

フレックスタイム制度による渋滞緩和効果 Traffic congestion easing Effect of flexible time system

都市交通研究室
出張龍馬
指導教員 佐野可寸志, 土屋哲

1 研究の背景

近年、都市部の交通量の多い道路・交差点などでは渋滞が多く発生する。渋滞が発生すれば、その分時間やコストがかかり、交通機能の低下、環境問題、交通事故の多発など不利益なことが多く発生する。長岡市もその例外ではなく、駅前を中心にして渋滞が発生し、市の東西を繋ぐ橋上で足止めをされることも少なくない。

このような交通渋滞を緩和するためには道路を増やす、右左折信号を設置するなどが挙げられる。しかし、道路を作るには時間・コストがかかりすぎる、信号制御では効果に限界がある。そのため上記のようなハード的な解決方法よりも、交通規制やパークアンドライドといったソフト的な対応策（交通需要マネジメント）へ関心が高まっている。

2 研究目的

交通需要マネジメントの一つとしてフレックスタイム制度がある。フレックスタイム制度とは、会社にいなければならない時間”コアタイム”を守れば、社員自身が自由に始業時刻を決定できる制度である。この制度を利用することで、朝の忙しい時にゆとりが持てる、早く仕事を終わらせることができるといった、個人にとって最も効用の高い通勤時刻を選択することができる。

朝夕に集中する交通トリップは通勤者がほとんどである。そのため、この制度が普及することにより、朝夕に集中する交通量が分散し、交通混雑が緩和されることが期待できる。さらに、制度自体に特に費用や工事の必要がないというのも大きな利点である。

本研究の目的は、フレックスタイム制度普及による渋滞緩和の効果を検証することである。

3 対象地域と交通ネットワーク

フレックスタイム制度の効果を検討するにあたり、その対象地域は図1の赤枠で囲われた地域を対象とする。長岡市の地図データを基に交通シミュレータソフト「Paramics」を使用して交通ネットワークを作成し、その結果から渋滞緩和の効果を検討

する。使用したノード数は1709、リンク数は1708、ゾーン数は229である。



図1 対象地域

現在の長岡市の交通状態をシミュレーションするためのOD表は平成17年度道路交通センサスより6:00~10:00まで10分刻みで作成した。しかし、道路交通センサスの情報には7:00や7:30など区切りのよい時間帯に交通量が偏る。そのため、偏った交通量を他の時間帯に配分し、補正を行う。補正の方法は、7:00、7:30分といった突出部分だけの傾きをグラフの傾向として、その傾きに合うように突出部分の5割を前後の時間帯に分配する。

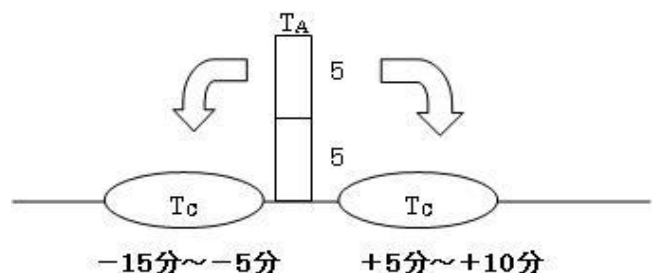


図2 OD交通量の分配

T_A : 該当時間帯の交通量

T_B : 該当時間帯から30分後の時間帯の交通量

T_C : 前半 (-15分~-5分)・後半 (+5分~+10分)

それぞれの交通量の総和分配のため、 x を時間帯、 y を時間帯別の交通量の総和としてパラメータを求める。

$$y = ax + b$$

$$a = ((T_B - T_A) \times 0.6) / 30$$

この2つのパラメータを使い、各突出時間帯から前後(-15分、-10分、-5分、+5分、+10分)に分配を行う。

・-15分、-10分、-5分の場合

$$T_A \times 0.2 + T_C = (0 + 5 + 10) \times a + 3b_1$$

$$b_1 = ((T_A \times 0.2 + T_C) - 15a) / 3$$

・+5分、+10分の場合

$$T_A \times 0.2 + T_C = (0 + 5) \times a + 3b_2$$

$$B_2 = ((T_A \times 0.2 + T_C) - 5a) / 2$$

補正を行った後のグラフを図3に示す。

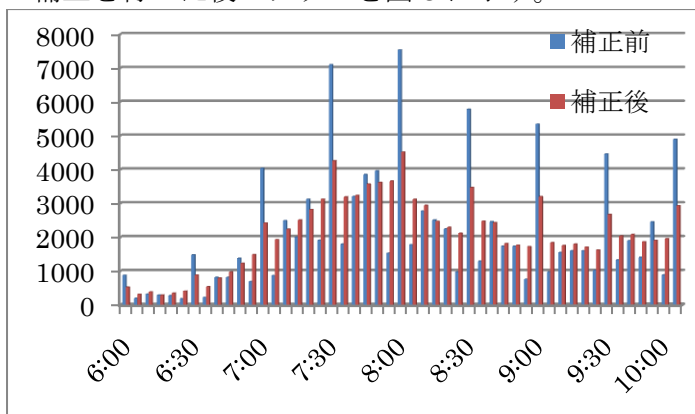


図3 補正前後のOD交通量

図2を見るとわかるように、補正前はグラフに突出が見られるが、補正後はそれがなくなり、グラフがなだらかになっている。

道路交通センサスは長岡市を1.5km×1.5kmほどの大きさのゾーン(Bゾーン)で区切り、各ゾーン間の交通状況を集計している。しかし、Bゾーンだけでは大まかな交通シミュレーションしかできないため、各ゾーンを町丁目程度の大きさで224個に分割して、BゾーンOD表(17×17)からParamics用OD表(224×224)へ拡大する。また、ネットワーク内でBゾーンに含まれないゾーンが5個存在するため、それを加え、OD表を19×19から229×229へと拡大する。

また、拡大をするとき、すべてのゾーンが同じ性質を持っているとは限らない。たとえば、ある区内に住宅地帯と工業地帯が混ざっていたとする。住宅地からは発生する交通量は多いが、集中する交通量は少ない。逆に、工業地帯は発生する交通量は少ないが集中する交通量は多い。このような性質の差を生み出すために発生率と集中率を定め、それを使いOD表を拡大する。発生率はCゾーンの人口を、そのゾーンが属するBゾーンの人口で除した人口比を使って決定する。人口を z_x 、そのCゾーンの属するBゾーン y の人口を z_y とすると、あるCゾーン x の発生率 P_{s_x} は次の式で求められる。

$$P_{s_x} = z_x / z_y$$

集中率は各Cゾーンがどの用途地域に属するのかが利用して計算する。集中率を求める前段階として、集中定数というものを決める。各用途地域の集中定数は表2-3のようになっている。

表1 集中定数

集中定数 K_x	集中定数 Q_x
住宅 K_H	0.1
商業 K_C	0.5
工業 K_M	1.0
施設 K_I	1.0

この集中定数を元にゾーンごとの集中率を決定する。各用途地域の集中率 Q_x は次の式で求める。

$$Q_x = \text{集中定数 } K_x / (\text{住宅の集中定数} \times \text{住宅の数} + \text{商業の集中定数} \times \text{商業の数} + \text{工業の集中定数} \times \text{工業の数} + \text{施設の集中定数} \times \text{施設の数})$$

この発生率・集中率を使い、OD229を作成する。OD229の各生成交通量(i, j)の値は次の式で求められる。

$$OD229(i, j) = \text{発生率}(i, j) \times \text{集中率}(i, j) \times B \text{ゾーン交通量}(k(i), l)$$

4 フレックスタイム制度利用者数

フレックスタイム制度の効果を検証する際、どの程度の人がある程度出発時刻を変更するのかが検討しなくてはならない。本研究ではある時間帯 t のOD交通量 $x_t(i, j)$ の中でフレックスタイム制度が導入可能な人の条件を以下の3つに設定した。この3つの条件に当てはまるサンプルをOD交通量 $x_t(i, j)$ から算出し、他の時間帯別OD表へ移動させる。

- ・条件1 移動目的が通勤である
- ・条件2 フレックスタイム制度が導入可能な業種である
- ・条件3 フレックスタイム制度が導入可能な企業である。

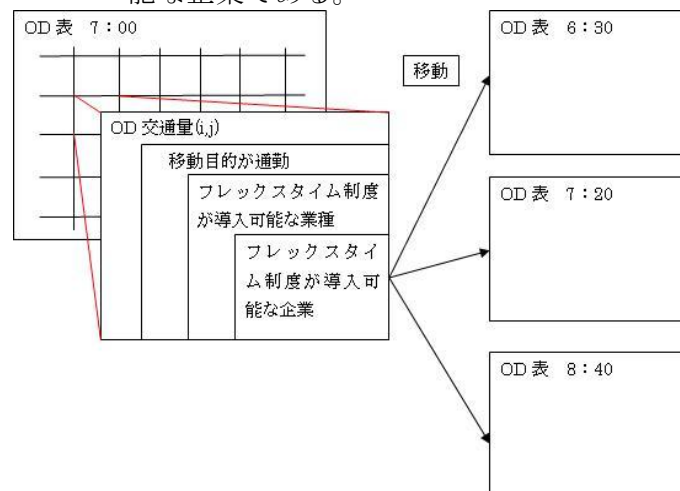


図2 フレックスタイム導入後OD表の作成

OD 交通量 $x_t(i,j)$ の中で移動目的が通勤である人の確率 $P_{通勤}(i,j)$ は平成 17 年道路交通センサスより各時間帯 OD 表ごとに算出した。

OD 交通量 $x_t(i,j)$ の中でフレックスタイム制度が導入可能な業種である人の確率 $P_{業種}$ はアンケート結果と平成 18 年長岡市統計年鑑より算出した。アンケート結果によると数ある業種の内、建設、製造、販売、情報通信業ではフレックスタイム制度の導入が可能という回答が得られた。

表 1 企業向けアンケート回答結果

職業	実施可能	実施不可能	合計	割合
建設	3	9	12	25.0%
製造	1	3	4	25.0%
販売	1	1	2	50.0%
サービス	0	6	6	0.0%
交通	0	2	2	0.0%
食品	0	1	1	0.0%
情報通信	2	0	2	100.0%
その他	2	2	4	50.0%
合計	9	24	33	27.3%

平成 18 年長岡市産業別就業者数より、長岡市全体の就業者数の中で 4 つの業種の人が占める割合からフレックスタイム制度が導入可能な業種である人の確率 $P_{業種}$ を算出する。

$$P_{業種} = \frac{(14551_{建設} + 30990_{製造} + 2221_{情報通信} + 29661_{販売})}{135415_{全体}} = 0.57$$

フレックスタイム制度導入可能企業である確率 $P_{企業}$ は、表 1 だと 27.3%となっているが、業種によって企業の数が違うので補正をかける。補正は平成 18 年長岡市産業別事業所数より調べた各業種の数にそれぞれの業種の導入可能な割合をかけて求める。

$$P_{企業} = \frac{(2030 \times 0.25_{建設} + 1801 \times 0.25_{製造} + 4275 \times 0.5_{販売} + 95 \times 1_{情報通信})}{14896} = 0.21$$

OD 交通量 $x_t(i,j)$ の中で 3 つの条件に当てはまる人の数、フレックスタイム制度利用可能者数 $x_{tc}(i,j)$ を算出する。算出方法は、まず $x_t(i,j)$ の中で通勤である人が何人いるのかを算出する。このアルゴリズムを図 3 に示す。

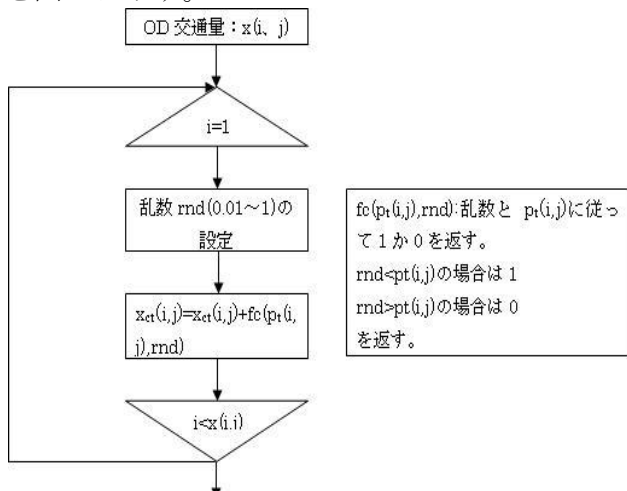


図 3 通勤者数算出のアルゴリズム

通勤者数は乱数と $P_{通勤}$ を使って算出する。乱数 $< P_{通勤}$ でなら通勤者であると決定され、それを $x_{tc}(i,j)$ 回繰り返すことで、通勤者数が算出される。これと同じことを $P_{業種}$ 、 $P_{企業}$ にも適応させることで $x_{tc}(i,j)$ を算出する。

5 出発時刻変更幅の検討

フレックスタイム制度利用可能者数 $x_{tc}(i,j)$ の各人がどの程度出発時刻を変更するのかを検討する。アンケート結果から、性別、年齢、通勤時間、出発時刻変更理由により出発時間変更幅がどう変わるのかを検討したところ、所要時間と出発時刻変更理由に傾向が見られた。

表 2 所要時間別出発時刻変更時間

変更時刻	5分	10分	20分	30分	40分	50分	60分	合計
早く120分	0%	3%	2%	5%	2%	0%	8%	3%
早く90分	2%	1%	0%	1%	0%	3%	0%	1%
早く60分	7%	7%	7%	5%	7%	10%	0%	7%
早く30分	13%	9%	7%	9%	13%	7%	0%	9%
0分	46%	33%	37%	37%	24%	13%	25%	36%
遅く30分	17%	24%	25%	20%	37%	37%	25%	24%
遅く60分	12%	17%	16%	15%	11%	30%	42%	16%
遅く90分	2%	1%	2%	2%	0%	0%	0%	2%
遅く120分	2%	4%	4%	6%	7%	0%	0%	4%
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

表 2 を見ると、所要時間が長くなればなるほど、出発時刻を遅くしていることがわかる。この割合を使い、フレックスタイム制度利用可能者数 $x_c(i,j)$ を算出する。 $x_{tc}(i,j)$ の中で出発時刻を m 分変更する人数 $x_{tmc}(i,j)$ を求める。なお、この出発時刻を変更させる幅の事を、出発時刻変更幅とする。

$x_{tmc}(i,j)$ を求める時には各所要時間内の、各出発時刻変更幅の割合 P_m と乱数を使う。表 2 の場合なら、所要時間が 5 分の人には、 $P_{早く120分}=0$ 、 $P_{早く90分}=0.02$ 、 $P_{早く60分}=0.07$ …となる。 $x_{tmc}(i,j)$ を算出するアルゴリズムを図 3 に示す。

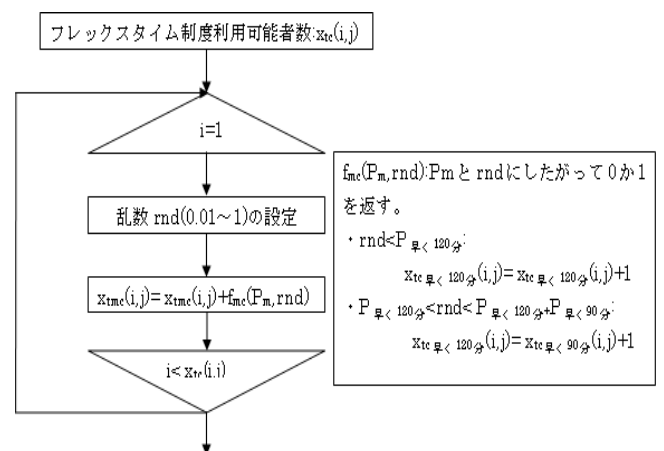


図 4 出発時刻変更人数

また、出発時刻変更理由の集計結果を見ると、渋滞を避けたいという理由で変更をする人が 17%いることがわかる。

表 3 出発時刻変更理由別出発時刻変更間

変更理由	早く仕事を	朝ゆっくり	渋滞を	その他	合計
	終わらせたい	したい	避けたい		
合計	149	314	107	40	610
割合	24%	51%	18%	7%	100%

早く仕事を終わらせたい、朝ゆっくりしたい、渋滞を避けたい、その他を選ぶ人はそのまま変更させるが、渋滞を避けたい人は変更時刻の中で空いている時間に変更をする。空いている時間は Paramics のシミュレーションで求めた各時間帯ごとの所要時間を使い、判別する。7:00 の OD 交通量 $x_{7:00}(i,j)$ の所要時間が 30 分だったとする。 $x_{7:00}(i,j)$ の中で渋滞を避けたいという理由で 30 分遅く出発時刻を変更したい人は +30 分以内で最も空いている時間帯に変更をする。各時間帯での所要時間が表 4 のようだった場合、各時間帯を選ぶ確率 P_t は表 4 のように求まる。

表 4 変更時刻選択確率

時間帯	所要時間 T_t [分]	選択確率 P_t
7:00	30	-
7:10	15	0.33
7:20	10	0.22
7:30	20	0.44

しかし、このままでは最も所要時間の短い 7:20 を選択する確率が低くなってしまふ。なので乱数を使い、3つの時間帯の内2つが消えるような処理を行う。すると、選択確率の低い時間帯ほど選択されやすくなる。これにより、渋滞を避けたい人の変更する時間帯が決定される。

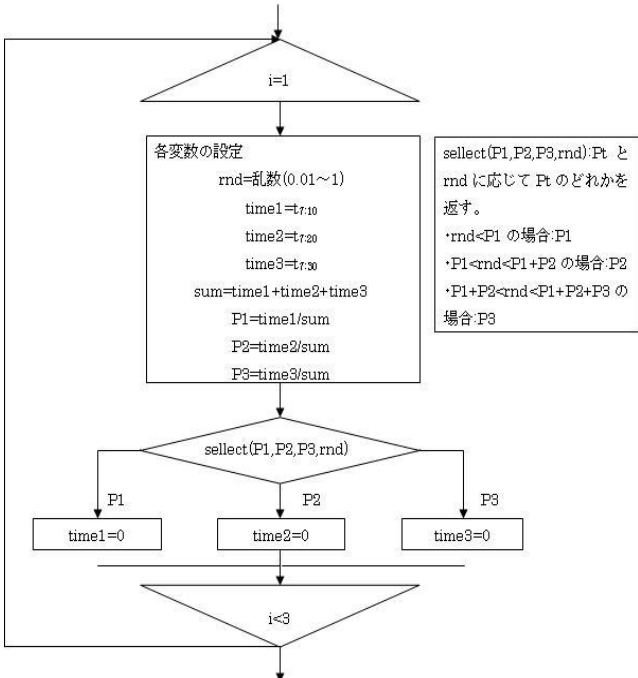


図 変更時刻算出のアルゴリズム

6 フレックスタイム制度普及後の OD 表の作成

上記の手順により、フレックスタイム制度が普及可能な人数を求めたところ、6:00~10:00 の OD 表の中で 4142 サンプルが 3つの条件に当てはまった。これは OD 全体の生成交通量(84399)のうち、約 5%

(4142)である。この 5%の出発時刻を変更させ、フレックスタイム制度普及後の OD 表を作成する。普及させた後の OD 表の変化を表 5 に示す。

表 5 各時間帯の生成交通量の変化

時間帯	生成交通量		普及後-普及前
	普及前	普及後	
6:00	5900	6113	213
7:00	30941	29794	-1147
8:00	26976	27244	268
9:00	19080	19344	264
合計	76997	76382	-402

表 5 を見てわかるように、フレックスタイム制度が普及すると 7:00~8:00 の間で交通量が減少し、その他の時間帯では増加していることがわかる。これはフレックスタイム制度の普及により、交通量が平坦化されたためだと考えられる。また、合計の生成交通量がフレックスタイム制度普及後の方が少なくなっているのは、6:00 より前、10:00 より後の時間帯に変更をしてしまう人がいるためである。

7 シミュレーション結果

フレックスタイム制度普及後の OD 表を使いシミュレーションを行い、総所要時間を見たところ、表 6、図 5 のようになった。

表 6 制度普及前と後での総所要時間の変化

時間帯	総所要時間		普及後-普及前[h]	割合
	制度普及前[h]	制度普及後[h]		
7:00	25,926	26,342	416	2%
8:00	58,002	57,550	-452	-1%
9:00	44,194	43,540	-654	-1%
合計	128,121	127,432	-689	-1%

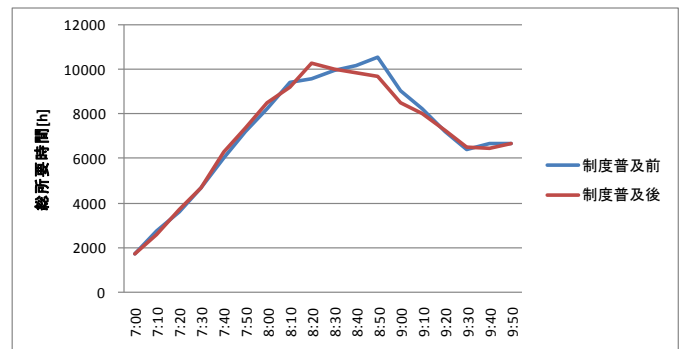


図 5 制度普及前後での総所要時間の変化

表 6、図 5 から、フレックスタイム制度が普及することによって 7:00~8:00 の総所要時間は増加するが、8:00~10:00 の間では減少していることがわかる。これはフレックスタイム制度により最も交通量の多い 8:00 付近の交通量が分散したためだと考えられる。しかし、これだけでは渋滞が緩和されているとは言い難いので、次に遅れ時間について分析を行う。

表 7 制度普及前後での総遅れ時間の変化

時間帯	総遅れ時間		普及後-普及前[h]	割合
	制度普及前[h]	制度普及後[h]		
7:00	6,190	6,724	534	9%
8:00	27,197	21,227	-5,970	-22%
9:00	25,456	18,601	-6,855	-27%
合計	58,843	46,552	-12,291	-21%

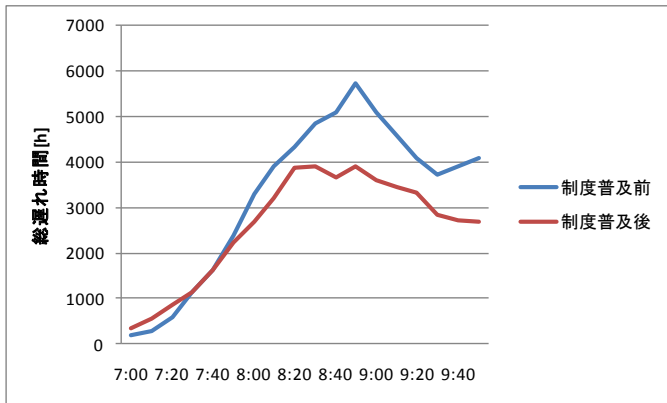


図6 制度普及前後での総遅れ時間の変化

表6、図6から、7:30~10:00で遅れ時間が減少しており、全体では-21%減となった。制度普及前の8:40~9:00に大きな山があるのは、それよりも前の時間帯で発生した渋滞の影響により遅れ時間が増加したと考えられ、制度普及後は交通量の分散により渋滞が発生しづらくなり、その結果遅れ時間が減少したと考えられる。

また、フレックスタイム制度を導入可能な企業の割合(現在は21%)を50%まで変化させ、フレックスタイム制度がどの程度まで普及すれば最も効果が多くなるのかを検討してみた。フレックスタイムの普及率を変化させた時の発生交通量、の変化を図6に示す。

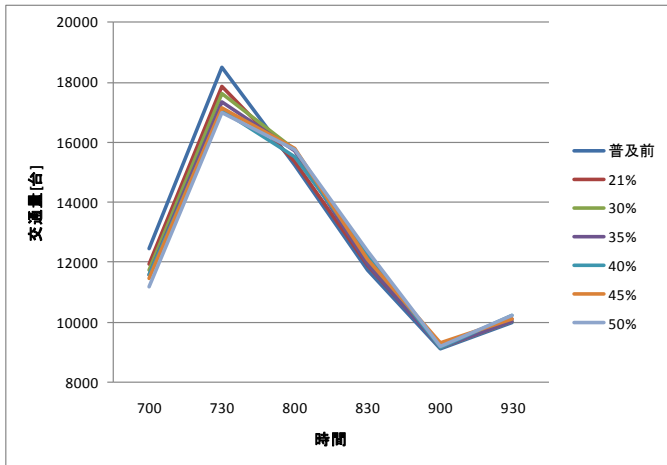


図7 普及率を変化させた時のOD表の変化

図7を見ると、普及率が上がれば上がるほど、もっとも発生交通量の多い7:30の交通量が減り、他の時間帯の発生交通量が増え、平坦化している事が分かる。

次に、フレックスタイム制度普及率を変化させた時の総所要時間、総遅れ時間の変化を図8、図9に示す。

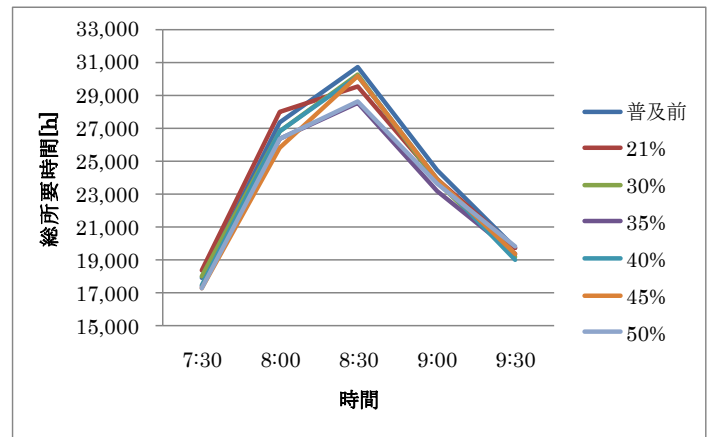


図8 制度普及前後での総所要時間の変化

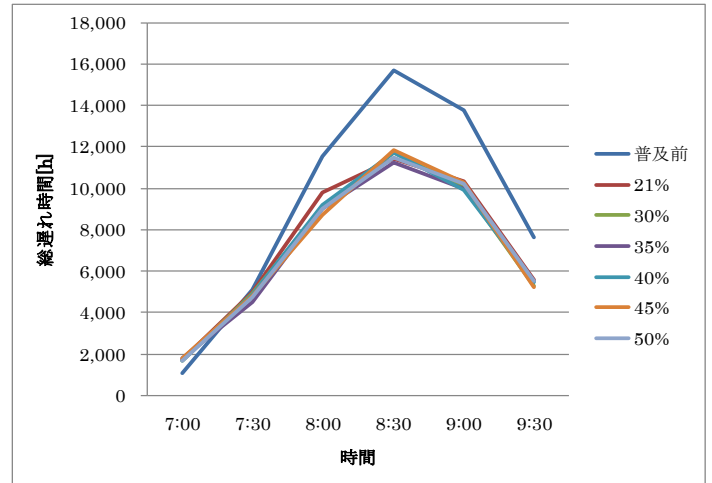


図9 制度普及前後での総遅れ時間の変化

図8のグラフを見ると、普及率が上がるにつれて、8:30付近での総所要時間が減少し、その他の時間帯で総所要時間が増えていることが分かる。

図9のグラフを見ると、どの普及率でも制度普及前と比べ遅れ時間が減っていることが分かる。次に、普及率を変化させた時の6:00~10:00までの所要時間と遅れ時間の変化を図10、図11、表8に示す。

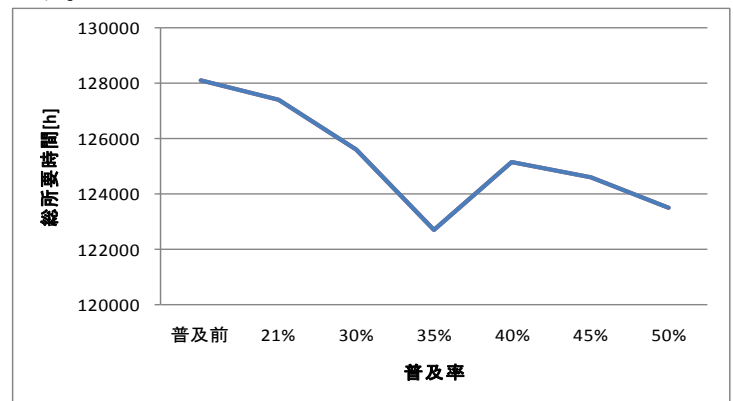


図11 普及率を変化させたときの総所要時間

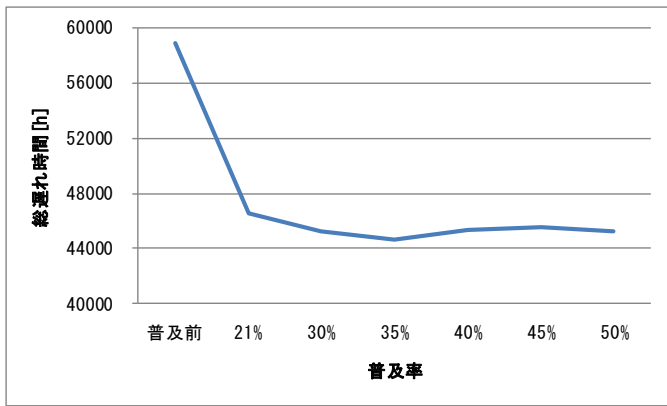


図 12 普及率を変化させたときの総遅れ時間

表 8 普及率別総遅れ比

普及率	普及前	21%	30%	35%	40%	45%	50%
総遅れ比	45.14%	36.19%	35.71%	36.05%	35.86%	36.19%	36.30%

図 11、12 から、制度の普及率を上げていくと、35%から遅れ時間が減少していないことが分かる。これは、時刻を変更する人が多すぎて、別の時間帯・場所で交通量が増えたためだと思われる。

以上の事から、シミュレーションの結果から、フレックスタイム制度が普及することにより遅れ時間が減少し、渋滞が緩和できることがわかった。また、普及率が 35%になったところで遅れ時間の減少は止まってしまうが、これは制度による時刻変更がまだ 1 回目だからである。今後さらなるアンケート調査などにより 2 回目の時刻変更が考慮できるようになれば、この問題は解決できるだろう。

8 総括

本研究では、フレックスタイム制度を普及することで渋滞が緩和できるかどうかについて考えた。都市ネットワークを構築し、道路交通センサス、アンケート調査によりフレックスタイム制度普及前、後での OD 表を作成、これらを使ってシミュレーションを行い、その効果を分析したところ、フレックスタイム制度を普及することで約 3%の遅れ時間を解消することができるということがわかった。また、フレックスタイム制度の普及率が 30%になった時が最も効果割合が大きく、それ以上普及率が上がると総所要時間、総遅れ時間はそれほど変わらないが、時間帯別の総所要時間、遅れ時間は変化し、交通量の分散が行われることもわかった。

フレックスタイムには交通渋滞を緩和する効果だけでなく、各人が最も効用の高い出発時間帯を選ぶことができるというメリットもある。同じ総所要時間であるならば、一人でも多くの方がフレックスタイム制度を普及している方が、社会全体としての効用は大きくなる。さらに、出発時間を変更することで、他の会社の人と始業時間を合わせる事が可能になり、相乗りがしやすくなる。こういった政策と抱き合わせでフレックスタイム制度を普及するこ

とで、一層効果の高い渋滞緩和効果が得られるのではないかと考えられる。

しかし、フレックスタイム制度を普及することによるデメリットもあり、各人がバラバラの時間に出勤することで仕事の進みが悪くなってしまいう可能性がある。さらに、協力企業との兼ね合いもあり、普及をしづらいという欠点もある。こういった問題をどう解決するのが重要になってくる。例えば、企業同士がもっと密集した場所に立地していれば、相手の会社まで行く時間が短縮でき、互いにフレックスタイム制度を普及するだけの余裕が生まれる。個人個人で出勤時間を変えるのではなく、ある程度グループでまとまって時間を変えることで仕事の効率を下がるのを防ぐことができるのではないかと考えられる。

また、フレックスタイム制度は交通量が多ければ多いほど、時間帯により OD 交通量に差があればあるほど効果的な政策である。そのため密集した中心市街地などで適用をすることで特に大きな航が変えられるのではないかと考えられる。

9 参考文献

- ・社会法人 交通工学研究会 平成 17 年道路交通センサス
- ・新潟県警察本部 信号機データ
- ・(株)社会システム研究所 Paramics の基本検証
- ・新潟県長岡市国勢調査 平成 21 長岡市統計年鑑
- ・新潟県長岡市 長岡市「ノーマイカーデー」
- ・佐藤輝明「フレックスタイム制による時間帯別通勤交通の変化とその効果に関する研究」長岡技術科学大学・修士論文,1996
- ・田中健太「時間帯別 OD 交通量推定法の広域ネットワークへの適応」長岡技術科学大学・修士論文,2011
- ・吉村充功・奥村誠「鉄道通勤における最適フレックスタイムパターンの研究」土木計画学研究・論文集 vol.18,No.5,pp.779-786,2001