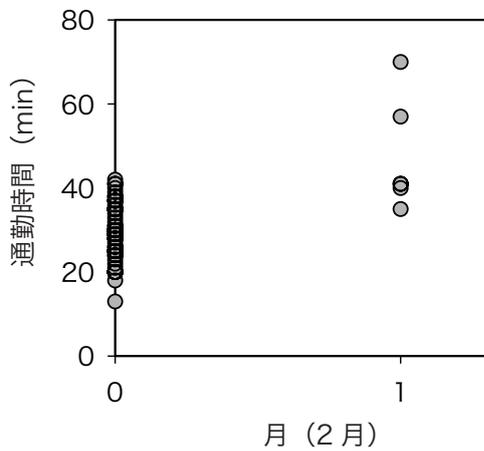


図12 通勤時間に効く項目「2月」

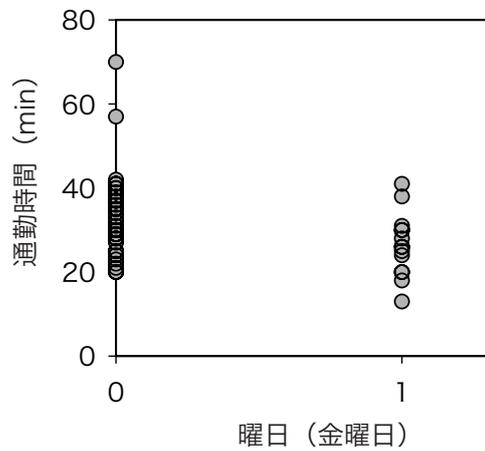


図14 通勤時間に効く項目「金曜日」

一番効いてる項目のは項目番号1「出発時間」であった。その他、「2月」「当日が祝日」「金曜日」の順に効いていた。傾きは、各項目の正負と通勤時間の関係を示している。つまり、「出発時間」は「負」の傾きを持っているので、『出発時間が短い(早い)方が通勤時間が長い』ことを示している。また、項目番号16「2月」については、「正」の傾きを持っているので、『2月は通勤時間が長い』ことを示している。

図11に、項目番号1「出発時間」と実際の通勤時間との関係を示す。出発時間(午前7時を起点にして、そこからの経過時間)が短い(午前7時に近い)ほど、渋滞が激しく、通勤時間が長くなっていることがわかる。これは、ある時間帯に車が集中し、交通の流

れが悪くなるからだと思われる。

図12に、項目番号16「2月」と実際の通勤時間との関係を示す。「1」つまり2月は通勤時間が長くなっていることがわかる。

図13に、項目番号13「当日が祝日」の結果を示す。「1」つまり当日が祝日の場合は、通勤時間が短くなっていることがわかる。これは、他の会社が休みであるため、交通量が全般的に少ないからだと考えられる。

図14に、項目番号31「金曜日」の結果を示す。「1」つまり金曜日は、通勤時間が短くなっていることがわかる。これは、金曜日は有給休暇を取る人が多いからだと考えられる。

4. さいごに

今回の研究では、通勤時間に何が効いているのかについて、T法を用いて検討を行った。その結果、「出発時間」、「2月」「当日が祝日」「金曜日」が効いていることが明らかとなった。また、既知データの推定では、相関係数 $R=0.828$ で通勤時間を推定することが可能となった。

今回の研究事例やタコ釣りの釣果事例³⁾のように、T法は様々な分野での応用が期待できる。技術者のみならず、多くの研究者の研究活動を支援するツールとして、今後もT法を広く紹介していきたいと考えている。

謝 辞

渋滞に関係する項目について様々なアドバイスをいただいたタクシーの運転手さんに感謝の意を表す。

■参考文献

- 1) 田口玄一：目的機能と基本機能(6), 品質工学, Vol.13, No.3, pp.309-314, 2005
- 2) 増田雪也：T法における欠測データの活用に関する研究, 増田技術事務所技報, Vol.3, 2012 (http://www002.upp.so-net.ne.jp/sbux/pdf/paper_QE_TMethod_missing_data.pdf)
- 3) 増田雪也：MTシステムによるタコ釣りの釣果に関する研究, 増田技術事務所技報, Vol.4, 2014 (http://masudaqe.blog.so-net.ne.jp/_images/blog/_973/masudaqe/paper_QE_TMethod-Octopus_Fishing_tako.pdf)
- 4) 清水豊他：新SN比の研究(4), 第16回品質工学会研究発表大会論文集, (2008), pp.422-425