宣伝効果を最大にする
アドトラックの走行経路に関する研究

東京理科大学 工学部第一部 経営工学科
沼田研究室
4408065　春永　悠里

目次

1. はじめに
1.1 研究背景(1)

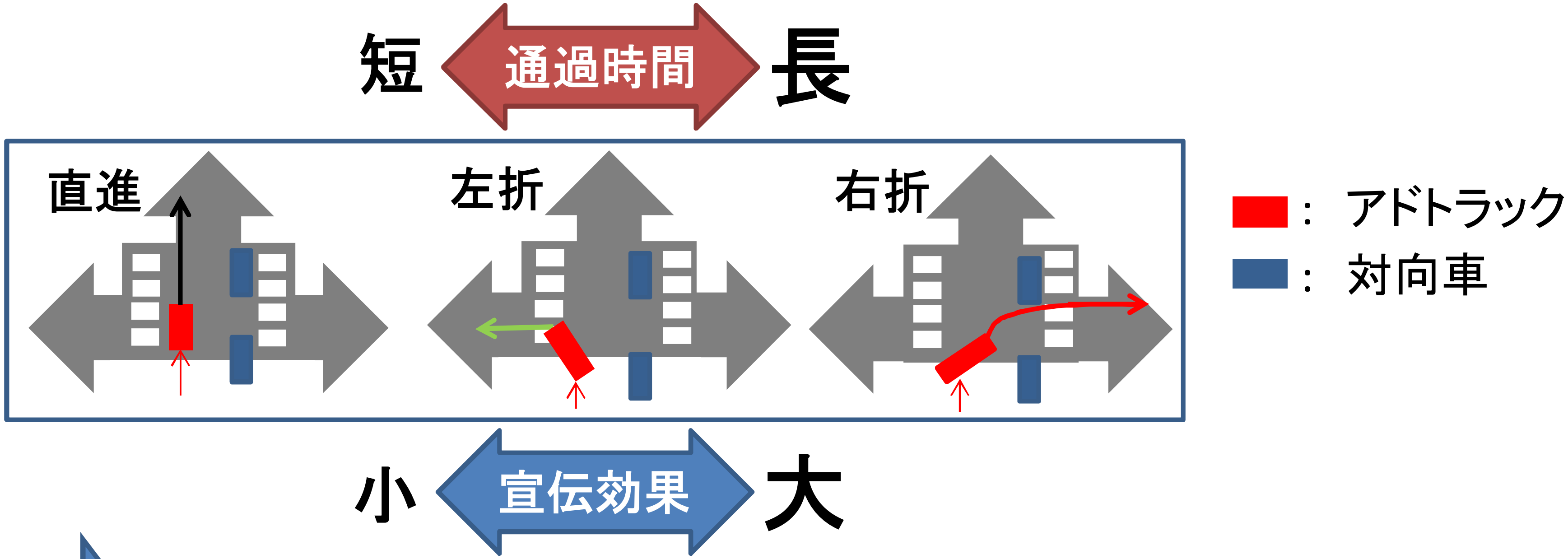
- アドトラック・・・側面に製品やイベントの広告を掲載して
  繁華街を走行し，宣伝活動を行う自動車
- 看板などに続く野外広告媒体として注目を集めている[1].

[2]

[3]

1.1 研究背景(2)

- アドトラックの宣伝効果は主として交差点で得られる.
- 宣伝効果を大きくするために，アドトラック業者は人通りの多い交差点を右折するように工夫している.



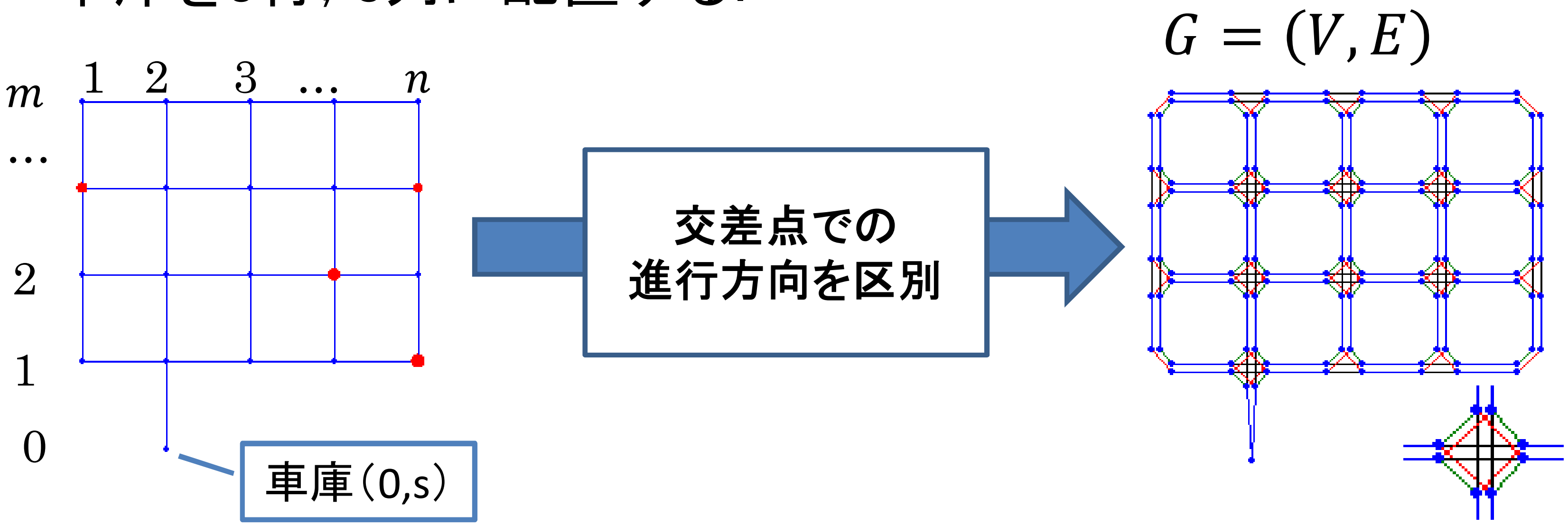
交差点での進行方向によって宣伝効果が異なる

1.2 研究目的

　交差点での進行方向による宣伝効果の違いを考慮した上で，宣伝効果を最大にするアドトラックの走行経路を考え，最適化問題としてモデル化し，解法を提案する.

2.　本研究で扱う問題
2.1　扱うグラフ(1)

- アドトラックは，以下で構成される**格子状ネットワーク**を走行.
  - $m \times n$個の交差点
  - 左側通行片側一車線の道路セグメント
- 車庫を0行，s列に配置する.

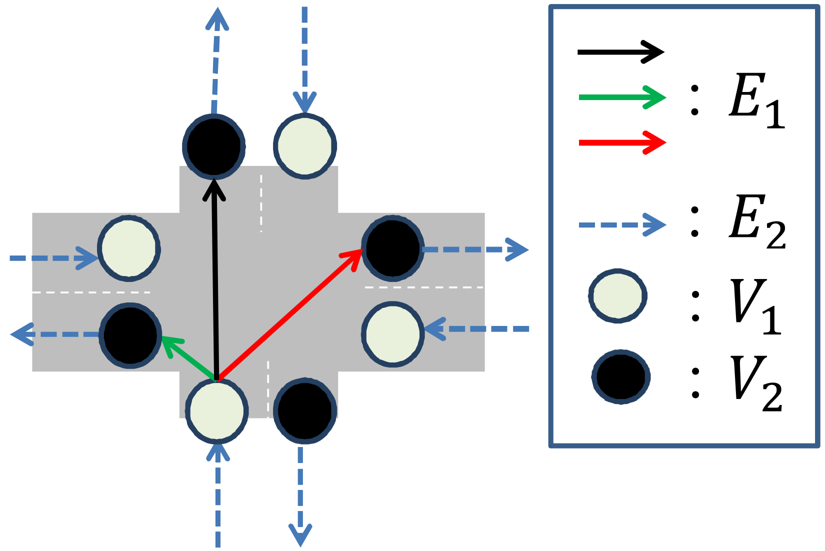


2.1 扱うグラフ(2)

- $G = (V, E)$

➢ $V = \{0\} \cup V_1 \cup V_2$

- 車庫点
- 進入点全体
- 退去点全体



➢ $E = E_0 \cup E_1 \cup E_2$

- 車庫と(1,s)の交差点とを繋ぐ2本の枝
- 各交差点で進入点から退去点に向かう枝(進行方向)
- 退去点から隣接交差点の進入点へ向かう枝（道路セグメント）

2.2　前提条件

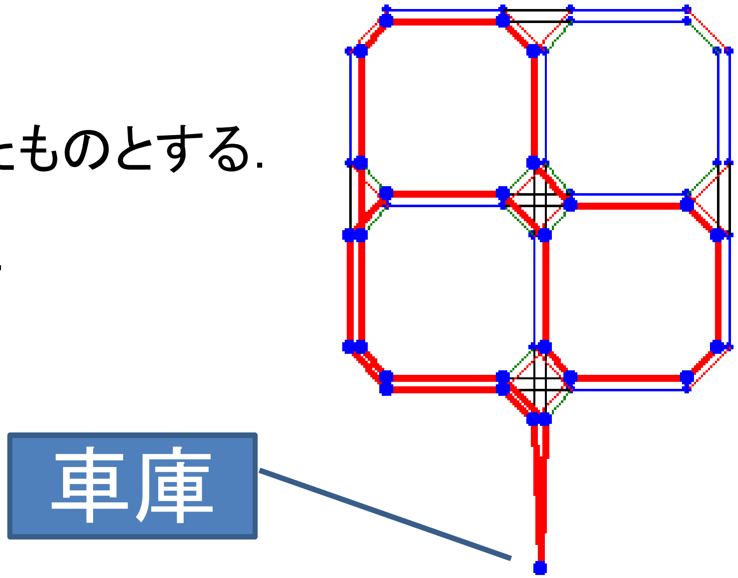
1：車庫から出発して制限時間T 以内に車庫へ戻る.

2：各交差点には人通りが与えられており,
　道路セグメント，交差点内の通過時間が与えられている.

3：宣伝効果は交差点内(E_1)を走行したときのみに得られる.

4：宣伝効果は，人通りに通過時間
　(右折，左折，直進により異なる)をかけたものとする.

5：各枝は1度以下しか通ることができない.



3. 解法
3.1 解法概要

厳密解法

- 列挙法 $m \times n < 20$ $(T = \infty)$ 求解可能
- 汎用ソルバー[4] $m \times n < \mathbf{40}$ $(T = \infty)$ 求解可能

⇓

発見的解法

厳密解法(ソルバー)の計算時間

m	n	s	総点数	T(制限時間)	計算時間(s)
4	4		99		0.61
5	5		163		10
5	7	2	235	∞	2050
6	6		243		60492
5	8		271		Out Of Memory

手順

1. 交差点に決められた接続パターンを与え，
   そのパターンを変化させる(初期解).
2. 基本的な近傍探索に基づく方法で解を改善[5].

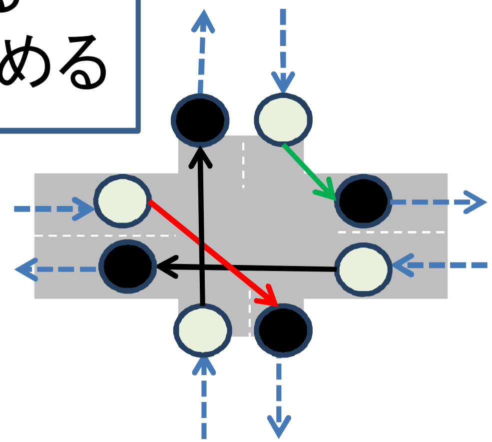
3.2　初期解生成(1)

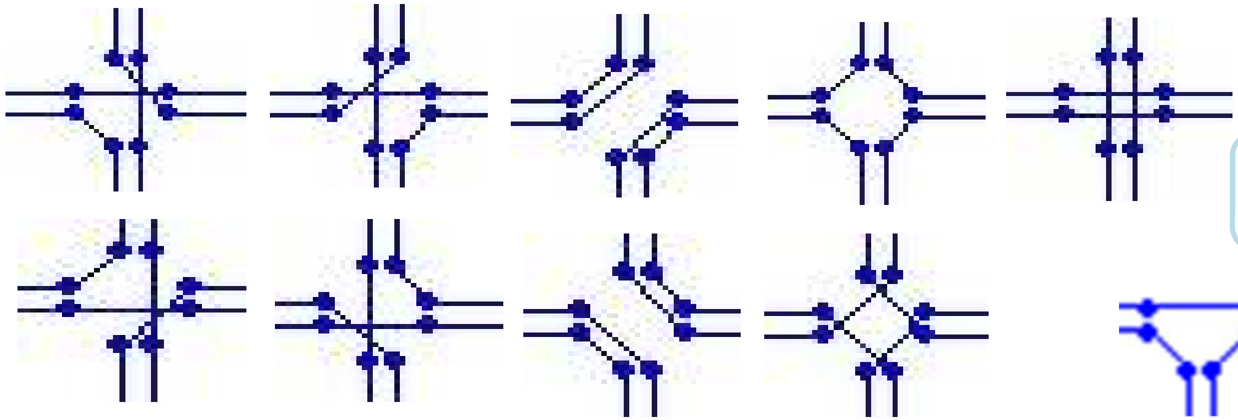
車庫点を含む部分巡回路を生成し，可能な限り大きくする.

- 交差点内の進入点，退去点を全て使用する
- 進入方向によって退去する方向を1つに定める

条件を満たす接続パターン

十字形：9通り

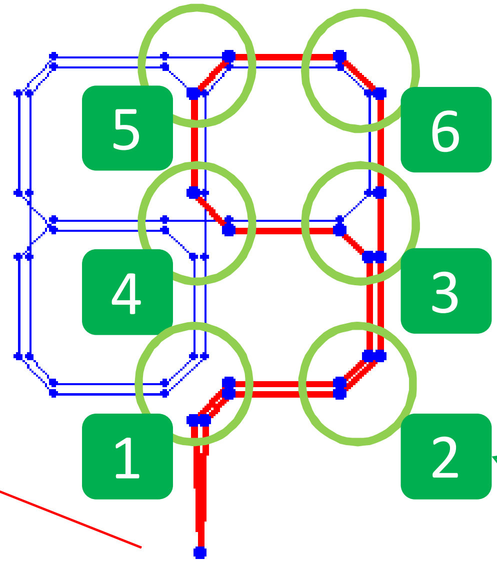




T字形

隅

3.2　初期解生成(2)

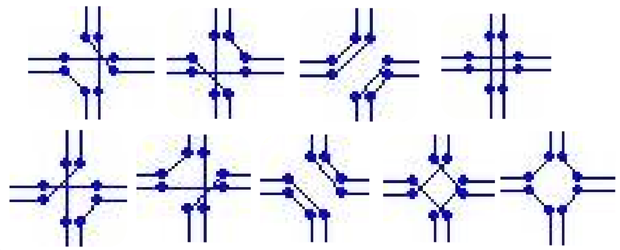


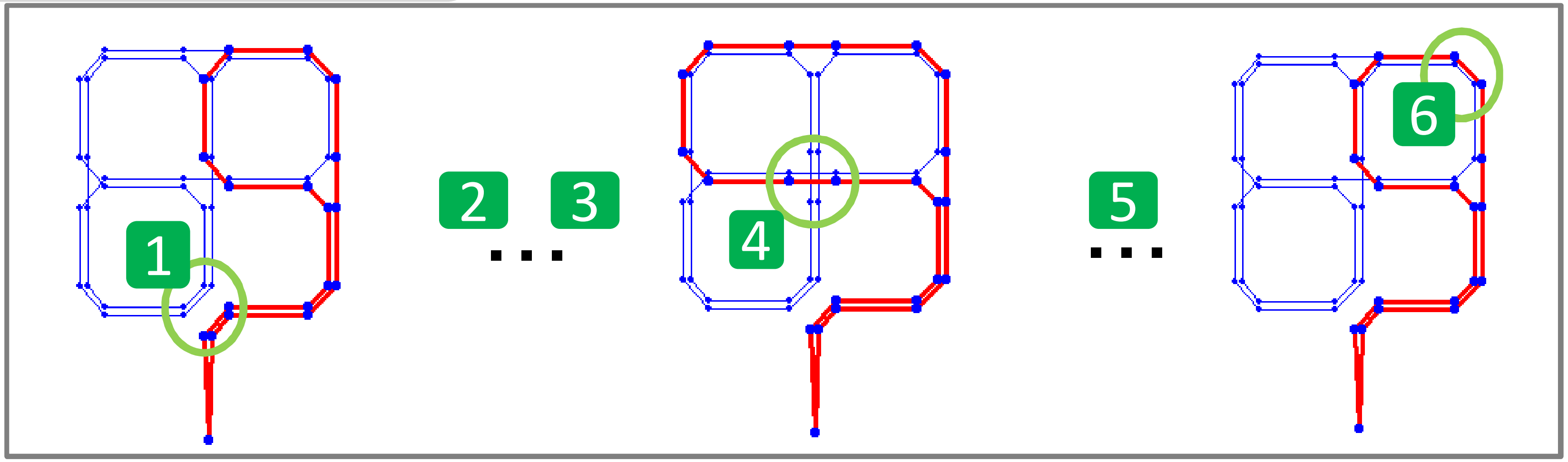
車庫点を含む
部分巡回路

制限時間を守るものの
中で最良解を記憶

訪問交差点番号

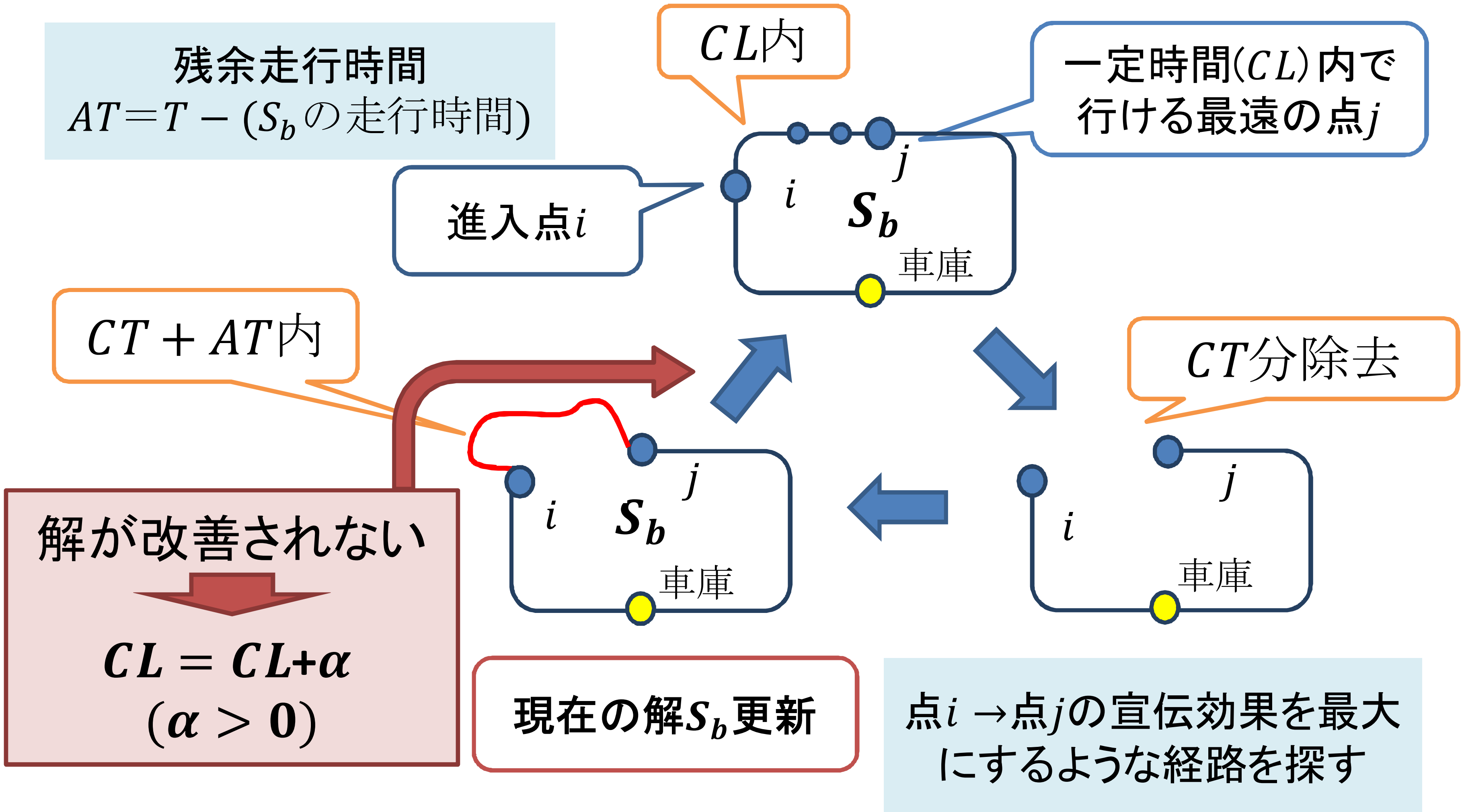
接続パターンを変化させる





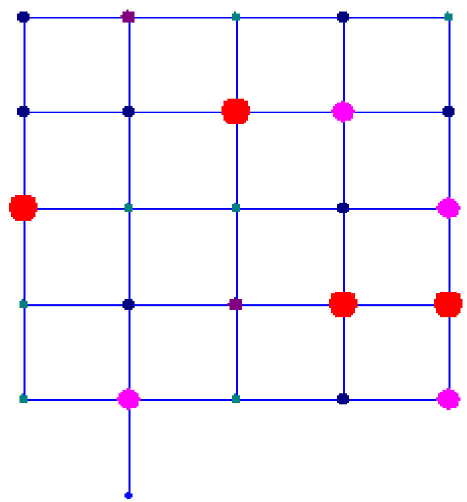
3.2　近傍探索

巡回路の一部の経路を除去し，より良い経路を探す．



4． 数値実験
4.1 概要

- 通過時間 :道路セグメント,
  左折，直進，右折により
  異なる範囲の一様乱数
- 各交差点の人通り： 5～25の一様乱数



通過時間生成データ

通過時間	道路	左折	直進	右折
min	20	5	1	30
max	34	13	2	59

×

各交差点の人通り

人通り	
min	5
max	25

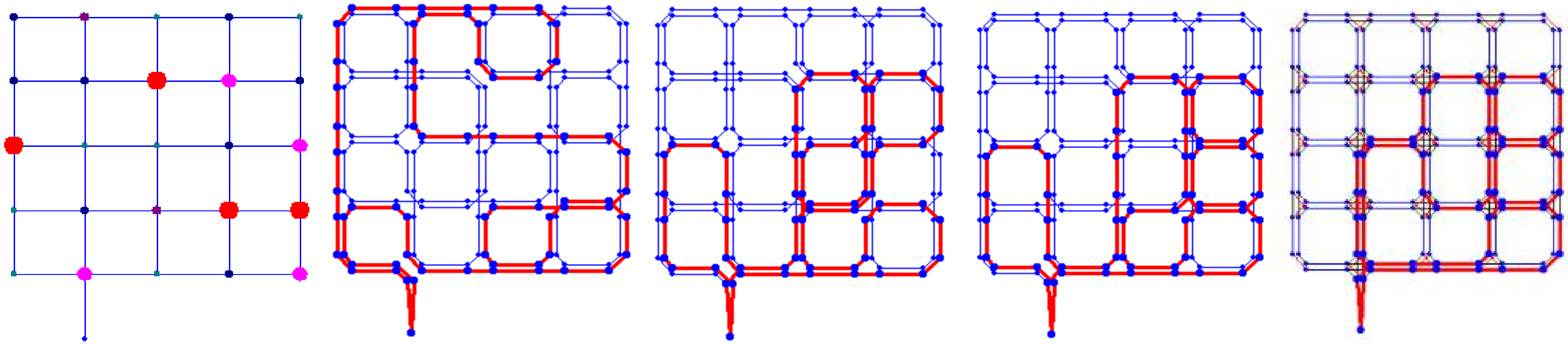
＝

宣伝効果データ

宣伝効果	道路	左折	直進	右折
min	0	25	5	150
max		325	50	1475

4.2 結果と考察(走行経路の変化)

$m = 5, n = 5, s = 2, T = 1500$



走行範囲　初期解　CL＝500　CL＝800　厳密解

誤差率：　35.3%　8.7%　3.3%

人通りの多い交差点での進行方向と総右折回数

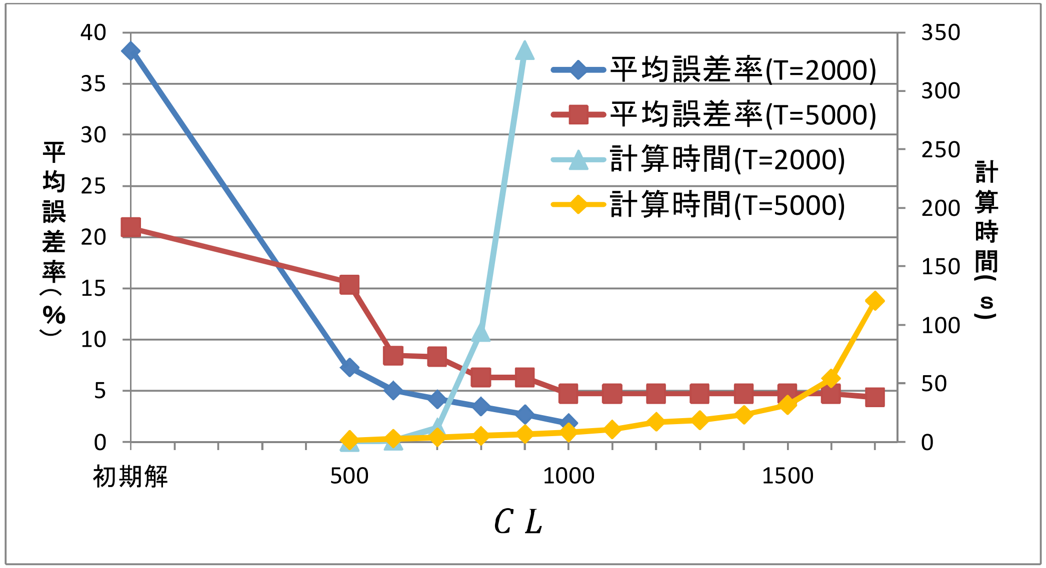
ＣＬ	人通り(22～25)			人通り(17～21)			全体右折回数
	右折	左折	直進	右折	左折	直進	
初期解	4	0	2	5	1	0	12
500	4	2	0	7	0	0	15
800	6	1	0	8	0	0	15
厳密解	6	0	0	7	0	1	16

CLを長くすると，
- 人通りの多い交差点を多く右折で通るようになる
- 全体右折回数が増加する

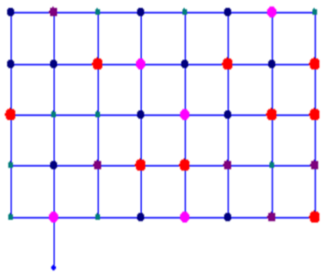
4.2　結果と考察（制限時間Tによる比較）

<u>$m=5, n=8, s=2, T=2000, 5000$, 実験回数5回</u>

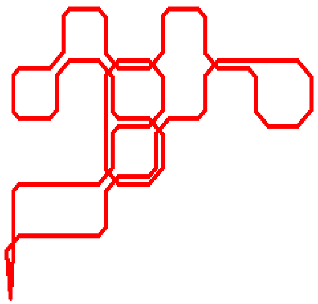
CLを長くとると，
- 誤差は小さくなる
- 計算時間は長くなる

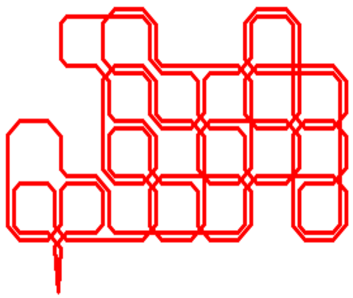


トレードオフの関係



$T=2000$　　$T=5000$





Tが長いとき，切除した部分経路に代替可能な近傍ルートの選択肢が少ない

CLを長く設定する必要性

4.2 結果と考察（問題が大きい場合）

$\underline{\boldsymbol{m = 5, n = 8, s = 2, T = 10000(\infty)}}$

- メモリ不足で厳密解が求められなかった問題

ソルバーと提案解法の結果と計算時間の比較

	暫定値	上界値	計算時間(s)
Gurobi	54206	56237	15858
提案解法	53859		364
誤差(%)	0.64	4.2	

・暫定値と同程度の解
・計算時間短縮

厳密解が求められない問題サイズに対しても
提案解法は有効であると考えられる

5. まとめと今後の課題

まとめ

- アドトラックができるだけ大きな宣伝効果を得るための走行経路を求める問題を，最適化問題としてモデル化し，発見的解法を提案した.
  - ・ 小さな問題例の場合 → 厳密解を求めることができた
  - ・ 大きな問題例の場合 → 提案解法が有効

今後の課題

- 提案解法の精度の向上.

6. 参考文献

[1] : ADTRAX, http://www.adtrax.jp/ (2012.1.09).

[2] : 有限会社カヤノ物流,
https://www.skblog.jp/1000075702/wp-content/uploads/2010/10/128636129854872900.jpg (2011.10.30).

[3] : 株式会社アップスター,
http://www.upstar.co.jp/gallery/track_akb_chance.html(2012.01.16).

[4] : Gurobi Optimization, http://www.gurobi.com/ (2012.1.09).

[5] : 柳浦睦憲, 茨木俊秀 (2001), 組合せ最適化—メタ戦略を中心として—, 朝倉書店, 237pp.

[6] : 沼田一道 (2011),
汎用MIPソルバによる巡回セールスマン問題の求解—多項式オーダ本数の部分巡回路除去制約—,
オペレーションズ・リサーチ, vol.8, pp.452-455.

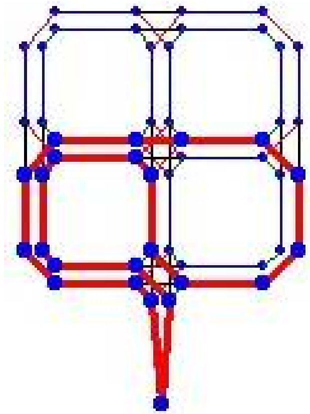
ありがとうございました

付録

記号の定義(1)

グラフ $\boldsymbol{G}$の各枝$\boldsymbol{e}$に，宣伝効果$\boldsymbol{g_e}$と通過時間$\boldsymbol{t_e}$を対応させたネットワーク$\boldsymbol{N(V, E, g, t)}$を考える.

- $N(V, E, g, t)$: アドトラック走行エリア
- t_e: 枝eを通過する際に必要な所要時間(通過時間)
- $h_{(a,b)}$: a行b列の交差点の平均的な人通り
- g_e : a行b列の交差点に属する枝eを走行する際に得られる宣伝効果　$g_e = t_e \times h_{(a,b)}$で与える.
- T : 制限時間
- Q: 全点数$|V|$



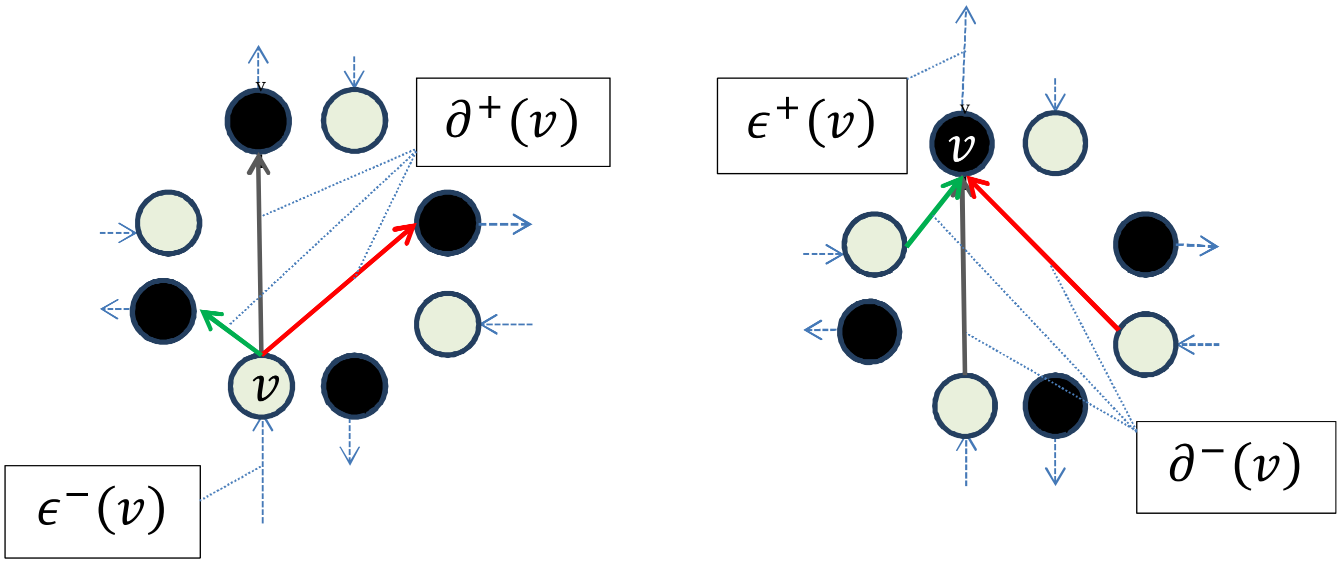
記号の定義(2)

- $\epsilon^-(v)$ ： vへ入る唯一の枝
- $\partial^+(v)$: vから出ていく高々3本の枝集合

$v \in \{0\} \cup V_1$

- $\epsilon^+(v)$: vから出ていく唯一の枝
- $\partial^-(v)$: vに入る高々3本の枝集合

$v \in \{0\} \cup V_2$



記号の定義(3)

決定変数

- $x_e = \begin{cases} 1: & \text{枝}e\text{を移動する} \\ 0: & \text{それ以外} \end{cases}$

- $y_v = \begin{cases} 1: & \text{点}v\text{を通る} \\ 0: & \text{それ以外} \end{cases}$

- f_e ： アドトラックが枝eを通過する際に数える重み
  アドトラックが点を移動するごとに1ずつ増加し，
  移動しない場合は0とする[6]．

定式化(1)

＜**ADT-RP**＞

maximize $$\sum_{e \in E_1} g_e x_e \qquad (1)$$

sub. to $$\sum_{e \in E_0 \cup E_1 \cup E_2} t_e x_e \leq T \qquad (2)$$

$$x_{\epsilon^-(v)} = y_v, \qquad \forall v \in V_1 \qquad (3)$$

$$\sum_{e \in \partial^+(v)} x_e = y_v, \qquad \forall v \in V_1 \qquad (4)$$

$$x_{\epsilon^+(v)} = y_v, \qquad \forall v \in V_2 \qquad (5)$$

$$\sum_{e \in \partial^-(v)} x_e = y_v, \qquad \forall v \in V_2 \qquad (6)$$

定式化(2)

$$f_e \leq Qx_e, \qquad \forall e \in E_0 \cup E_1 \cup E_2 \quad (7)$$

$$\sum_{e \in \partial^+(v)} f_e - f_{\epsilon-(v)} = y_v, \qquad \forall v \in V_1 \quad (8)$$

$$f_{\epsilon^+(v)} - \sum_{e \in \partial^-(v)} f_e = y_v, \quad \forall v \in V_2 \quad (9)$$

$$f_{\epsilon+(0)} = 0 \quad (10)$$

$$y_0 = 1 \quad (11)$$

$$x_{\epsilon^+(0)} = 1 \quad (12)$$

$$x_{\epsilon^-(0)} = 1 \quad (13)$$

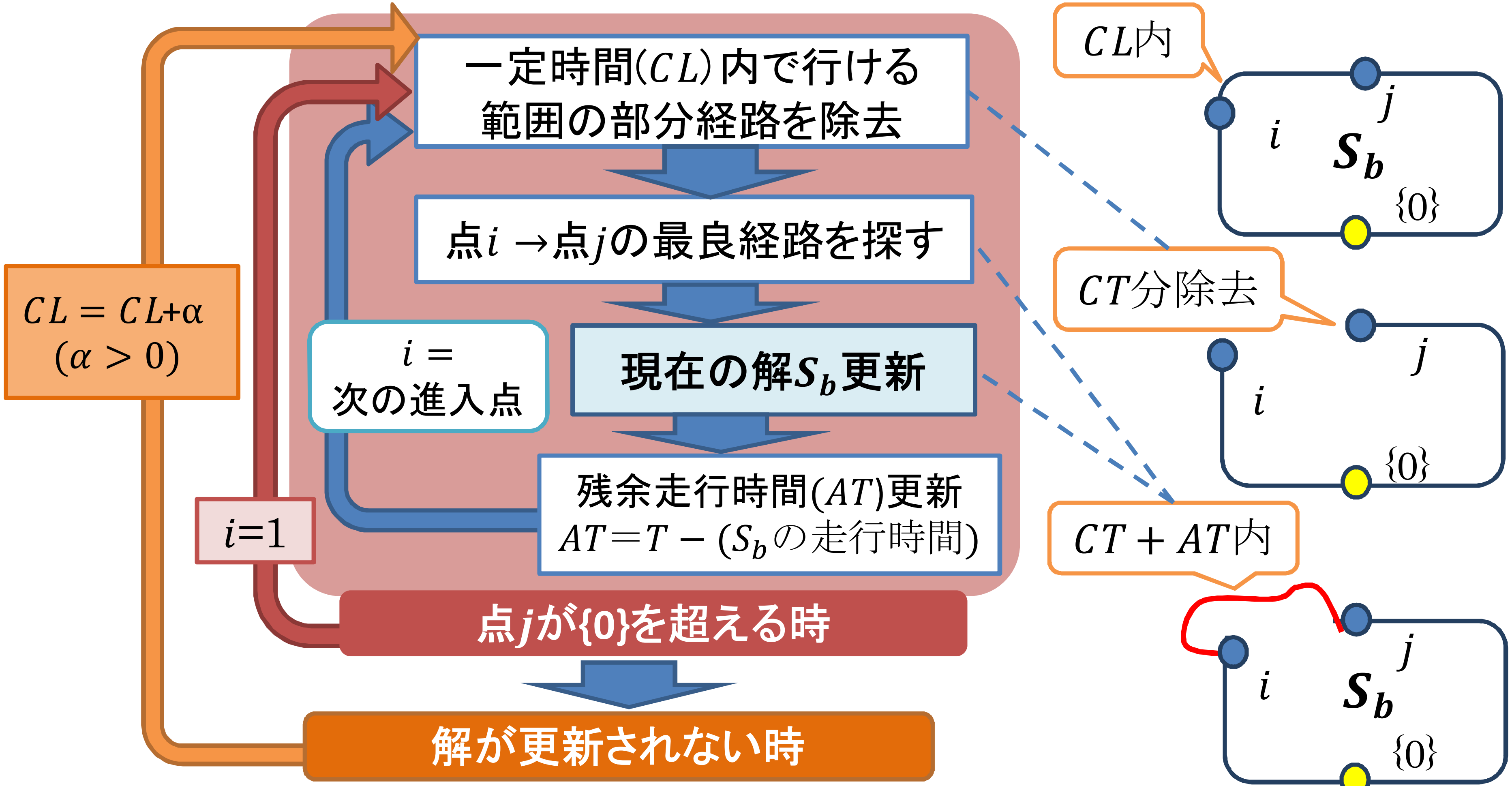
$$y_v \in \{0,1\}, \qquad \forall v \in \{0\} \cup V_1 \cup V_2 \quad (14)$$

$$x_e \in \{0,1\}, \qquad \forall e \in E_0 \cup E_1 \cup E_2 \quad (15)$$

$$f_e \geq 0: \text{integer} \quad \forall e \in E_0 \cup E_1 \cup E_2 \quad (16)$$

近傍探索

巡回路の一部の経路を除去し，より良い経路を探す．



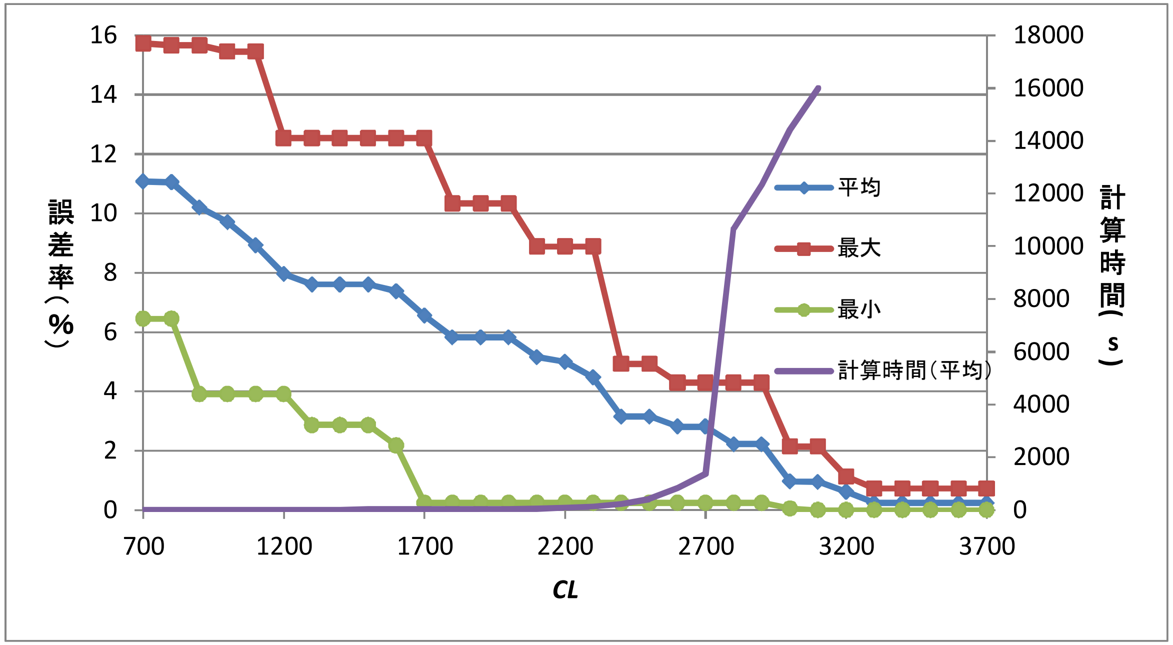
結果と考察(誤差率の変化)

$\underline{m = 5, n = 6, s = 2, T = \infty}$, 実験回数5回

計算時間と誤差率

CLを長くとると,
- 誤差は小さくなる
- 計算時間は長くなる

トレードオフの関係



同じCLでも,誤差率に差が生じている

初期解の段階の精度に依存する傾向