

Vickrey, W.S., Congestion Theory and Transport Investment, The American Economic Review, Vol.59, pp.251-260, 1969

M2 戸叶洋道

はじめに

- ▶ 新しい交通サービスやルートなどを作る際、その事業の過大評価や過小評価が起こることがある
 - ▶ 特に、渋滞に対して道路の容量を拡大するような施策は、間違った結果をうむことがある
 - ▶ この論文では、渋滞のメカニズムを定式化し、その対策（ハード的な容量増加や、ソフト的な料金施策)などについての評価を行う
-



渋滞のコスト

▶ 遅れ

- ▶ 一般的に渋滞のコストとして言われている。時間価値、機会費用などの面から、非常に大きなコストとなる。

▶ アクシデント

- ▶ 遅れのコストに比べて一般的ではないが、車が増えれば増えるほど事故の頻度も高くなるので、渋滞の費用の一つとして考えられることがある。



ボトルネックでの渋滞の定式化

▶ 想定するシチュエーション

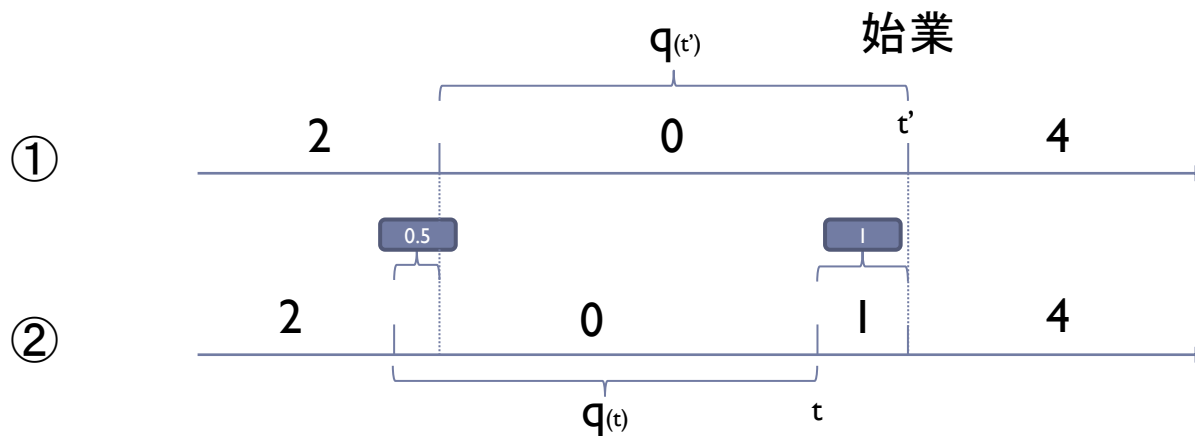
- ▶ N=7200台の通勤者がボトルネック部分を通過する
- ▶ 渋滞が無ければ、目的地に希望到達時刻に到着するために $t_a=8:00$ から $t_b=9:00$ の間にボトルネックを通過したい

渋滞なし時、ボトルネック通過交通量



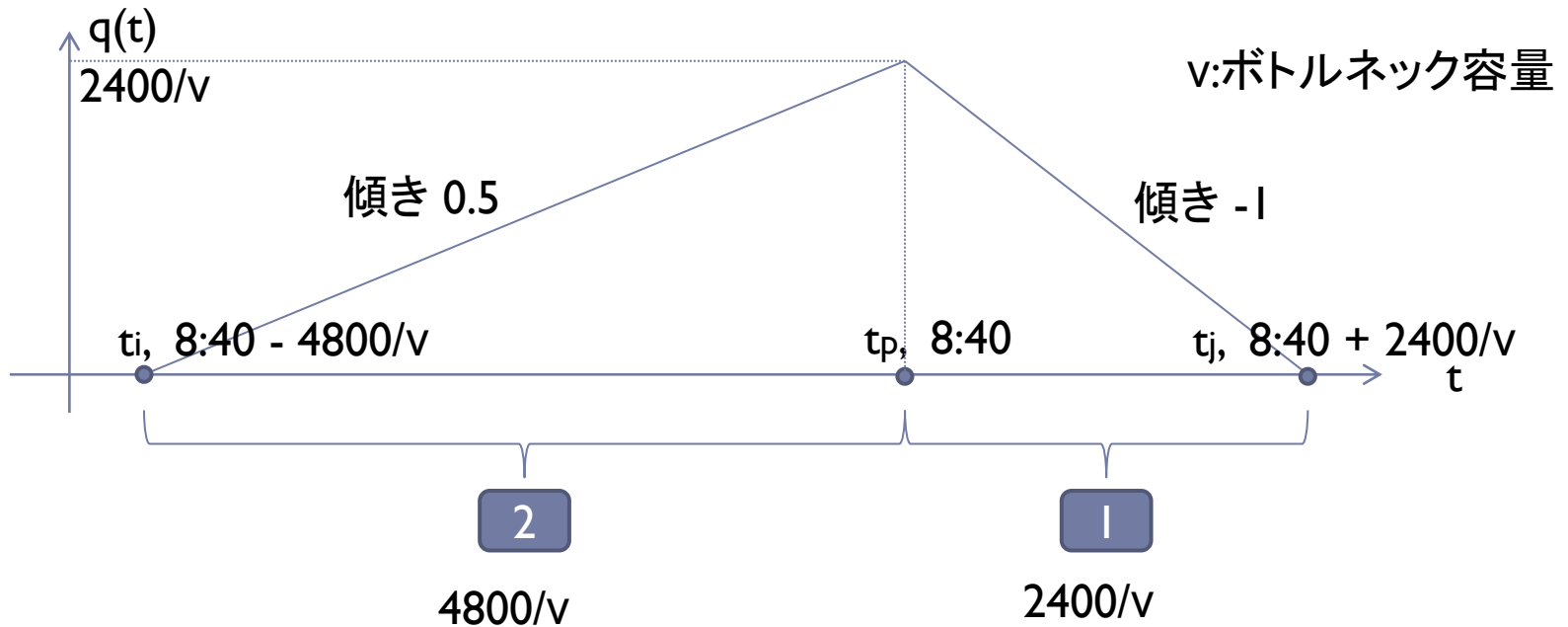
- ▶ ボトルネック容量が120台/分まで広がれば渋滞は起こらないが、それを下回ると渋滞が発生する
- ▶ 簡単のため、通勤者は均一な時間価値を持つ
 - ▶ $w_h(\text{at home})=2$ cent/minute
 - ▶ $w_o(\text{オフィス})=w_p(\text{始業時間前})=1$ cent/minute
 - ▶ $w_o(\text{オフィス})=w_j(\text{始業時間後})=4$ cent/minute
 - ▶ $w_q(\text{渋滞中})=0$ cent/minute

- ▶ 渋滞抜け時刻変化に対する渋滞待ち時間の変化
 - ▶ 通勤者は、全体の時間価値を最大にしようとするとする
 - ▶ つまり、何時に渋滞に加わる人も全体の価値は一定である



- 始業時間より前に渋滞を抜ける場合
 - ①と②の場合の総価値は等しい
 - 渋滞抜け時刻 t が単位時間右にずれる($t \rightarrow t'$)と、渋滞待ち時間 $q(t)$ は+0.5となる($q(t) \rightarrow q(t')$)
 - 始業時間後の場合も同様に考えると、渋滞待ち時間は-1.0となる

- ▶ これらから、渋滞待ち時間と渋滞抜け時刻のグラフは



▶ モデルの注意点

- ▶ このモデルでは、 $v=120$ 台付近で不連続となるので、その近傍の扱いに注意が必要となる。
- ▶ 簡単のために8:00から9:00まで一様に分布させている需要も、現実とは離れているなど、実際に適応する際には考慮する必要がある。

- ▶ 実際には、交通需要は年々増加(減少)しており、需要を満たすために容量を増やしても、長い目で見ればかならずしも需要を満たせるわけではない。

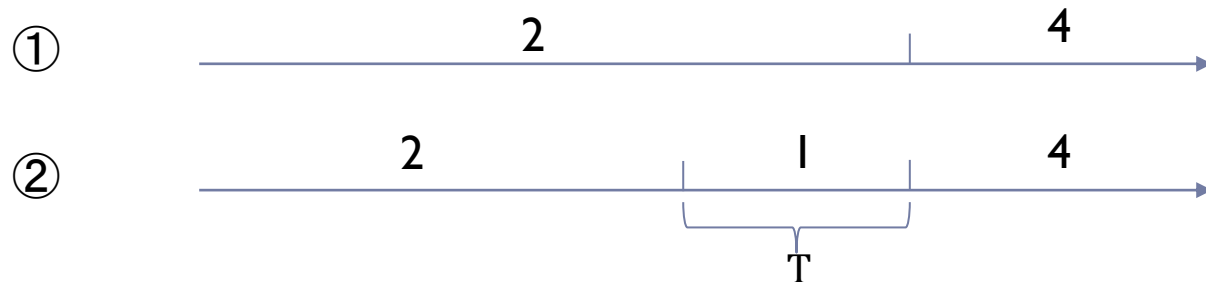
- ▶ そこで、通行に課金をすることで渋滞を緩和することを考える。課金はハードな施策と違い、調整が容易であるという特徴がある。



課金によるコスト削減

- ▶ 渋滞列を消滅させる課金方法は、簡単に計算することが出来る

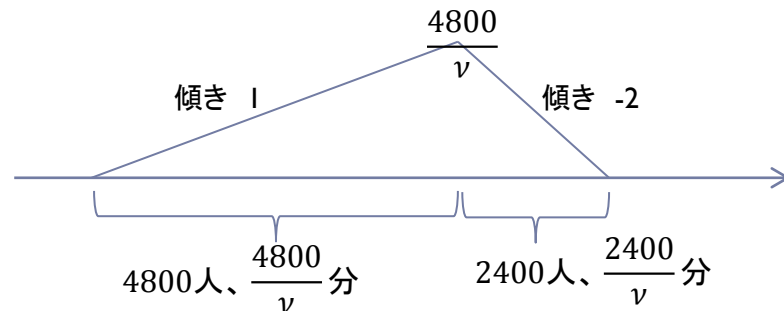
- ▶ 始業時間以前を考えると



- ▶ 同様に始業時間前についても考えると、単位時間T到着時刻が大きくなると2Tだけ価値が下がる

- ▶ 到着時刻に対する課金体系は

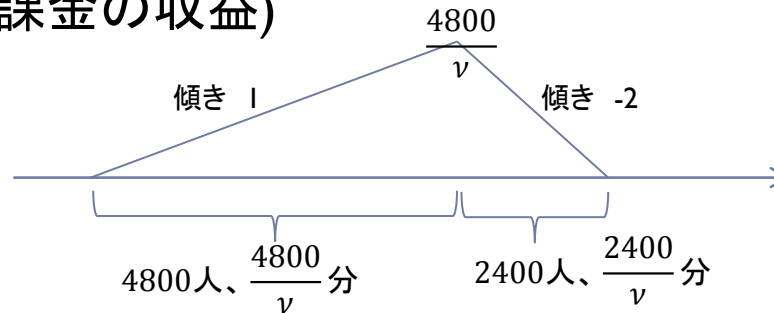
- toll rev.



- ▶ このとき、通勤者は料金が無いときに渋滞列に加わってボトルネックを通過する時刻と同時刻にボトルネックを通過するのが最適となる。

2つのコスト

- ▶ 渋滞待ちのコスト(=課金の収益)



- ▶ 到着時刻のずれのコスト

$$\frac{Nr(t_a - t_\alpha)(w_h - w_p)/2}{}$$

希望渋滞抜け時刻以前に抜ける人



$$+ N(1 - r)(t_\beta - t_b)(w_j - w_h)/2$$

$$= N^2 r \frac{1 - r}{2} (w_j - w_p) \left[\frac{1}{v} - \frac{1}{v_w} \right]$$

$$= \$1440 \frac{120 - v}{v} .$$

$(t_a - t_\alpha)/2 \Rightarrow$ 平均先着時間
 $w_h - w_p \Rightarrow$ ずれによる時間価値の喪失
 $Nr \Rightarrow$ 先着する人数

Capacity (cars per minute)	Equivalent Number of Lanes	Duration of Queue or Toll (minutes)	Maximum Wait in Queue (minutes)	Average Toll Rate (cents)	Congestion Cost (\$/day)		
					Displaced Arrival	Waiting in Queue (= toll rev.)	Total without Pricing
50	1.67	144.00	48.00	48.00	2016	3456	5472
60	2.00	120.00	40.00	40.0	1440	2880	4320
70	2.33	102.9	34.29	34.3	1029	2469	3498
80	2.67	90.0	30.00	30.0	720	2160	2880
90	3.00	80.0	26.67	26.7	480	1920	2400
100	3.33	72.0	24.00	24.0	288	1728	2016
110	3.67	65.6	21.91	21.9	131	1571	1708
115	3.83	62.6	20.87	20.9	63	1503	1566
118	3.93	61.0	20.33	20.3	24	1464	1488
119	3.97	60.5	20.17	20.2	12	1452	1464
119.999	4.00-	60.0	20.00	20.0	0.12	1440	1440
120.001	4.00+	0	0	0	0	0	0

- ▶ 2車線で $v=60$ (\$2000で車線1つ増やすと $v=30$)の場合、トータルコストは\$4320/day
- \$2000で車線数を一つ増やしたとすると、コストは\$2400/dayとなり、2車線の場合と比較して\$1920の削減になる⇒全体で\$80のロス
- \$4000で車線数を二つ増やしたとすると、コストは\$0/dayとなり、\$4320の削減になる⇒全体で\$320のゲイン
- 車線数を増やさず、tollを導入した場合、\$2880の削減となり、またそれが交通事業者の収入にもなる。

定式化の課題とまとめ

- ▶ 現実にはボトルネック通過時刻は一様分布ではない
- ▶ 時間価値が人それぞれ
- ▶ 他の交通手段との関係

- ▶ 以上のような考慮しなければならない点も多いが、ボトルネックでの渋滞のメカニズム、容量を増加させる効果、課金の効果などを定量的に評価できた



課金の特徴 1

- ▶ ボトルネックルートと、容量が大きい遠回りルートがある場合を想定する
 - ▶ 課金をしていない状態だと、二つのルートの車のコストが等しくなるように配分される
 - ▶ この状態でボトルネック容量を増やしたとしても、遠回りルートからボトルネックルートに交通が移動し、結局渋滞の解消にはならない場合がある
-
- ▶ 一般的に幹線道路の交通は、飢餓が起こるまで止まらない人口増加のよ
うにふるまう
 - ▶ つまり、都心へ向かう交通は、課金などを行わない場合、渋滞で都心が
壊疽するまで増え続けることがある



課金の特徴 2

- ▶ このような古典的なシチュエーションでは、課金以外に三つの選択肢がある
 - ▶ 現状維持 すぐに渋滞してしまう
 - ▶ 都心へのアクセス道路の整備 通過交通も利用するようになる
 - ▶ 都心への大きな幹線道路の整備
 - ▶ 課金は需要に合わせて変化できるので、アクセス道路の整備と課金を同時にすることで、通過交通などを回り道にまわしながら都心へのアクセスを確保することなどが有効

 - ▶ 容量の拡張は、その道路を使う頻度が違う人も、意識はしないが同程度の負担をしている
 - ▶ しかし、課金はその人の時間価値の違いによって、自分で支払額を調整することができる
 - ▶ ただし、生活最低ラインの貧困層にもかかわらず課金道路を走らなければならない人には補助金を出すなどの政策が必要である
-

