

# リアルタイム情報に基づく平面交差点 信号制御システム最適化に関する研究 ーリアルタイム情報に基づいた平均遅延時間最小化 を目指す信号制御アルゴリズムとその検証

(公財)豊田都市交通研究所

主任研究員 穆蕊

# 本日説明の流れ

- **背景 (P2-4)**
  - **本研究の独創性と意義 (p5-6)**
  - **本研究の仕組み (P7)**
  - **構築したアルゴリズム (P8-12)**
    - **検証用交差点について(P13)**
    - **検証で用いたモデル(P14)**
    - **交通流量シナリオの設定と検証結果(P15-18)**
    - **検証用ミクロシミュレーション画面(P19)**
    - **検証結果のまとめ(P20)**

# 背景



## 人工知能時代

- どのような方法で 獲得できる情報（カメラ、レーダー、光ビーコン．．．から） を処理する？
- さらに、どのような方法で上述の処理した情報を利用して、「信号制御最適化」を実現する？最適化の「判断基準」は？

# 背景—先行研究

手段

目標

リアルタイム情報の更新時間と利用方式

平均遅延時間最小化

	1秒ごとにリアルタイム情報の更新かつ1秒ごとに利用	平均遅延時間最小化
先行研究グループA	▲	✖
先行研究グループB	✖	●
先行研究グループC*	✖	✖
本研究	●	●

▲ : 1秒ごとに情報の利用ではないが、X秒ごとに利用

✖ : この特徴がない

● : この特徴がある

\*MODERATOはグループCに属する

# 背景—先行研究

## 最適化の「判断基準」—レビュー

### 信号付き交差点の評価指標について

- 世界範囲では、アメリカ、中国に限りではなく(AUSTROADS:オーストラリアとニュージーランドの道路交通に関するトップエージェンシーの合同組織,2020,CITE:カナダ交通工学委員会,2008)、平均遅延時間を信号付き交差点の最も重要な評価指標とする。「平面交差の計画と設計 基礎編 計画・設計・交通信号制御の手引」(2018)に、サービス水準の定義がなく、日本では「サービス水準の設定方法に関する知見が不十分である」という説明がある。

### 平均遅延時間の計算方法について(付録6)

- WebsterとHCM(Highway Capacity Manual)。両方でも三つの項がある。Websterの遅延計算式とHCMの遅延計算式の第一項はほぼ同じである。第二項は同様に交通流量のランダム性を表すが、計算式はかなり異なる。HCMの計算式は大量なパラメーターがあるため、そちらの検証はかなり複雑になる。さらに、1秒ごとに信号制御を更新すれば、HCMの計算式のパラメーターの設定は困難になる。

# 本研究の独創性と意義

**定周期制御**

**MODERATO**

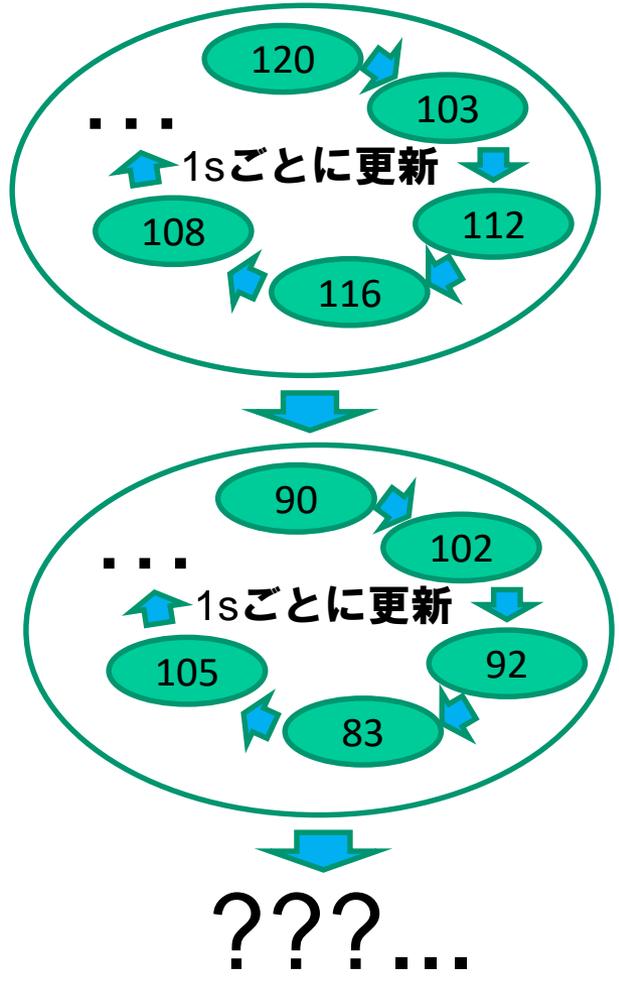
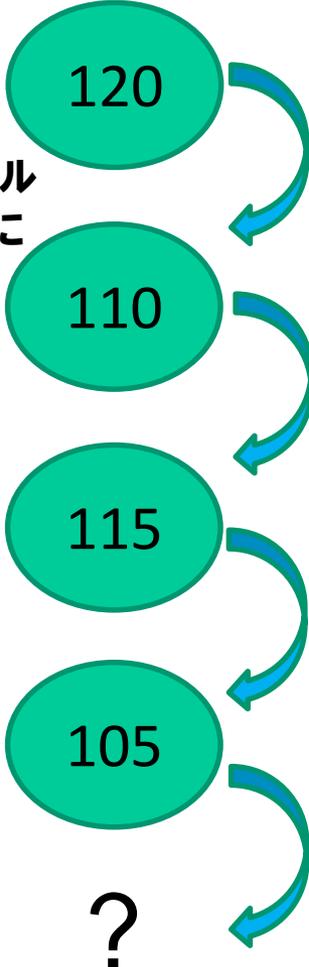
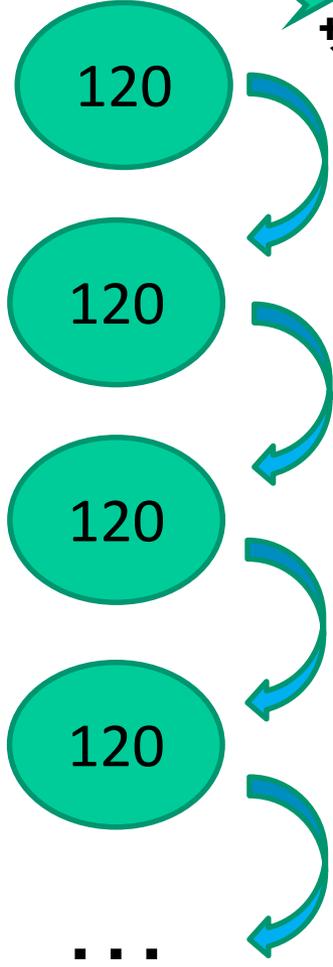
**本研究**

サイクルごとに更新

前の1サイクルの交通状況によって

1sごとに更新

1sごとに更新



# 本研究の独創性と意義

## 各方法の効果について

既往研究：

MODERATO



定周期制御

本研究今までの結果：

本研究



定周期制御

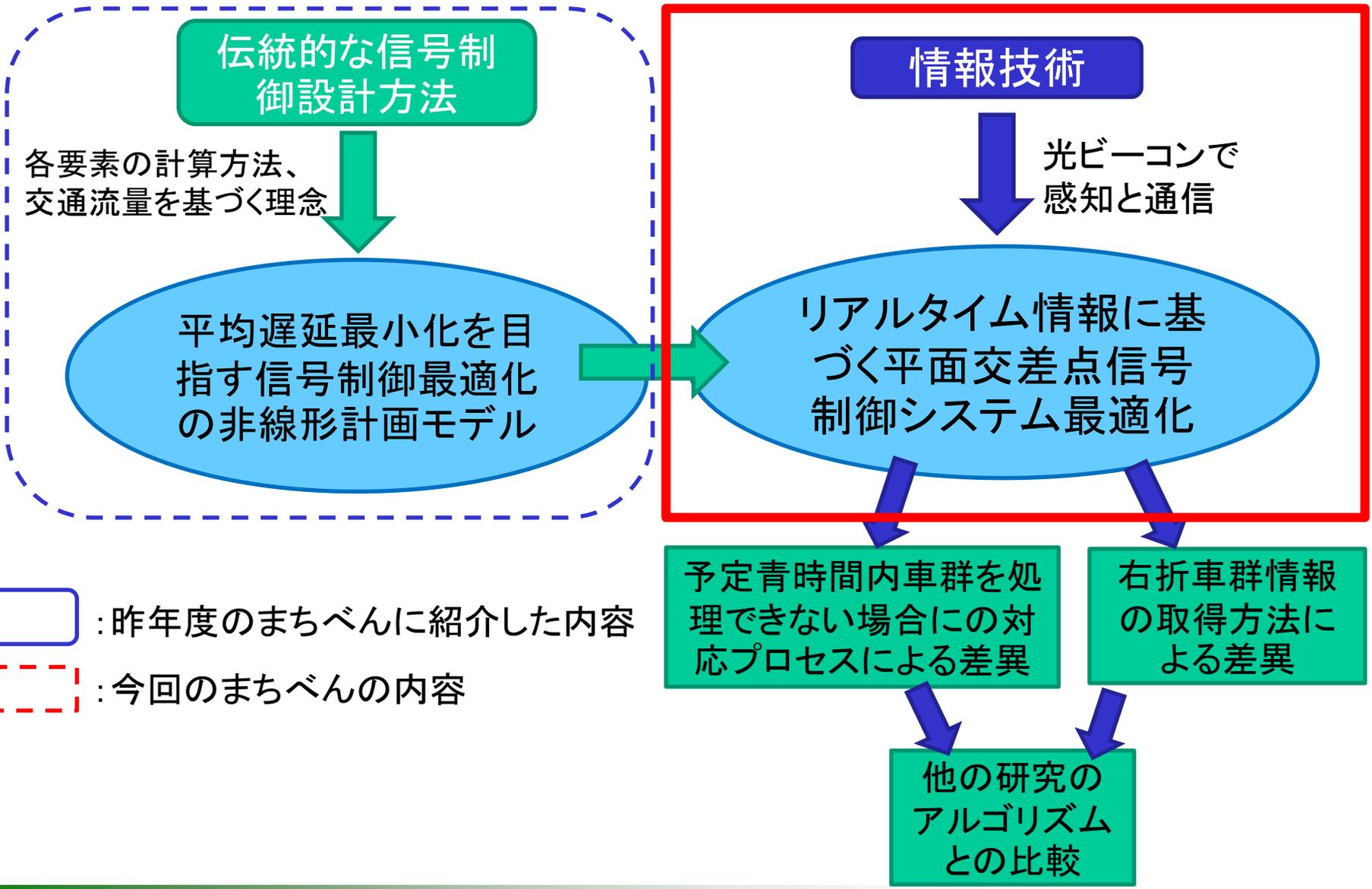
本研究現在の課題：

本研究



MODERATO

# 本研究の仕組み



# 平均遅延最小化を目指すモデル

Dの最小化を目指す、構築した非線形計画モデルは以下に示す

目的関数：
$$\min D = \frac{\sum_1^n d_n q_n G_n}{\sum_1^n q_n G_n} *$$

$$d_n = \frac{C(1 - g_n)^2}{2(1 - \beta_n)} + \frac{x_n^2}{2q_n(1 - x_n)} - 0.65\left(\frac{C}{q_n^2}\right)^{1/3} x_n^{(2+5g_n)}$$

制約条件：

$$\left\{ \begin{array}{l} C = \sum_i G_i + L \\ C \geq \frac{L}{1 - \lambda} \\ C \leq 150 \\ G_i \geq G_{mini}, i \in \text{現示集合} \\ \frac{G_i}{C} \leq \frac{q_i}{s_i}, i \in \text{現示集合} \end{array} \right.$$

制約条件の釈明：

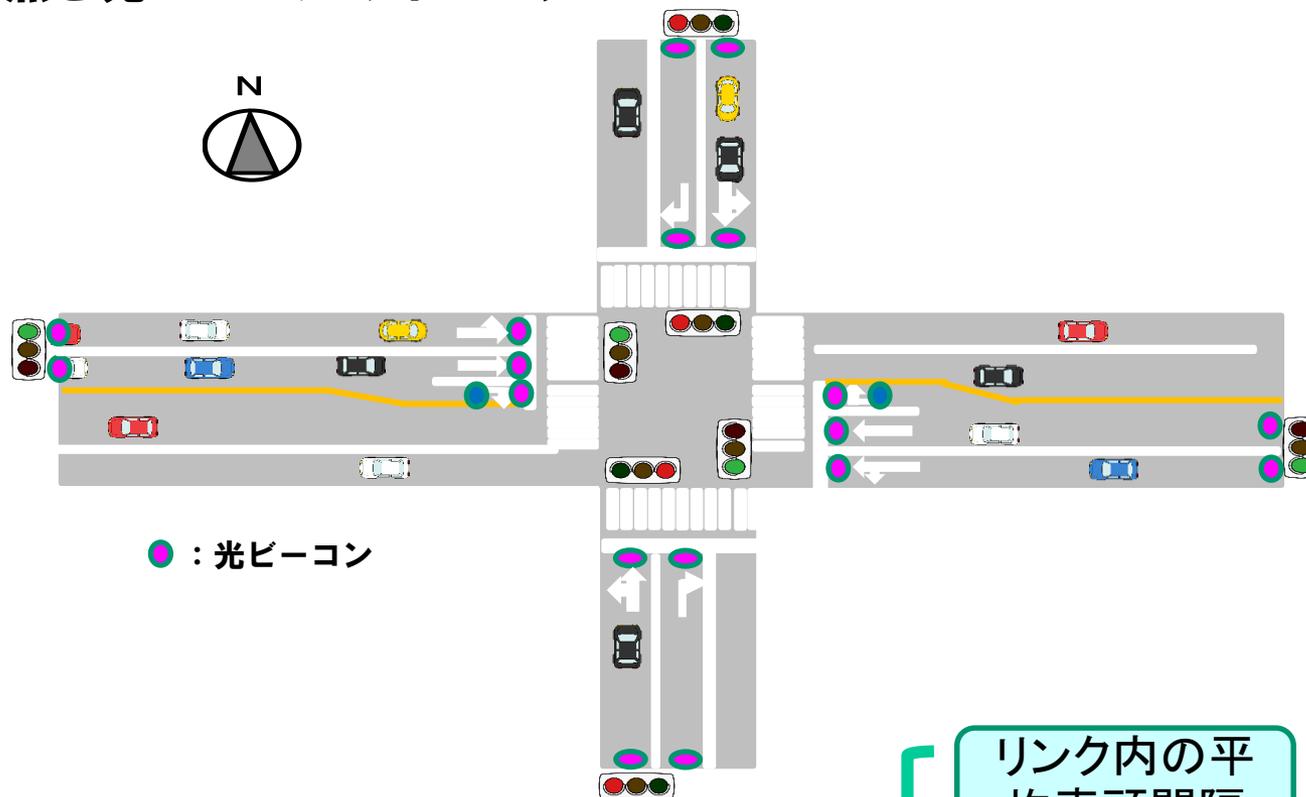
- ✓ サイクルの長さは各現示の有効青時間と総損失時間の和
- ✓ 全部の車両が通過できる最短サイクル時間
- ✓ サイクルの最大値は150秒を制約(平面交差の計画と設計基礎編一計画・設計・交通信号制御の手引(2018)とhighway Capacity Manual2010を参照)
- ✓ 各現示に、車両が物理的に交差点を通過できる最短時間、ここには各現示に10秒を設定

交差点の交通需要率が1以下に適用

\*  $d_n$ は付録6の式(A1)と一致

# 感知機能と通信機能付き光ビーコンについて

## 交差点と光ビーコンのイメージ

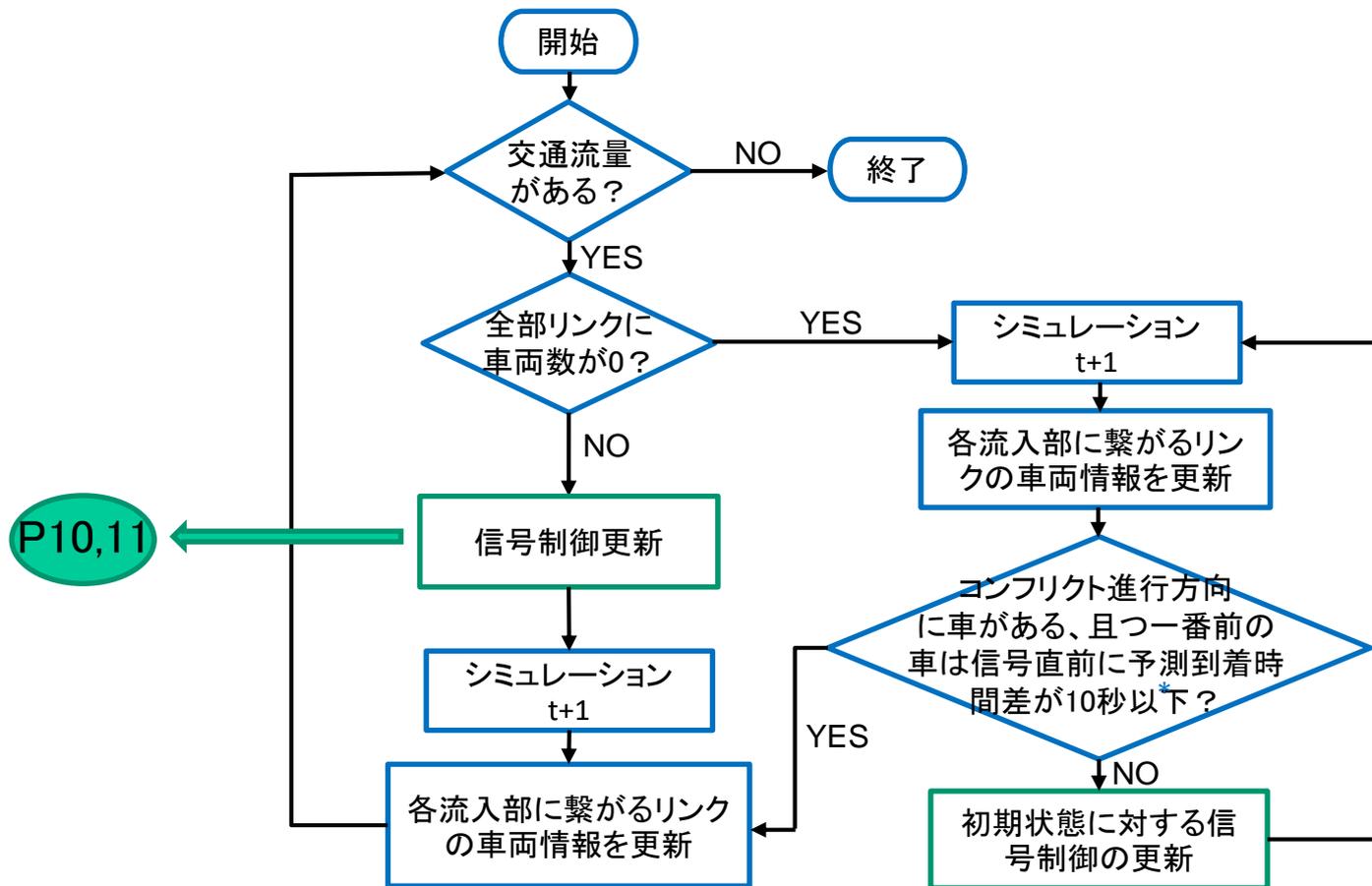


### ディテクター提供できるリアルタイム情報

- ・ 瞬間速度
- ・ 離れる時間
- ・ 車両ID



# アルゴリズムのロジック(メインフローチャート)

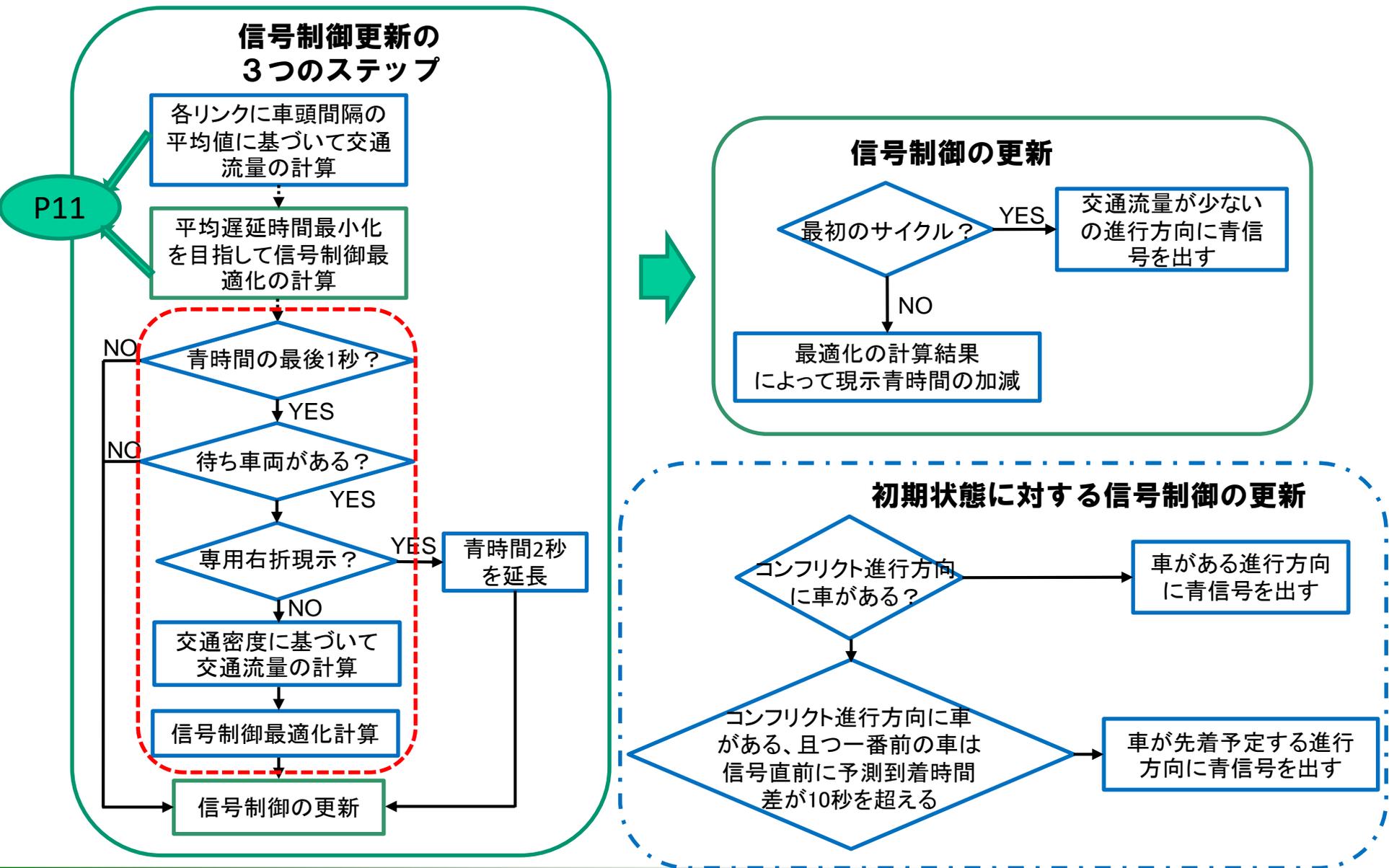


\* 10秒は1車両交差点を通過する時間(5秒)とクリアランス時間(黄時間2秒+赤時間3秒)の和

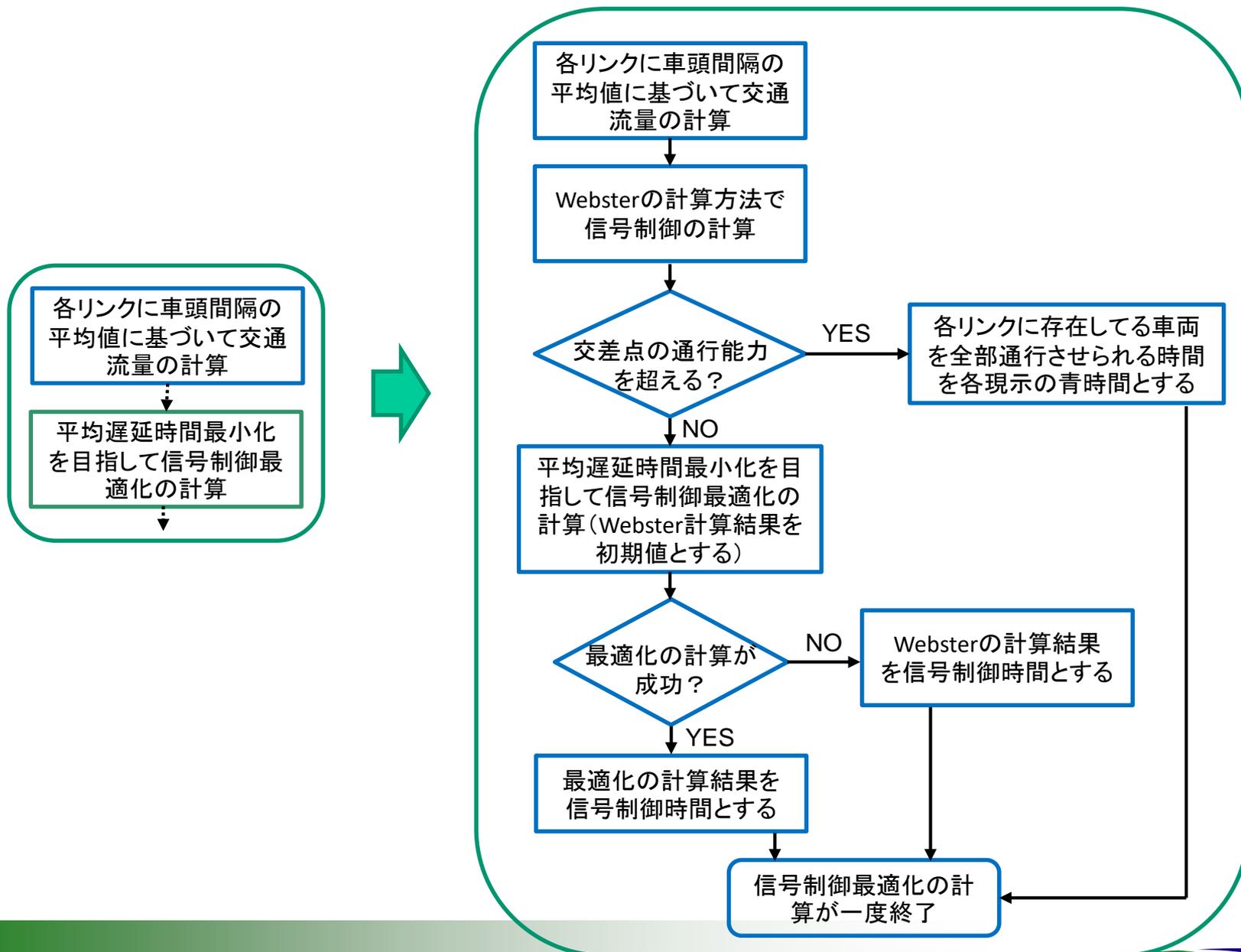
初期状態:「全部リンクに車両数が0」から「衝突進行方向の一番前の車は信号直前に到着時間差が10秒以上」までの状態

: サブプロセスの説明があるプロセス

# アルゴリズムのロジック(サブプロセス)

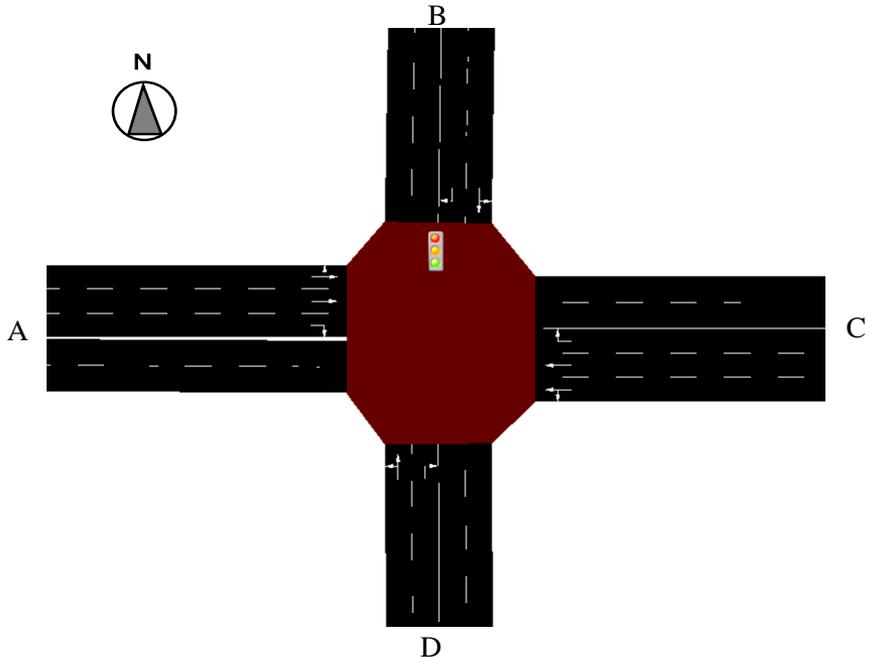


# アルゴリズムのロジック(サブプロセス)

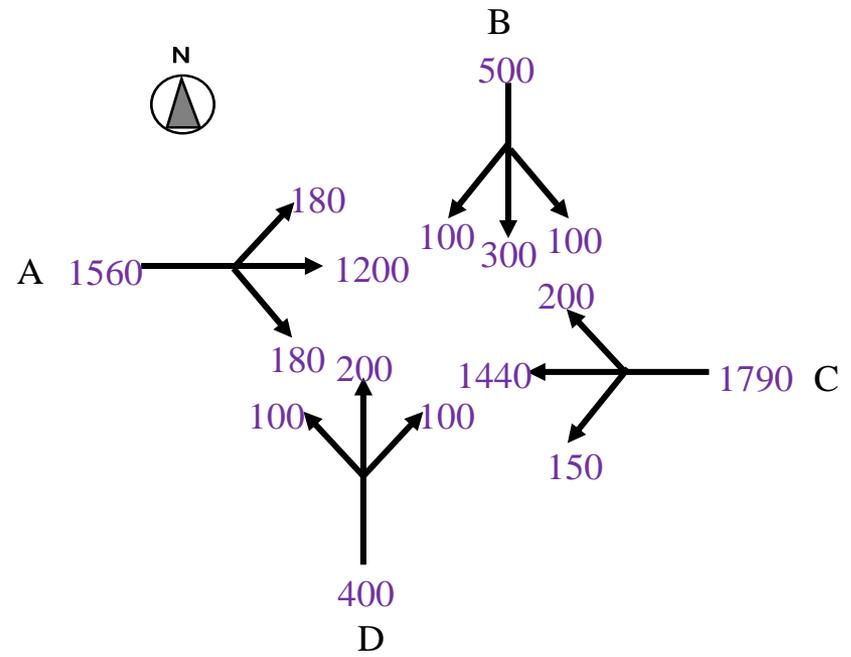


# 検証用交差点について

## 参考文献\*の計算例(付録4)



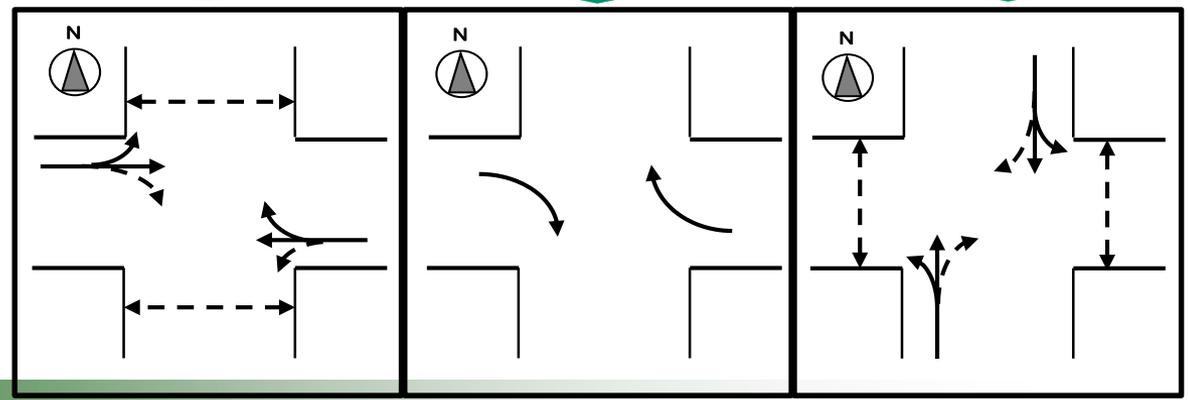
各進行方向の交通流量:



現示 1 (Φ 1)

現示 2 (Φ 2)

現示 3 (Φ 3)



\* 平面交差の計画と設計 基礎編, 一般社団法人交通工学研究会, 丸善出版株式会社, 2018年

# 検証で用いたモデル

## (1) 伝統的な設計方法(モデル1) (付録4)

ステップ1. サイクル長の計算:

総遅延時間を最小にするサイクル長の近似値  $C_{op}$

$$C_{op} = \frac{1.5L+5}{1-\lambda} \quad (4)$$

ステップ2. 各現示有効青時間の計算:

$$G_i = (C - L) \frac{\lambda_i}{\lambda} \quad (7)$$

ステップ3. 有効青時間のチェック:

$$\text{IF } G_i S_i > q_i C, i \in \text{現示集合}, \text{ OK}$$

(2) 非線形計画モデルを用いて、リアルタイム情報に基づいたアルゴリズム(モデル2、P8-P12)

# 各流入レーン交通流量シナリオ設定－観点1

- 多様のシナリオ設定の理由：異なる交通状況への適用を検証
- シナリオ設定の根拠：
  - 東西方向と南北方向の交通流量の不変、増加、減少の組合せ、全部九つ。
- 各シナリオ：
  - シナリオ1: 参考文献の計算例と接近(付録4)
  - シナリオ2: 東西方向に交通流量不変、南北方向に交通流量増加
  - シナリオ3: 東西方向に交通流量不変、南北方向に交通流量減少
  - シナリオ4: 東西方向に交通流量増加、南北方向に交通流量不変
  - シナリオ5: 東西方向に交通流量増加、南北方向に交通流量増加
  - シナリオ6: 東西方向に交通流量増加、南北方向に交通流量減少
  - シナリオ7: 東西方向に交通流量減少、南北方向に交通流量不変
  - シナリオ8: 東西方向に交通流量減少、南北方向に交通流量増加
  - シナリオ9: 東西方向に交通流量減少、南北方向に交通流量減少

# 観点1からアルゴリズムの検証ー検証結果

二つのモデル: (1) 伝統的な設計方法(モデル1); (2) 非線形計画モデルを用いて、リアルタイム情報に基づいたアルゴリズム (車両がランダムで発生、10回の平均値、完全同様なODファイル)

シナリオ	モデル	シミュレーション時間(秒)	変化率(%)	平均遅延時間(秒)	変化率(%)	変動係数	変化率(%)
1 →→	(1)	7314.4	100	29.1	100	0.82	100
	(2)	7310.8	100.0	28.3	97.3	0.77	94.3
2 →↑	(1)	7352	100	39.8	100	1.02	100
	(2)	7322.1	99.6	32.9	82.6	0.72	71.1
3 →↓	(1)	7303.1	100	23.2	100	0.83	100
	(2)	7299.8	100.0	22.9	98.5	0.82	98.3
4 ↑→	(1)	7682.9	100	86.1	100	0.96	100
	(2)	7349.4	95.7	43.0	49.9	0.85	88.4
5 ↑↑	(1)	7685.7	100	90.3	100	0.78	100
	(2)	7378.7	96.0	58.8	65.1	0.68	88.1
6 ↑↓	(1)	7343.7	100	41.0	100	0.81	100
	(2)	7295.1	99.3	22.3	54.5	0.82	100.4
7 ↓→	(1)	7325.1	100	29.5	100	0.93	100
	(2)	7306.6	99.7	27.0	91.6	0.78	83.1
8 ↓↑	(1)	7319.3	100	32.2	100	0.84	100
	(2)	7308.4	99.9	29.0	90.1	0.73	86.7
9 ↓↓	(1)	7298.5	100	21.1	100	0.76	100
	(2)	7297.2	100.0	21.8	103.1	0.83	108.9

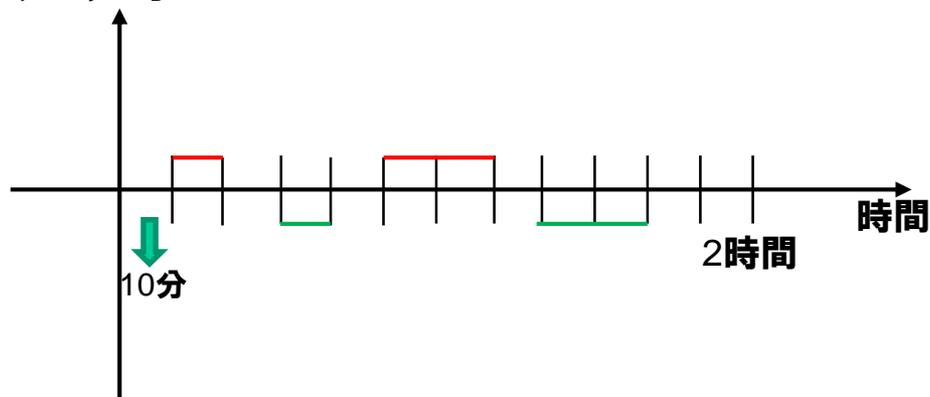
## 各流入レーン交通流量シナリオ設定－観点2

➤ 激しい交通状況の変化への適用を検証

➤ シナリオ設定の根拠：

総交通発生量が不変、10分あるいは20分単位で各発生点で交通発生率の増加あるいは減少。全部4つ。

➤ 各シナリオ：



— : 交通流量変化の種類①

— : 交通流量変化の種類②

- シナリオ1: 南北不変、東西が①「増加」あるいは②「減少」
- シナリオ2: 東西不変、南北が①「増加」あるいは②「減少」
- シナリオ3: 東西と南北方向同時に①「増加」あるいは②「減少」
- シナリオ4: ①「南北減少、東西増加」あるいは②「南北増加、東西減少」

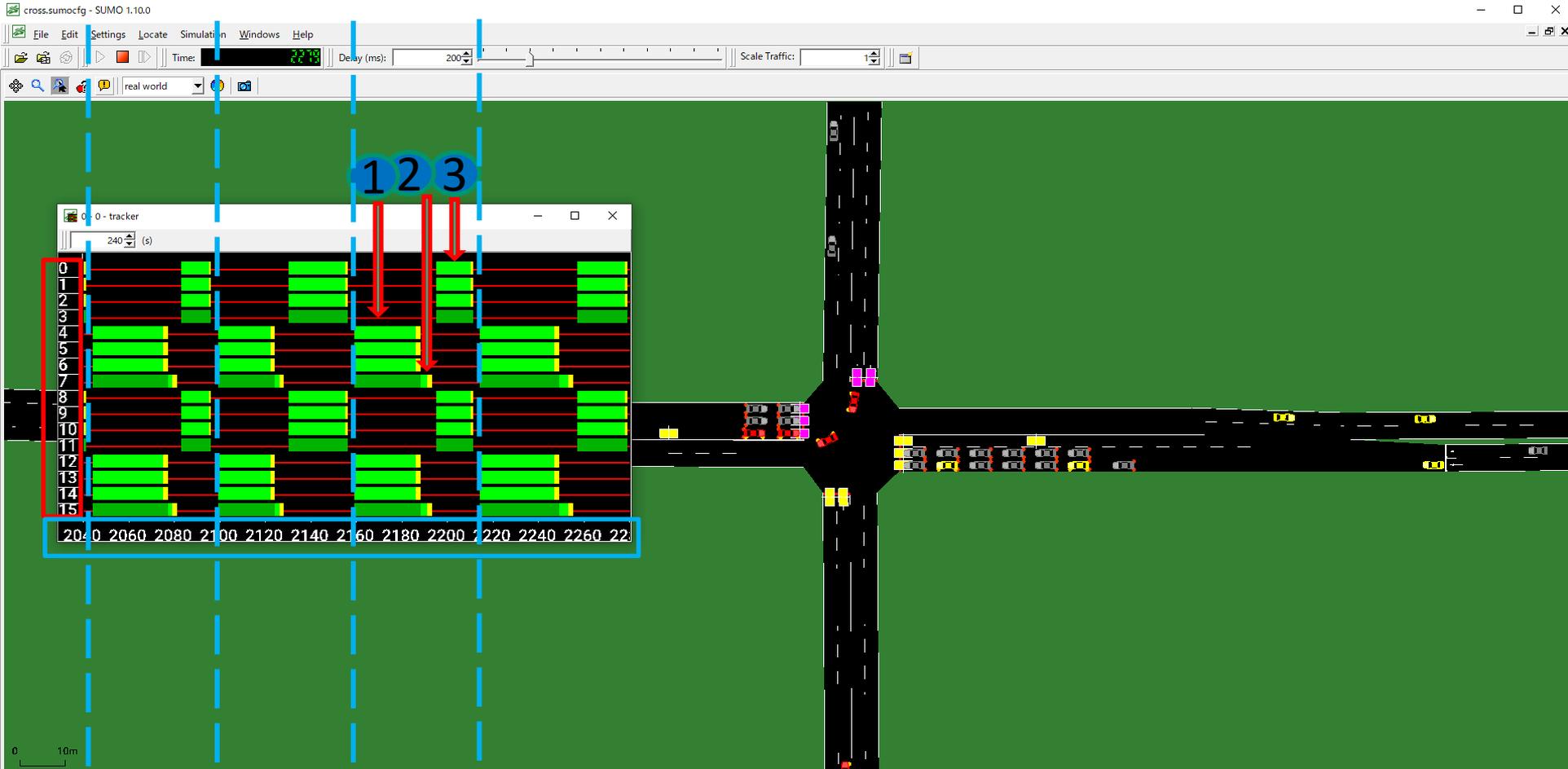
# 観点2からアルゴリズムの検証—検証結果

二つのモデル: (1) 伝統的な設計方法(モデル1); (2) 非線形計画モデルを用いて、リアルタイム情報に基づいたアルゴリズム (車両がランダムで発生、10回の平均値、完全同様なODファイル)

シナリオ	モデル	シミュレーション時間(秒)	変化率(%)	平均遅延時間(秒)	変化率(%)	変動係数	変化率(%)
1	(1)	7315.6	100	57.8	100	0.93	100
	(2)	7304.7	99.9	38.9	67.2	0.87	93.7
2	(1)	7314.4	100	47.7	100	1.89	100
	(2)	7309.2	99.9	36.0	75.5	1.28	67.9
3	(1)	7309	100	80.0	100	1.19	100
	(2)	7311.6	100.0	67.4	84.3	1.17	98.7
4	(1)	7722	100	84.8	100	1.41	100
	(2)	7313.7	94.7	28.4	33.5	0.82	58.3

# シミュレーションの画面

## 観点2-シナリオ1-モデル(2)



- : P23-24と同じ流入番号
- : 時間 (秒)

- 1 : 現時番号 (P13と同じ)
- : サイクルの区切線

## 2つ観点からアルゴリズムの検証結果のまとめ

- 観点1: 交通発生時間帯内、各発生点で交通発生率が不変

交通流量が多いシナリオで、開発したアルゴリズムのパフォーマンスはよい。交通流量が多い東西方向の交通流量は増加させれば、伝統的な信号制御方法より開発したアルゴリズムの交通流処理能力が顕著に高い。

- 観点2: 交通発生時間帯内、各発生点で交通発生率が激しい変化

全部のシナリオで、開発したアルゴリズムのパフォーマンスはよい。現示の需要率(飽和度)の比が大幅に変化させれば、伝統的な信号制御方法より開発したアルゴリズムの交通流処理能力がかなり高い。ただし、交差点の飽和度が1以上の場合、アルゴリズムの処理能力が対応方法の変更によって改善できると考えている。

**ご清聴ありがとうございました。**

**ご不明点などがございましたら、  
以下までご連絡ください。**

 : [mu@ttri.or.jp](mailto:mu@ttri.or.jp)

 : 0565-31-7543

# 付録1：用語集と記号

$d_n$ : レーン組合せ $n$ に、1台あたり平均遅延時間

$D_n$ : 1サイクルあたりレーン組合せ $n$ に車両の総遅延時間

$C$ : サイクル長

$g_n$ : レーン組合せ $n$ の青時間率,  $g_n = G_n/C$

$G_n$ : レーン組合せ $n$ の有効青時間

$\beta_n$ : レーン組合せ $n$ の需要率 =  $q_n/s_n$ ,

$q_n$ : レーン組合せ $n$ の流入交通流率

$s_n$ : レーン組合せ $n$ の飽和交通流率

$x_n = \frac{q_n C}{s_n G_n}$ 、過飽和でない場合に  $x_n \leq 1$

$\tau_n$ : 飽和交通流時間

$C_{op}$ : 総遅延時間を最小にするサイクル長の近似値

$L$ : 交差点の総損失時間

$\lambda$ : 交差点の需要率あるいは飽和度,  $\lambda = \sum_i \lambda_i$

$\lambda_i$ : 現示 $i$ に各レーン組合せの最大需要率,  $\max(\beta_n)$

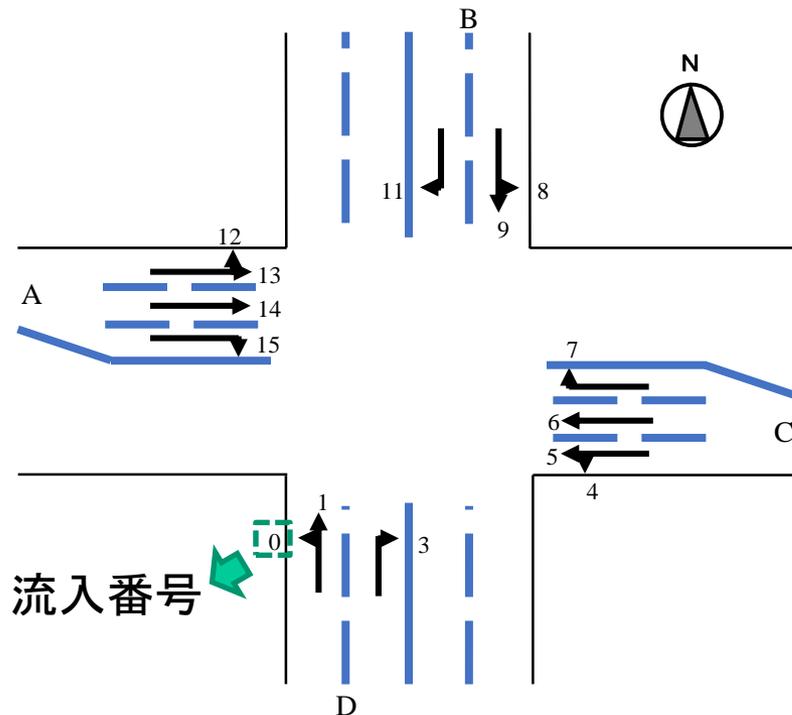
$G_i$ : 現示 $i$ の有効青時間

$D$ : 交差点1サイクルあたりの車両の平均遅延時間

$P$ : 青時間内車両の到着率

$PF$ : 青時間内車両の到着率影響因子

# 付録2:各交通発生点の交通流率—観点1



[A左折,A直行,A右折,B左折,B直行,B右折,C左折,C直行,C右折,D左折,D直行,D右折] :

[18./360,120./360,18./360,10./360,30./360,10./360,15./360,144./360,20./360,10./360,20./360,10./360]

[18./360,120./360,18./360,10./360,40./360,10./360,15./360,144./360,20./360,15./360,30./360,6./360]

[18./360,120./360,18./360,10./360,20./360,8./360,15./360,144./360,20./360,10./360,15./360,6./360]

[45./360,120./360,20./360,10./360,30./360,10./360,45./360,144./360,24./360,10./360,20./360,10./360]

[45./360,120./360,20./360,10./360,40./360,10./360,45./360,144./360,24./360,15./360,30./360,6./360]

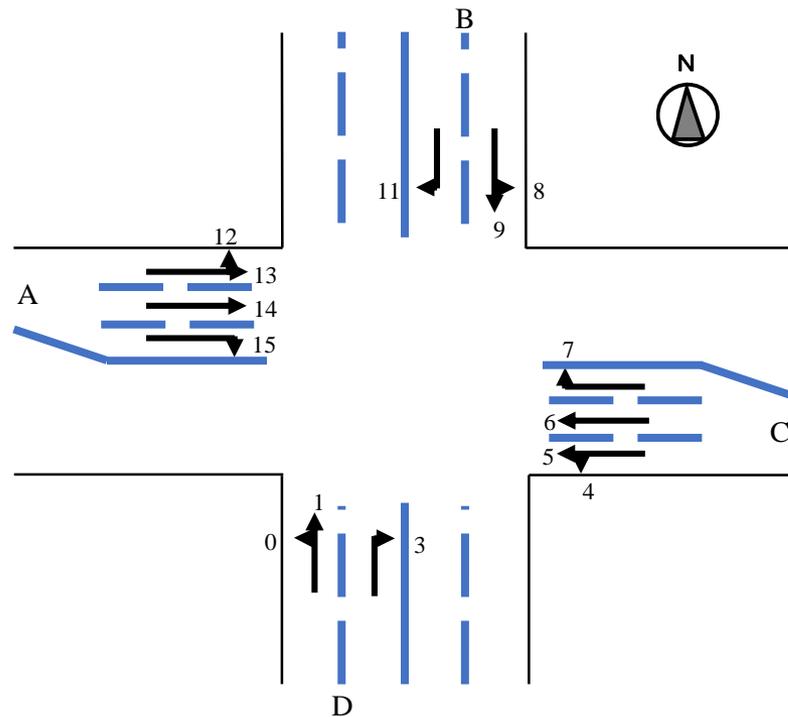
[45./360,120./360,20./360,10./360,20./360,8./360,45./360,144./360,24./360,10./360,15./360,6./360]

[10./360,120./360,15./360,10./360,30./360,10./360,30./360,120./360,18./360,10./360,20./360,10./360]

[10./360,120./360,15./360,10./360,40./360,10./360,30./360,120./360,18./360,15./360,30./360,6./360]

[10./360,120./360,15./360,10./360,20./360,8./360,30./360,120./360,18./360,10./360,15./360,6./360]

## 付録2:各交通発生点の交通流率—観点2



**交通発生時間の2時間の合わせた交通流率：**

[A左折,A直行,A右折,B左折,B直行,B右折,C左折,C直行,C右折,D左折,D直行,D右折]：

[18./360,120./360,18./360,10./360,30./360,10./360,15./360,144./360,20./360,10./360,20./360,10./360]

## 付録2：各交通発生点の交通流率—観点2続き

交通発生時間の2時間内、激しい変化：

シナリオ1：

- ① [45./360,160./360,24./360,10./360,30./360,10./360,30./360,180./360,22./360,10./360,20./360,10./360]
- ② [11./360,60./360,12./360,10./360,30./360,10./360,18./360,90./360,18./360,10./360,20./360,10./360]

シナリオ2：

- ① [18./360,120./360,18./360,15./360,55./360,12./360,15./360,144./360,20./360,15./360,35./360,15./360]
- ② [18./360,120./360,18./360,5./360,5./360,8./360,15./360,144./360,20./360,5./360,5./360,5./360]

シナリオ3：

- ① [45./360,160./360,24./360,15./360,55./360,12./360,30./360,180./360,22./360,15./360,35./360,15./360]
- ② [11./360,60./360,12./360,5./360,5./360,8./360,18./360,90./360,18./360,5./360,5./360,5./360]

シナリオ4：

- ① [45./360,160./360,24./360,5./360,5./360,8./360,30./360,180./360,22./360,5./360,5./360,5./360]
- ② [11./360,60./360,12./360,15./360,55./360,12./360,18./360,90./360,18./360,15./360,35./360,15./360]

①と②はP17にの交通流量変化の種類番号

# 付録3：ミクロシミュレーションについて

## シミュレーションで小型自動車の属性設定

属性	設定	説明
最大加速度	2.6m/s <sup>2</sup>	本種類車両の最大加速度能力。角ら(1996)の研究を参考に設定する
最大減速度	-6.0m/s <sup>2</sup>	高度道路交通システム研究室(2006)と安藝ら(2012)の研究を参考に設定する
表現最大減速度	-6.0m/s <sup>2</sup>	同上
緊急最大減速度	-8.7m/s <sup>2</sup>	同上
長さ	4.7m	日本の小型自動車の長さは4.7m以下であることから4.7mを設定する
最小車間間隔	2.5m	SUMOのデフォルト設定
最大速度	16.67m/s=60km/h	財団法人国際交通安全学会の自動車走行速度調査結果(1991)に、制限速度50km/hを持つ全幹線道路の昼間走行速度の平均値は62.7km/h。交通安全を考慮するため、その平均値より少し下回って60km/hを設定する
速度因子	normc(1,0.1,0.6,1.6)	本種類車両の速度分布である。かっこの中には平均値(mean)、標準偏差(dev)、最小値(min)、最大値(max)となる。上のセルと同じ報告書を参考して設定する
追走モデル	Krauss(1998)	SUMOのデフォルト設定
車線変更モデル	LC2013	SUMOのデフォルト設定

# 付録4: 平面交差の計画と設計 (2018) の計算例

観点1のシナリオ1 伝統的な方法によりの計算結果 東西→南北→

Leg		A			B		C			D			
Lane		SL	S	R	SL	R	SL	S	R	SL	R		
No. of lane		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
$S_A$		2151	1738	1889	1751	1895	2151	1738	1889	1751	1895		
Allocated traffic flow		180+583-617-180			100-300-100		150+729-711-200			100-200-100			
Traffic flow		1380 (1200+180)		180	500 (400+100)		1590 (1440+150)		200	400 (300+100)			
Degree of saturation		0.355		0.096	0.229		0.409		0.106	0.172		$\rho_i$	$\lambda$
$\beta_n$	1φ	0.355					0.409					0.409	0.744
	2φ			0.096					0.106			0.106	
	3φ				0.229					0.172		0.229	
$G_i$	1φ	39					39					C	
	2φ			10.5					10.5			81	
	3φ				22					22			
Possible capacity		1872		244	475+149+88		1872		244	475+68+88			
Capacity check		O.K		O.K	O.K		O.K		O.K	O.K			

総損失時間: 10.5秒

# 付録5：平均遅延時間の計算について

## ◆ Webster(1957)

現在も利用されることが多い(日本でも利用している(平面交差の計画と設計基礎編—計画・設計・交通信号制御の手引, 2018))

1台当たり平均遅延時間の定式化:

$$d_n = \underbrace{\frac{C(1-g_n)^2}{2(1-\beta_n)}}_{\text{①}} + \underbrace{\frac{x_n^2}{2q_n(1-x_n)}}_{\text{②}} - \underbrace{0.65\left(\frac{C}{q_n^2}\right)^{1/3}x_n^{(2+5g_n)}}_{\text{③}} \quad (\text{A1})$$

$d_n$ : 進行方向 $n$ に、1台当たり平均遅延時間

$C$ : サイクル長

$g_n$ : 進行方向 $n$ の青時間率,  $g_n = G_n/C$

$G_n$ : 進行方向 $n$ の有効青時間

$\beta_n$ : 進行方向 $n$ の需要率 =  $q_n/s_n$ ,

$q_n$ : 進行方向 $n$ の流入交通流率

$s_n$ : 進行方向 $n$ の飽和交通流率

$x_n = \frac{q_n C}{s_n G_n}$ 、過飽和でない場合に  $x_n \leq 1$

- ① は車両が一定の車頭間隔で到着すると仮定すると、進行方向 $n$ に、過飽和でない場合の1サイクルあたりの車両の平均遅延時間。
- ② は車両がランダムで到着の影響を表す。
- ③ はシミュレーション実験により得られた修正項。

## 付録5: 平均遅延時間の計算について

### ◆ HCM(2016)

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \quad (A2)$$

通常遅延:  $d_1 = PF \frac{C(1-g_n)^2}{2(1-\min(1, x_n)g_n)} \quad (A3)$

$$PF = \frac{1-P}{1-g_n/C} \times \frac{1-y}{1-\min(1, x_n)P} \times \left[ 1 + y \frac{1-PC/g}{1-g/C} \right] \quad (A4)$$

$$y = \min(1, x_n) g_n / C \quad (A5)$$

$$x_n \leq 1 : d_1 = PF \frac{C(1-g_n)^2}{2(1-x_n g_n)} \quad (A6) \quad \text{且} \quad PF = 1 : d_1 = \frac{C(1-g_n)^2}{2(1-x_n g_n)} \quad (A7)$$

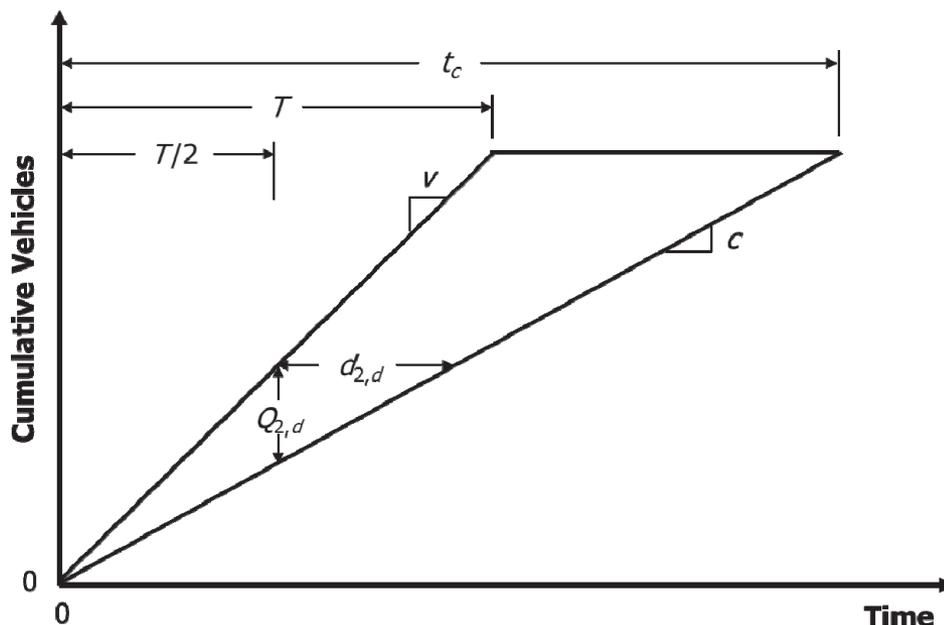
$$x_n > 1 : d_1 = PF \frac{C(1-g_n)}{2} \quad (A8) \quad (P = g_n/C \rightarrow PF = 1)$$

# 付録5: 平均遅延時間の計算について

## ◆ HCM(2016)

増量遅延:

$$d_2 = 900T \left[ (X_{A,n} - 1) + \sqrt{(X_{A,n} - 1)^2 + \frac{8k_n I_m X_{A,n}}{c_{A,n} T}} \right] \quad (A9)$$

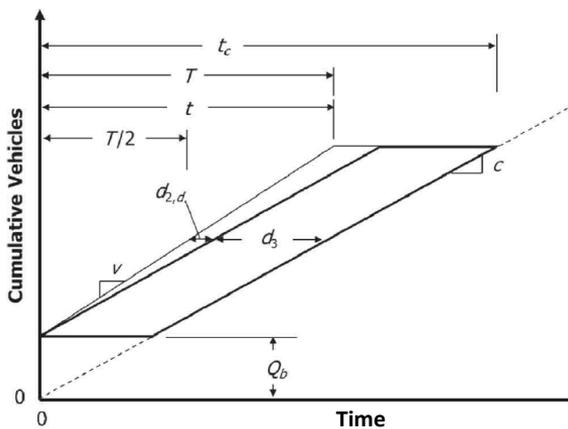


# 付録5：平均遅延時間の計算について

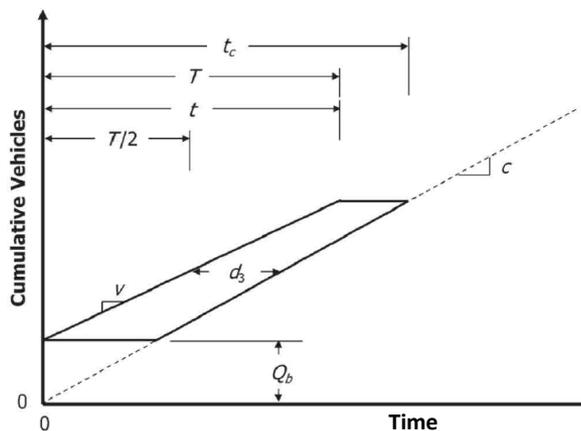
## ◆ HCM(2016)

残り渋滞長遅延：

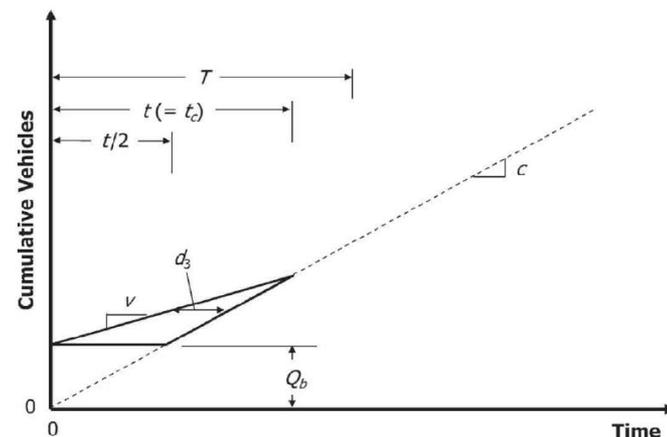
$$d_3 = \frac{3600}{q_n T} \left( t_{A,n} \frac{Q_{b,n} + Q_{e,n} - Q_{eo,n}}{2} + \frac{Q_{e,n}^2 - Q_{eo,n}^2}{2c_{A,n}} - \frac{Q_{b,n}^2}{2c_{A,n}} \right) \quad (A10)$$



①キューが増加する



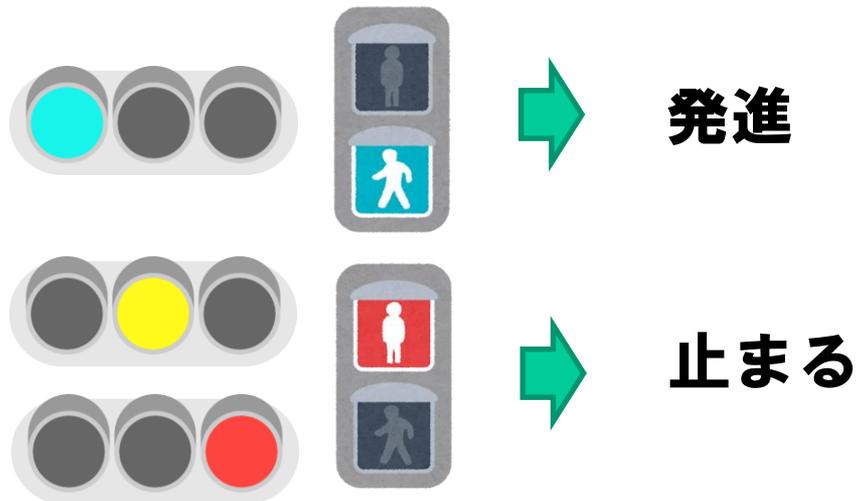
②キューが減少する



③キューが無くなる

# 付録6：信号制御の基礎知識

運転者と歩行者の視点：



信号機設置の条件と限界

- 交通安全の確保
- 交通の円滑の確保

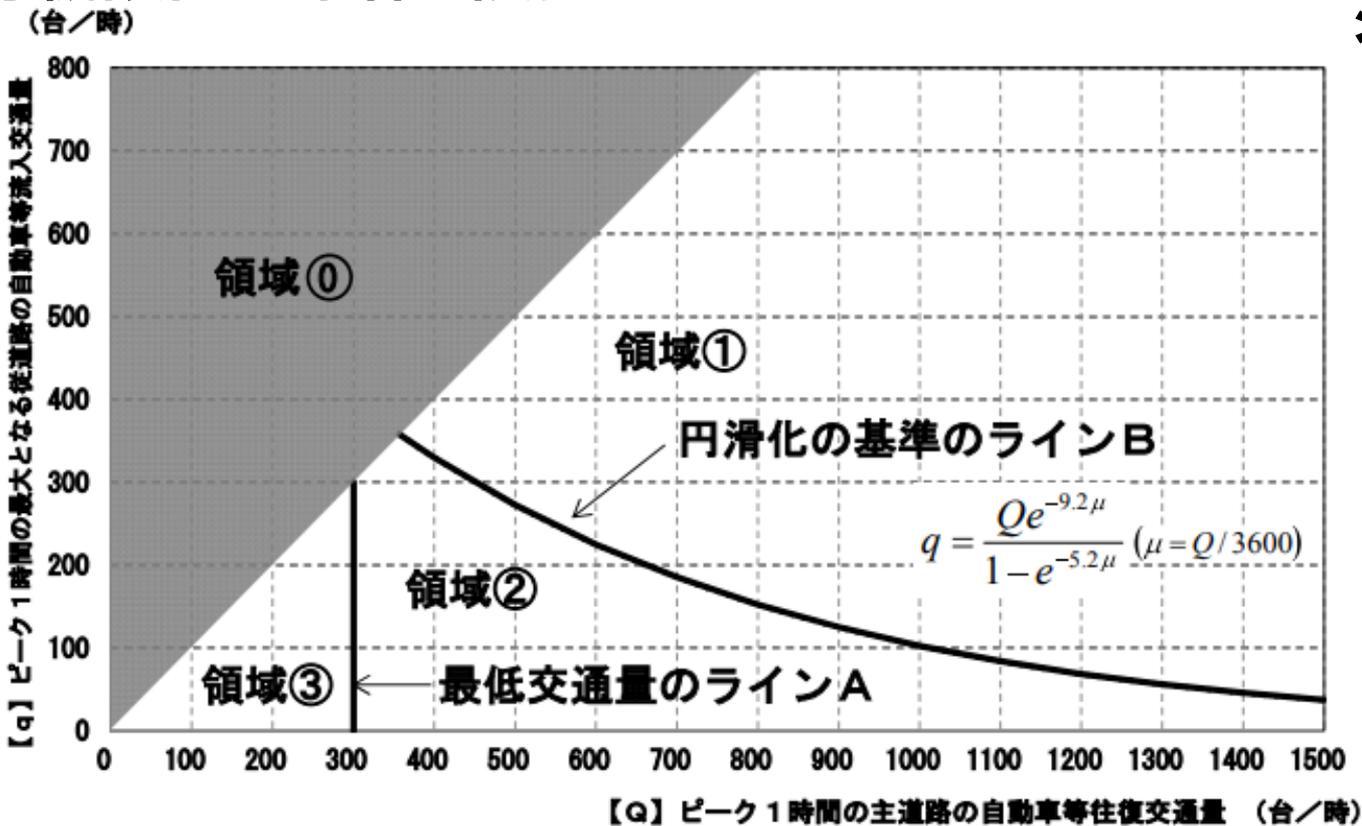
交通管理者の視点

信号機設置の仕組み



# 付録6：信号制御の基礎知識

## 信号機設置の条件と限界



(図)信号機の設置及び撤去における自動車等交通量の条件

**領域①**：対象外領域

**領域②**：交通の円滑の確保の観点から、信号機の設置が可能な場所

**領域③**：交通の円滑の確保の観点から、信号機の設置を要しないが、交通の安全の確保の観点から信号機の設置について検討できる場所

**領域④**：原則として信号機の設置を要しない場所

\* 警察庁交通局長通達：「信号機設置の指針」の制定について、警察庁丙規発第25号，平成27年12月28日

# 付録6：信号制御の基礎知識

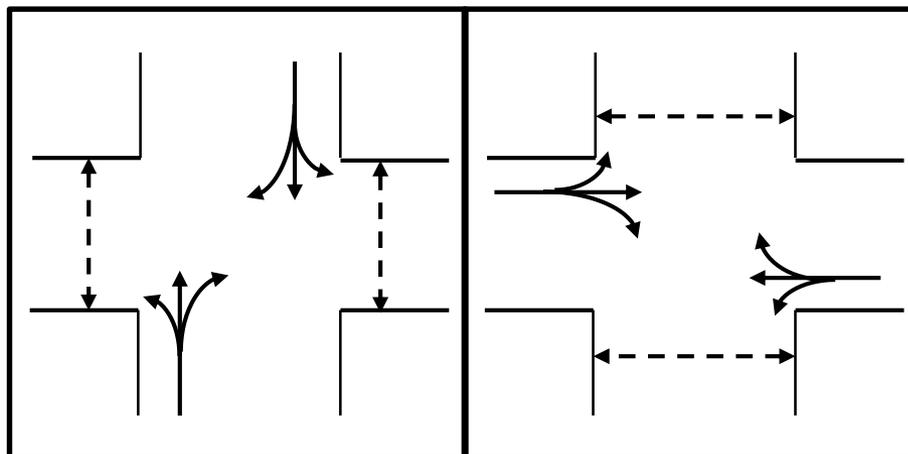
## 信号制御の基本要素一信号現示と信号現示方式

**信号現示**とは、1つの交差点において（歩行者も含む）ある**一組の交通流**に対して同時に与えられている**通行権**、またはその通行権が割り当てられている時間帯のことをいう。省略して「**現示**」という。

**信号現示方式**とは、1つの交差点において**全ての交通流**に対して通行権を与えるために設定される複数の現示の組み合わせ方。省略して「**現示方式**」という。

現示 1 (Φ 1)

現示 2 (Φ 2)



実線は車の進行方向；破線は歩行者と自転車の進行方向

# 付録6: 信号制御の基礎知識

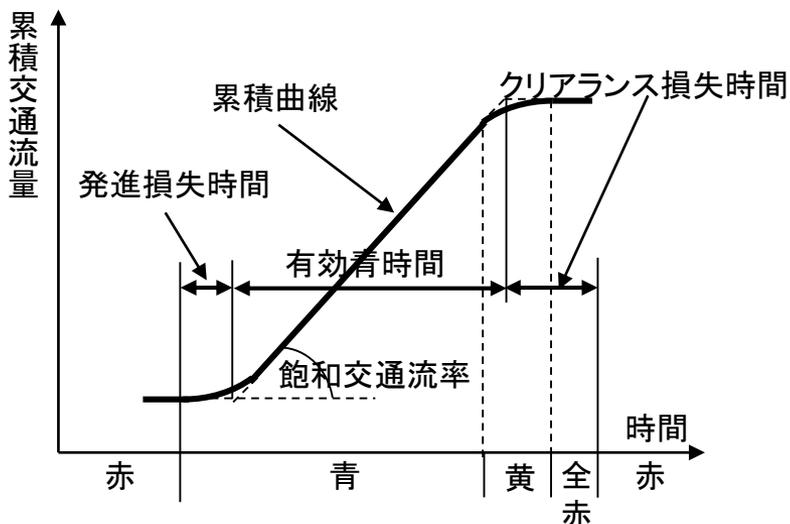
## 信号制御の基本要素—信号制御パラメータ

### ① サイクル長

信号表示が一巡する時間。ある青の表示時間から、同じ青が再び表示されるまでの時間。



### ② スプリット (「青時間スプリット」・「現示スプリット」)



「青時間スプリット」は、有効青時間をサイクル長で割った値；

「現示スプリット」は、現示開始から次現示が始まるまでの時間（現示時間）をサイクル長で割った値。

現示時間 = 表示青時間 + 黄時間 + 全赤時間

現示時間 = 有効青時間 + 損失時間

損失時間 = 発進損失時間 + クリアランス損失時間

### ③ オフセット (今までの研究に関係しないため、詳しい説明がない)

## 付録6: 信号制御の基礎知識

### 信号制御の基本要素

#### 飽和交通流率

交差点流入部において、車線別に単位時間あたりに停止線を通過し得る最大の車両数。有効青時間1時間あたりの通過台数[台/有効青1時間]  
 交差点の交通処理能力（交通容量）を考えるうえで、最も基本的な要素の一つ

#### 黄信号・全赤信号

全赤信号は、赤信号表示の開始より後に、次の現示は青信号になる。その時間差は全赤時間。その時、交差点内の信号機は全部赤信号  
 黄信号設定の理由：赤信号表示に変わってから停止線を超えてはならない  
 全赤信号設定の理由：赤信号表示開始の直前に停止線を通過した車両が、次の現示の青信号表示において進入してくる車両と交錯しない

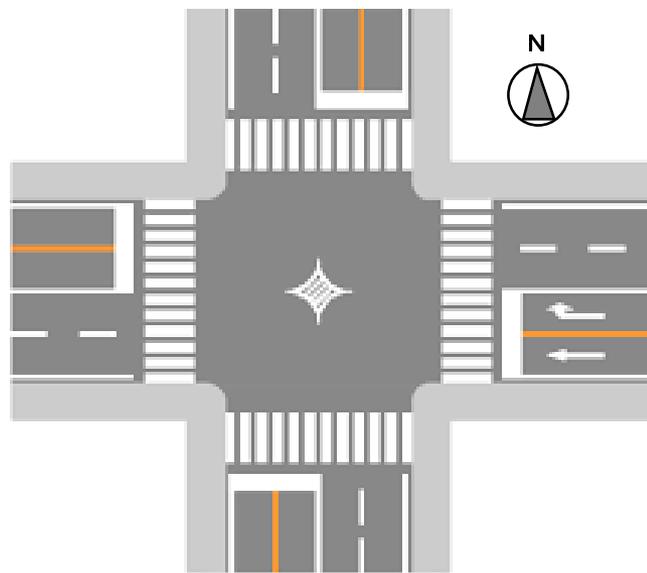
**交通容量 = 飽和交通流率 × 青時間スプリット**

#### 遅れ時間

赤信号待ち行列の影響がない十分上流の地点から交差点流出地点の間を対象区間として、交通信号がなかったと仮定した場合のこの区間の旅行時間と実際に信号がある場合の旅行時間の差。

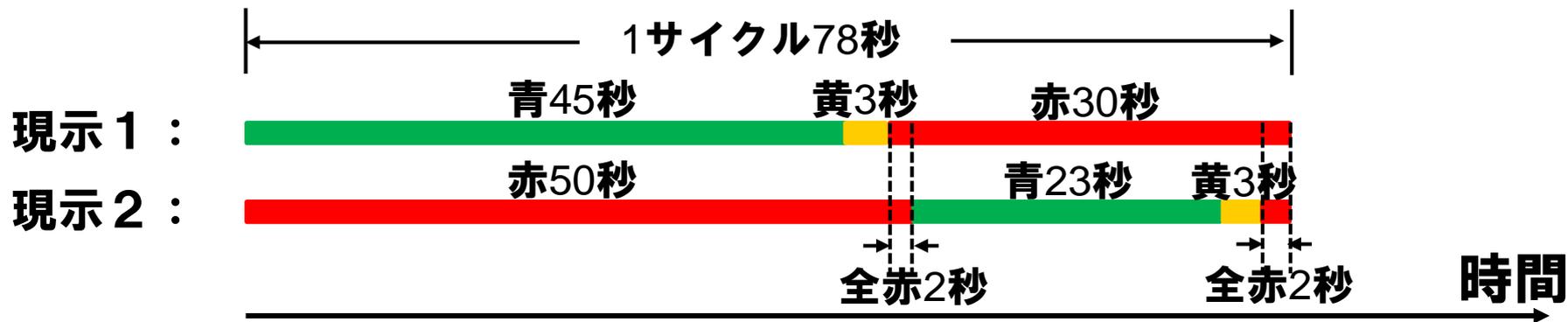
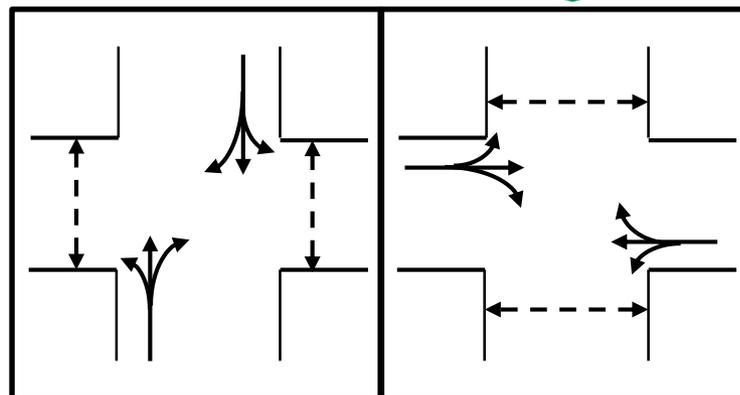
# 付録6：信号制御の基礎知識

## 信号制御の例—十字平面交差点



2 現示の信号制御：

現示 1 (Φ 1)      現示 2 (Φ 2)



現示 1 の時間：青 45 秒 + 黄 3 秒 + 全赤 2 秒 = 50 秒；現示 1 のスプリット =  $50/78 = 0.64$

現示 2 の時間：青 23 秒 + 黄 3 秒 + 全赤 2 秒 = 28 秒；現示 2 のスプリット =  $28/78 = 0.36$