

# より安全で、より円滑に — そしてより環境に優しい信号交差点の実現へ。

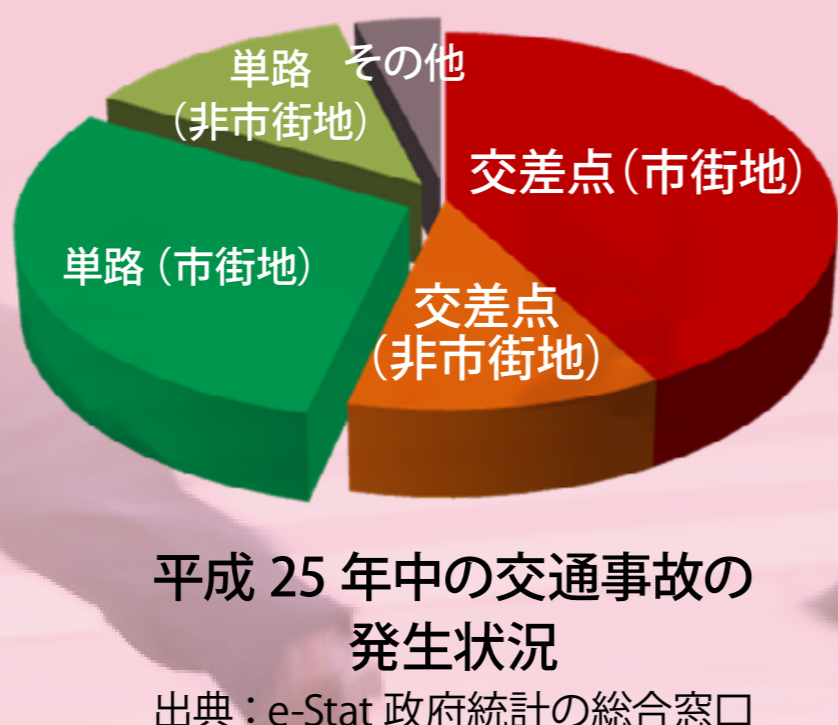
## 信号交差点の構造設計と信号制御

### 道路ネットワーク全体の性能のカギを握る信号交差点

信号交差点は歩行者、自転車、自動車が同一空間上で交錯する場であるため、安全上、円滑上、また環境上、極めて重要な道路区間です。信号交差点の構造設計と信号制御は、これらの性能を大きく左右することになります。したがって、設計・制御に際しては、多角的な視点に立って細心の注意を払う必要があります。

#### 安全

自動車・自転車・歩行者といった異なる利用者による多数の動線コンフリクトが発生します。交通事故の約60%は交差点で発生していることから、交差点では安全面を意識する必要があり、とりわけ複雑な制御が行われる信号交差点では、制御が及ばず影響を十分に見極めなくてはなりません。



#### 円滑

信号灯火により異なる方向に通行権を逐次与えるため、交通容量が単路部に比べ低くなります。そのため、都市内街路での渋滞のボトルネックの大部分は信号交差点となっています。また、信号交差点での待ち時間(遅れ)の増大はドライバーにストレスを与え、危険挙動の誘発により安全性を低下させる恐れもあります。このように円滑性と安全性は相互依存の関係にあることから、信号交差点の構造設計と制御にあたっては、多角的な視点に立って細心の注意を払うことが必要です。

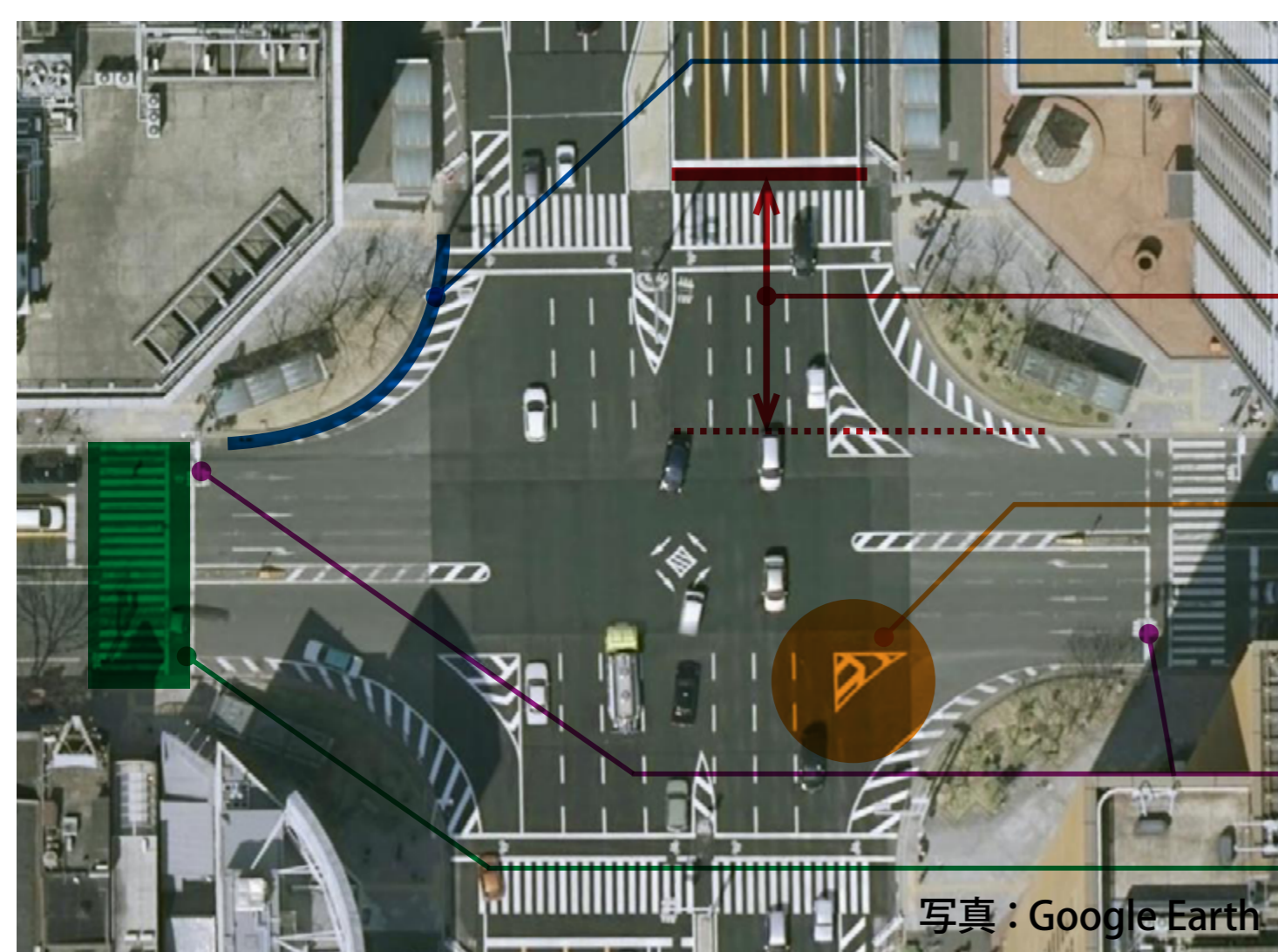
#### 環境

信号交差点付近での加速やアイドリングによる騒音公害や、排出ガスの発生による大気汚染などの環境影響が問題となります。円滑性・安全性とともに、これからは環境にも配慮した信号交差点の構造・制御手法が求められています。

### 広大で待ち時間が長い日本の信号交差点

信号がすぐに変わらなくてイライラしたり、横断歩道を歩いていてヒヤッとしたことはありませんか？ 日本の信号交差点には改良の余地がたくさん残っています。

#### 道路構造



- 大きな隅角部半径**  
交差点内での右左折車の速度を高め歩行者事故の危険があるほか、違法路上駐車を誘発します。
- 大きく後退した停止線位置**  
クリアランス距離が長くなり、全赤時間を長くとる必要があります。
- 交通島による導流化を嫌う**  
左折車はマーキング上を走行できてしまうため、高い速度のまま交差点内へ進入し、横断歩行者の見落としの危険にも繋がります。
- 信号灯火の位置 (far-side + near-side)**  
あらゆる場所から灯火を確認できてしまうため、駆け込み進入や見切り発進を誘発します。
- 横断歩道の広さと取り付け位置**  
右左折車両も高い速度のまま横断歩道に進入しやすくなります。

#### 信号制御

- 極めて長いサイクル長**  
日本では120～180秒ですが、海外先進国では60～90秒が一般的です。
- 長いインターグリーン時間 (黄 + 全赤時間)**  
信号無視などの危険挙動を誘発するとともに、損失時間の増大により交通処理能力が低下します。
- 信号灯火は青のみ**  
単独で青矢表示ができず多現示制御への拡張が困難です。
- 十字交差点では単純 4 現示制御が一般的**  
方向別交通需要に偏りが生じた場合、無駄青が生じます。
- 歩行者は原則として一度の青で横断**  
歩行者青時間を長くとる必要があり、また歩行者同士がばらけることで車両との交錯危険性が高まります。
- 理解されにくい歩行者青点滅の意味**  
本来、点滅が始まったら歩行者は横断を始めてはならず、速やかに横断を終るか引き返さなければなりません。

### コンパクトかつ高度な交差点運用の例

海外先進国の信号交差点では、短い信号サイクル長で遅れや容量低下をできるだけ少なくするために、道路構造や信号制御に多彩な工夫が施されています。

#### 導流化によるコンパクトな交差点構造

特に中規模以上の交差点において、常時左折可とする導流化が積極的に導入されています。交通島により左折車の走行速度を抑える効果があるほか、停止線位置が交差点側に前進することでクリアランス時間は短くなります。



#### 歩行者の二段階横断

大規模交差点では横断歩道が長く、歩行者青時間も長くなります。そこで、歩行者を一度で横断させず、中央分離帯上の安全島に滞留させながら、2つの信号機による短い歩行者青時間で二段階横断させる方式がとられています。

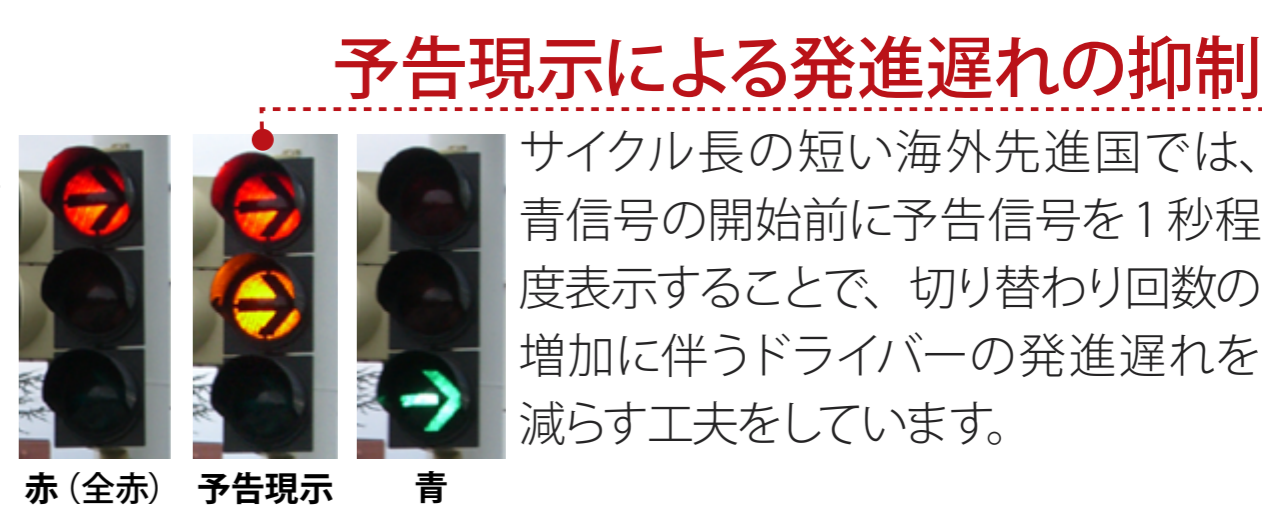
#### 車両青に先行して歩行者青を表示

歩行者の多い都市部を中心に、車両の信号が青になる約5~7秒前に歩行者青を出し、左折車が来る前に歩行者を横断させてしまう LPI (Leading Pedestrian Interval) が導入されています。横断歩行者と左折車の交錯を減らすことができます。



#### 車線別の多現示制御

例えばドイツでは、多車線の道路が交わる交差点においては多現示での制御が一般的で、車線ごとに信号灯火が設置され動線別に細かく現示を調整しています。さらに、停止線手前に設置した車両感知器と連動し、交通状況に合わせて信号の時間やパターンを複雑に変化させています。



#### 交差点側の信号灯火を見せない (near-side)

far-side に信号灯火を設置せず、交差点方向の信号灯火を見せなくすることで、フライング発進などを抑制しています。

#### 予告現示による発進遅れの抑制

サイクル長の短い海外先進国では、青信号の開始前に予告信号を1秒程度表示することで、切り替わり回数の増加に伴うドライバーの発進遅れを減らす工夫をしています。

### 安全性と円滑性の向上を両立する

安全を犠牲にすることなく、今よりも待ち時間の少ない信号交差点へと改良することは難しいのでしょうか？

#### 交差点の見えない危険を数値化する技術

問題のある交差点に対して道路構造や信号制御を変更する際には、改良による安全面への影響が気になります。しかし、現状では安全性を事前に予測することは難しく、多くの場合、改良による安全性の低下を必要以上に恐れ、抜本的対策が遅れることにもなります。このような不安を解消するためにも、安全性を科学的根拠に基づき定量的に評価する手法が必要です。

#### 安全性と円滑性はトレードオフか？

一般に、安全性と円滑性にはトレードオフの関係があると考えられています。私たちは、「安全性と円滑性のトレードオフ関係は常に成り立つとは限らず、場合によっては円滑性と安全性を共に現在よりも向上できる領域が存在する」と確信しています。構造と制御に応じた安全と円滑の性能が推定できれば、現状の交差点運用はどの位置にあり今よりも改善できる余地があるのか、改善できるとすればどの方向に改良を進めていけばよいかを指し示す、交差点運用の「羅針盤」になると考えています。

### 研究テーマ

私たち中村英樹研究室では、より安全かつ円滑な信号交差点の実現を目指し、次のような研究テーマに取り組んでいます。

#### 2D ナノシミュレーションモデルの開発

従来のミクロシミュレーションでは考慮されてこなかった、交差点構造の違いが車両の軌跡や速度の変化に与える影響、さらには、信号切り替わり時の利用者の危険挙動を再現可能なナノシミュレーションモデルを開発しています。交差点の新設や改良などの施工前に、安全性や円滑性を事前予測可能な交差点設計シミュレーションシステムの実現を目指しています。

#### インターグリーン時間の設定方法に関する研究

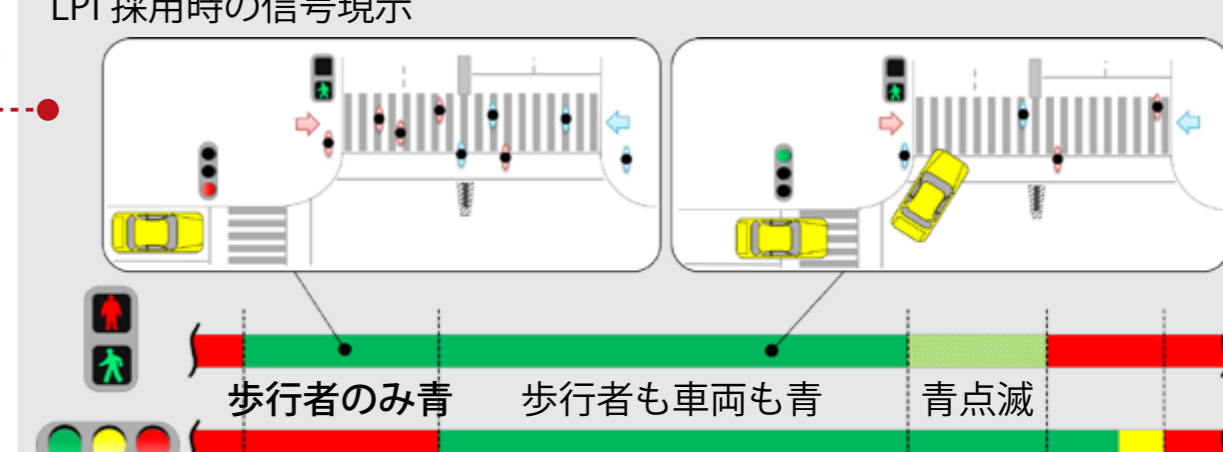
数秒でしかないインターグリーン時間 (黄時間+全赤時間) ですが、不適切な設定は、交差点の容量低下をもたらすばかりか、利用者の危険挙動を誘発させ、待ち時間の増大や事故発生という形となって表れます。円滑・安全の両面から合理的となる設定方法についてドイツの大学などと共同で考えています。

#### 安全性の定量的な評価指標の開発

交差点改良に際しては、構造や制御の改良によって円滑性とともに安全性がどれだけ改善するのか見極めることが重要です。そのため、安全性を定量的に評価する手法が必要になりますが、現状では交通事故の発生件数で議論されることが多く、ヒヤリハットのような日々生じる危険を定量的に評価する手法は十分に確立されていません。私たちは、事故件数のような稀な事象を評価指標とするのではなく、事故に繋がりそうな潜在的な危険性に着目することで、これら安全性を科学的根拠に基づき定量的かつ素早く評価する手法の開発に取り組んでいます。

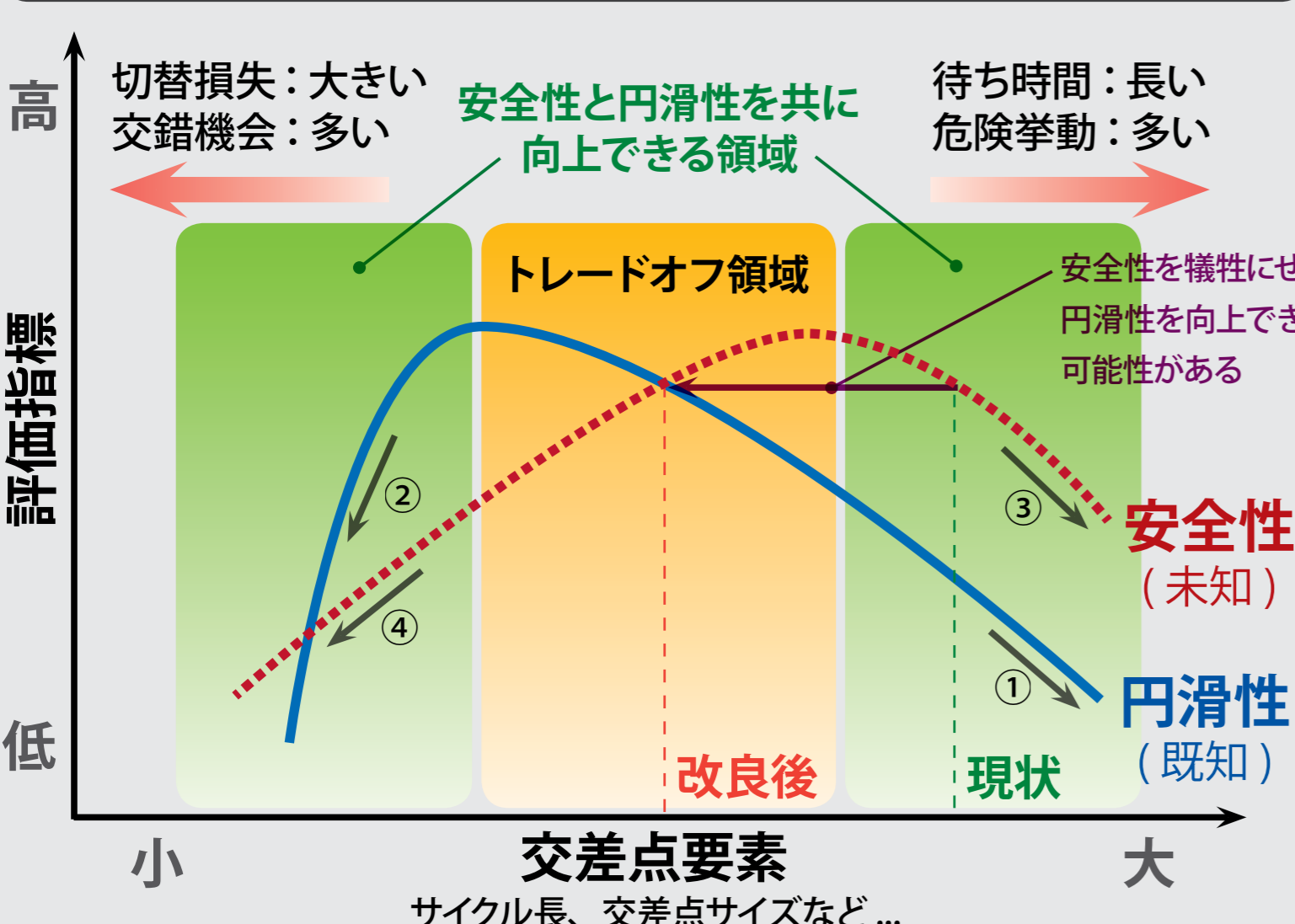
#### 横断歩行挙動の分析と歩行者信号の再検討

画像処理技術を利用したミクロ挙動解析により、歩行者の実態に即した横断歩道の構造設計、歩行者信号の運用手法を研究しています。現状の歩行者青時間・点滅方式を見直すとともに、歩行者先行信号 LPI (Leading Pedestrian Interval) や、二段階横断方式の導入可能性も視野に入れています。



その他の研究テーマ ●多現示制御の評価に関する研究 ●センシング技術との組み合わせによる信号制御の高度化に関する研究 ●路面標示の利用者認識に関する研究 ●信号交差点における利用者挙動の地域間比較

#### 私たちが考える安全性と円滑性の関係イメージ



#### 安全性と円滑性の関係

信号のサイクル長と円滑性(遅れの少なさ)との関係について考えてみます。①サイクル長が長いほど待ち時間は増え、円滑性は低下します。逆に、②サイクル長が短いほど信号の切替回数が多くなることで、捌ける交通量は少なくなり円滑性は低下します。同様に安全性についても、③サイクル長が長いほど増加する待ち時間がドライバーにストレスを与え、危険挙動の誘発により安全性は低下します。逆に、④サイクル長が短いほど切替回数が増えることで利用者同士の交錯機会も増加し、やはり安全性は低下すると考えられます。円滑性(遅れ)については理論的に最適なサイクル長が明らかにされています。安全性については未知であるものの、その形は大まかに図の破線のようにになると予測されます。