

二段階横断による歩行者の安全性向上効果

林 勇朔¹・浜岡 秀勝²

¹学生会員 秋田大学大学院工学資源学専攻 土木環境工学専攻 (〒010-8502 秋田市手形学園町1番1号)
E-mail:m9014149@wm.akita-u.ac.jp

²正会員 秋田大学 工学資源学部土木環境工学科 (〒010-8502 秋田市手形学園町1番1号)
E-mail:hamaoka@ce.akita-u.ac.jp

単路部横断では、特に夜間の事故が多く発生している。特に高齢者は、横断時間が長いこと、横断開始のタイミングを誤り、横断後半で車両の接触事故を発生させる危険性がある。そこで本研究では、安全島を用いた二段階横断がこうした状況への対策として有効と考えている。安全島を用いた二段階横断では、横断区間を半分に分けられるため、横断時間が半分になる。さらに、安全島によって、横断歩道を一度に横断せずすみ、安全島で一時停止もできる。また、横断の前半部は右側のみ、後半部は左側のみを確認で良いため、高齢者にとっても安全に横断できると思われる。

こうした仮説を検証するために、調査対象区間においてビデオ撮影を行い、歩行者の到着時間間隔、車両の到着時間間隔を取得した。さらに、これらデータを用いてシミュレーションを行い、その場所に適した制御方法を明らかにした。シミュレーションの結果、5つの制御方法のうち、安全島の設置が有効であることが明らかになった。

Key Words : Safety island, Simulation, Elderly, Arrival time interval, Two step crossing

1. はじめに

信号機は、歩行者が道路を横断するために必要な設備である。信号機の設置によって、交通事故を減らすだけでなく、車両は快適に走行でき、歩行者は容易に横断できる。しかし、短い距離の間に信号機が何基も設置されていると、歩行者と車両の接触事故を減らすためとはいえ、車両が快適に走行できない状況となる。また、信号機の本数を減らそうとすれば、歩行者が容易に横断できない。さらに、信号機が連続することでの長い待ち時間の苛立ちにより、信号無視などの危険行動を誘発する可能性がある。

こうした問題を解決するために、本研究は安全島を用いた二段階横断が有効と考えている。歩行者は二段階横断により横断時間は半分となる。さらに、横断の前半は右側、後半は左側のみを確認すれば良いため、安全に横断できる。そのため、横断時間の長い高齢者でも安心して横断できる。以上より、歩行者の安全性の向上が期待できる。

そこで本研究は、安全島を用いた二段階横断による歩行者の安全性の向上を目的とし、異なる4つの制御方法を用いたシミュレーションを行い、安全島と4つの制御方法を比較し、最適な制御方法を明らかにする。

表1 調査概要

撮影場所	秋田市手形西谷地にある2車線道路
撮影日時	平成25年11月24日～12月8日の15日間
時間帯	朝8時～9時、昼12時～13時、夕16時～17時

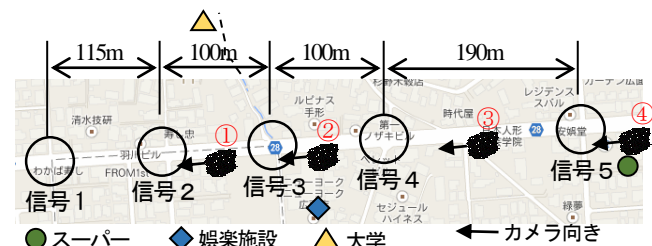


図1 道路概要

2. 対象道路の概要と基礎集計からみた道路の特徴

実際の交差点の特徴を知るため、秋田県秋田市手形西谷地付近にある、短い距離(505m)に信号機が5基連続する道路を対象とする。今回は、5基の信号機を比べ、車両の流れや、歩行者がどの地点の信号機を多く利用するかを知るため、カメラを4台用いて動画撮影を行った。その撮影場所と調査概要を表1、図1、2に示す。さらに、

撮影した動画から赤信号になる回数、歩行者の到着時間間隔、赤信号1回あたりの車両停止数の集計を行った。今回は、撮影動画の総時間数45時間のうち、平日の朝2時間、昼2時間、夕2時間、休日の朝1時間、昼1時間、夕1時間を用いて集計を行う。



カメラ①

カメラ②



カメラ③

カメラ④

図2 撮影風景

(1) 調査した交差点信号機の概要

対象となる道路の幅員は約 8m であった。さらに、対象道路は、以前はリバーシブルレーンであったため、信号 1 から信号 3 の区間の道路中央部にゼブラ帯がある(図 2 の①, ②)。また、調査をした信号機 5 基は、全て押しボタン式信号であり、信号機 5 基は連動されていない。図 3 より、歩行者が押しボタンを押すと、約 7 秒後に歩行者信号が青信号に変わり、約 12 秒間、青信号が続く。車両信号は、歩行者が押しボタンを押すと、約 1 秒後、黄信号になる。黄信号の時間は約 4 秒で、その後、赤信号が約 21 秒間続く。車両信号が赤信号になり、次に赤信号になる最短の時間は約 1 分である。

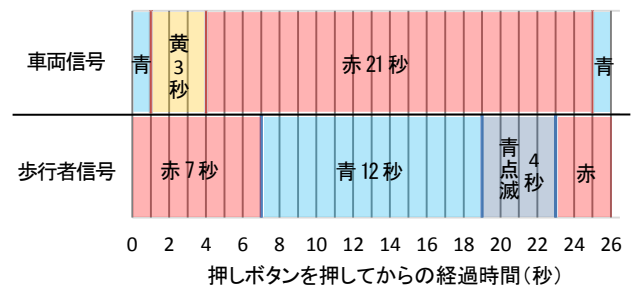


図3 信号5の信号動作

(2) 平日休日、各時間帯の1時間あたりの車両台数

信号機 5 基の、平日休日の時間帯別の1時間あたりの車両台数を図 4 に示す。この図より、信号 5 基全ての平日の車両台数を時間帯別に比べると、車両台数にあまり差は見られない。しかし、信号 5 基全ての休日の車両台数を時間帯別にみると、朝の車両台数が昼と夕の車両台数に比べて、どの信号機も少ない。これは、休日の車両台数が、仕事で通勤する人がいないため、減少したからと推測される。そのため、朝の車両台数を平日と休日と比べると、休日の方が車両台数が少ない。

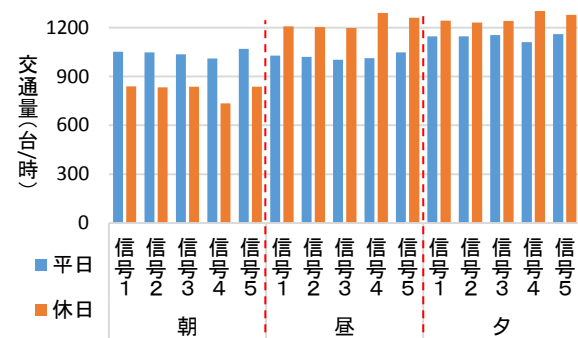


図4 平日休日の時間帯別車両台数

また、信号 5 基全ての昼の車両台数を、平日休日別にみると、休日の車両台数の方が、平日の車両台数より多いことがわかる。夕の車両台数に関しても、休日の車両台数の方が、平日の車両台数より多い結果になった。そのため、休日の昼の車両台数と休日の夕の車両台数を比べると、同程度の車両台数である。

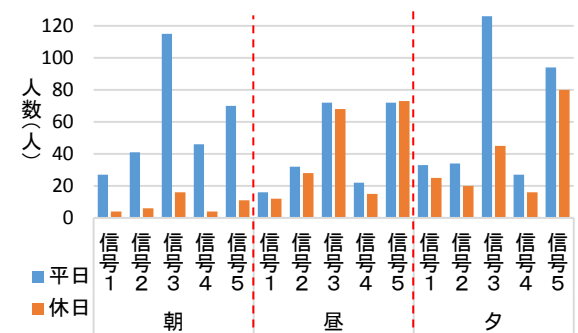


図5 平日休日の時間帯別横断者数

車両台数を集計した結果、最も車両台数が多いのは休日の昼と夕の時間帯である。また、最も車両台数が少ないのは休日の朝の時間帯で、平日の朝、昼、夕の車両台数はこれらの中間の車両台数であった。

なお、1時間あたりの車両台数を信号機ごとに比べると、同じ日の、同じ時間帯では、車両台数に大きな変化は起きないことがわかった。

(3) 平日休日、各時間帯の1時間あたりの歩行者数

信号機 5 基の、平日休日の時間帯別の1時間あたりの歩行者数を図 5 に示す。図 5 より、信号 3 と信号 5 の歩行者数が、平日休日どの時間帯も多い。この理由の一つとして、信号 3 と信号 5 付近にはコンビニやスーパー、

娯楽施設がある。そのため、コンビニやスーパー、娯楽施設利用者が横断歩道を利用するため、信号 3 と信号 5 の歩行者数が増えたことが挙げられる。また、休日の朝の歩行者数をみると、どの信号機も平日の朝の歩行者数より、歩行者数が少ない。これは、調査道路付近に学校があるため、平日は通学する人が多いが、休日の場合、

通学する人がおらず、信号機を利用する歩行者がいないためと考えられる。

(4) 各信号機の1時間あたりの赤信号になる回数

次に、1時間あたりの車両信号が赤になる回数をみていく。信号機5基の、平日休日各時間帯の1時間あたりの赤信号になる回数を図6に示す。図6をみると、信号3と信号5の車両信号が赤になる回数が、歩行者数と同様に、平日休日のどの時間帯も多いことがわかる。また、信号3の平日の朝昼夕、車両信号が赤になる回数が、信号5の平日休日の昼夕をみると40回ほどある。1時間のうち、車両信号が赤になる最大回数は60回であるため、全体の23を占めることになり、車両信号が赤になる回数が多い。

(5) 赤信号1回あたりの車両停止数

次に、赤信号1回あたりの車両停止数をみていく。信号機5基の、平日休日各時間帯の1時間あたりの左右平均車両停止数を図7に示す。図7をみると、信号3と信号5の車両停止数は、平日休日のどの時間帯も少なかった。さらに、信号1と信号2の赤信号1回あたりの車両停止数が多い結果になった。これは、赤信号の回数が少ない場合でも、車両が到着するタイミングによって、車両停止数が異なることが理由の一つとして挙げられる。

3. 制御方法を安全島にするための考察

ここでは、安全島にするにあたり重要と思われる赤信号になる回数、車両到着時間間隔の2項目を用いて安全島にできる交差点の考察を行う。

(1) 1時間あたりの赤信号になる回数からの考察

対象とする信号は、車両信号機が赤に変わり、次にそれが赤に変わるまで最も短くても1分間待つ必要がある。これより、撮影時間1時間での最大の赤になる回数は60回となる。そこで、60回の23の40回を基準とし、40回以下なら安全島に出来ると仮定する。図6をみると、信号機1の平日休日、信号機2の平日休日、信号機3の休日の朝夕、信号機4の平日休日、信号機5の休日の朝が仮定により安全島にできる可能性があるという結果になった。

(2) 車両の到着時間間隔からの予想

歩行者の歩行速度に関して、高齢歩行者を対象にすると、高齢歩行者の歩行速度を決める必要がある。高山ら⁹⁾は、高齢者の横断行動の研究を行っており、幅員が8.5mある道路で、高齢者の横断所要時間が約7秒かかるとしている。これを参考に、本研究では、歩行者の歩行

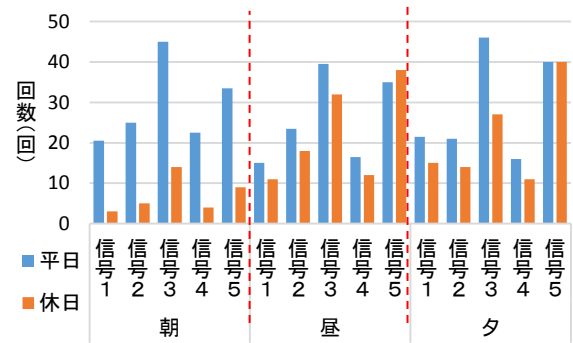


図6 平日休日の時間帯別赤回数

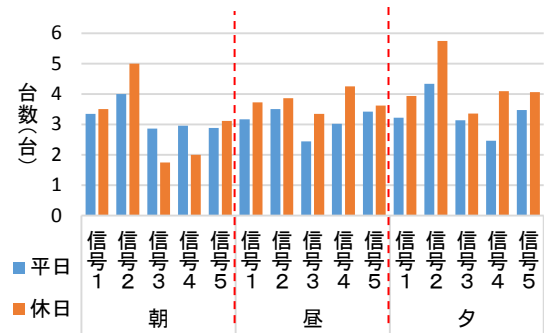


図7 平日休日の時間帯別左右平均車両停止数

速度を1.21m/秒にする。対象地点の道路の幅員は約8mあるため、歩行者が道路を横断し終えるまでにかかる時間は約7秒である。しかし、本研究では、横断に余裕時間を設け、12秒のギャップがあれば横断できるとする。

これより、制御方法を安全島にした場合は、二段階横断となり横断時間は片側車線6秒となる。そこで、到着時間間隔が6秒以上の車両が多く到着するようであれば安全島にした場合、歩行者は車を気にせず渡れると仮定する。映像の見やすさから、車両の時間間隔が測りやすい信号5の休日の朝と平日の昼の車両到着時間間隔を対象に検討を進める。

a) 休日の車両到着時間間隔

図8より、休日の朝の東から西へ向かう車線の場合、撮影時間1時間のうち、車両到着間隔が6秒以下の時間が900秒(25%)、6秒以上の時間が2700秒(75%)であった。これをもとに、東から西へ向かう車線において何秒間隔で到着時間間隔が6秒以上の車両が到着するのかを計算した結果、東から西へ向かう車線において1.8秒ごとに車両間隔が6秒以上になることがわかった。

また、西から東へ向かう車線も同様に計算を行う。西から東へ向かう車線の場合、撮影時間1時間のうち、車両到着間隔が6秒以下だった時間が660秒(18%)、6秒以上だった時間が2940秒(82%)であった。計算の結果、西から東へ向かう車線において1.2秒ごとに車両間隔が6秒以上になることがわかった。

b) 平日の車両到着時間間隔

休日の車両到着時間間隔と比較を行うため、信号機5

の平日の昼の場合の車両到着時間間隔を計算する。図 9 より、平日の昼の東から西へ向かう車線の場合、撮影時間 1 時間のうち、車両到着間隔が 6 秒以下の時間が 960 秒(23%)、6 秒以上の時間が 2640 秒(77%)であった。また、西から東へ向かう車線の場合、撮影時間 1 時間のうち、車両到着間隔が 6 秒以下だった時間が 960 秒(23%)、10 秒以上だった時間が 2640 秒(77%)であった。これは、平日の東から西へ向かう車線と同様の割合なので、計算の結果、東から西へ向かう車線、西から東へ向かう車線において 1.5 秒ごとに車両間隔が 6 秒以上になることがわかった。

c) 平日と休日の車両到着間隔の比較

信号機5休日朝の場合、東から西へ向かう車線は1.8秒、西から東へ向かう車線は1.2秒ごと、平日昼の場合、東から西へ向かう車線、西から東へ向かう車線両方とも 1.5秒ごとに車両間隔が6秒以上になることがわかった。平日と休日を比較すると、西から東へ向かう車線は、休日の方が1.2秒ごとと短く、東から西へ向かう車線は、平日の方が1.5秒ごとと短い結果になった。このことから、休日の東から西へ向かう車線の車両台数は、平日の東から西へ向かう車線の車両台数より多いとわかった。押しボタン式信号機の場合、歩行者がボタンを押してから、横断できるようになるまで約7秒かかる。したがって、約2秒ごとに横断可能になる安全島の方がよいと、信号5の平日の朝と休日の昼は安全島にできると考える。

また、車両台数が同じであれば、車両の到着時間間隔が6秒以上になる値も変化しないと考えられる。したがって、図4より、平日の車両台数、どの時間帯、どの信号機も車両台数に大きな変化はない。また、休日の車両台数も、朝はどの信号機も少なく、昼夕は平日の車両台数と大きな差はない。よって、車両到着時間間隔でみると、どの信号機も安全島にできると思われる。

4. 分析方針とシミュレーション方法

撮影した動画から、信号機の適切な制御方法を検証するため、今回は歩行者と車両の実際の到着時間間隔を用いてシミュレーションを行う。さらに、赤信号時の左右車両停止数、赤信号時の左右車両停止時間、赤信号時の左右歩行者待ち時間を算出する。その結果、信号機に対して、どのような制御方法にすれば車両停止数、車両停止時間、歩行者の横断待ち時間が最も少なくなるのかを検証し、適切な制御方法を明らかにする。なお、今回は動画の見易さ、車両到着時間間隔の集計し易さなどを考慮し、11月30日(土)の信号機5の朝の場合のシミュレーションを行う。

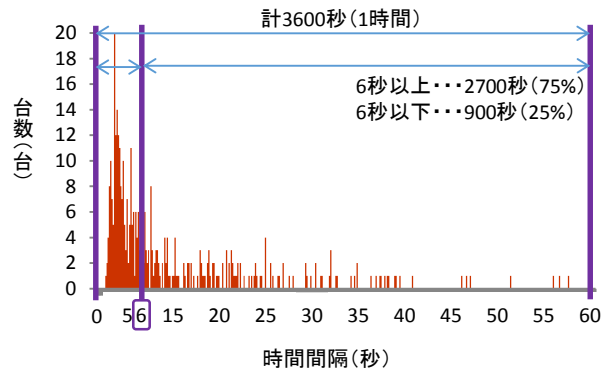


図 8 信号機5 休日朝の東→西車両到着時間間隔

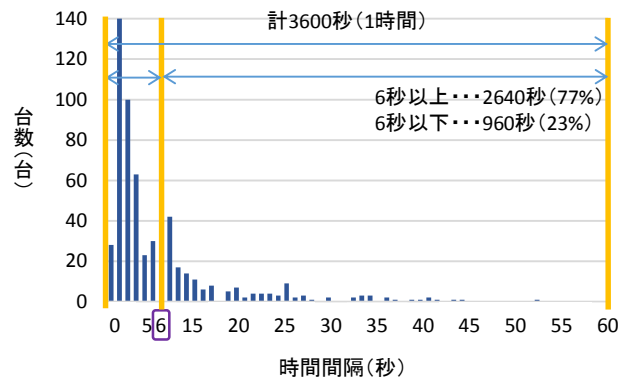


図 9 信号機5 平日昼の東→西車両到着時間間隔

(1) シミュレーションの方法

今回は、押しボタン式信号機、安全島、無信号、普通信号機(赤 20 秒、青 90 秒サイクル、赤 20 秒、青 120 秒サイクル)の計 5 つの制御方法を対象にシミュレーションを行う。はじめに、押しボタン式信号機、無信号、安全島、普通信号機それぞれの変化条件を決める。さらに、共通条件として歩行者の通常の横断時間、歩行者の到着時間間隔、車両の到着時間間隔を決め、この共通条件と制御種類ごとの変化条件とを組み合わせ、シミュレーションを行う。

共通条件として、どの制御方法も歩行者と車両の到着時間間隔は、動画から集計した実際の時間で行う。歩行者の横断時間は 12 秒とする。

(2) 制御方法ごとの変化条件

a) 押しボタン式信号機の変化条件

信号機の赤信号になる時間などは、信号 5 の実際の信号機の動作に従う。歩行者は青の点滅時には渡らないとした。車両は、車両信号が黄信号のとき、赤信号に変わる 3 秒前までなら走行可能とする。

b) 普通信号機の変化条件

普通信号機として、青信号 90 秒、赤信号 20 秒のサイクルと、青信号 120 秒、赤信号 20 秒のサイクルの計 2 パターンをシミュレーションする。黄信号などのその他の信号動作は、信号 5 の実際の信号機の動作に従う。歩行者は青の点滅時には渡らないとした。車両は、車両信

号が黄信号のとき、赤信号に変わる 3 秒前までなら走行可能とする。

c)安全島の変化条件

歩行者は、横断歩道到着時、安全島到着時ともに車と横断歩道までの距離が 4 秒以上であれば横断可能とする。歩行者が横断している間は、車両は停止する。二段階横断なので横断時間は片側車線 6 秒ずつとなる。歩行者が渡っていない車線では車両は走行できるものとした。

d)無信号の変化条件

歩行者は、横断歩道到着時、歩行者からみて手前の車線の車と横断歩道までの距離が 4 秒、奥の車線の車と横断歩道までの距離が 6 秒以上であれば横断を開始するものとする。歩行者が横断している間は、車両は停止するものとする。歩行者が渡っていない車道でも車両走行はできないとする。ただし、横断半分の時点で歩行者が渡り終えている車線は走行可とする。

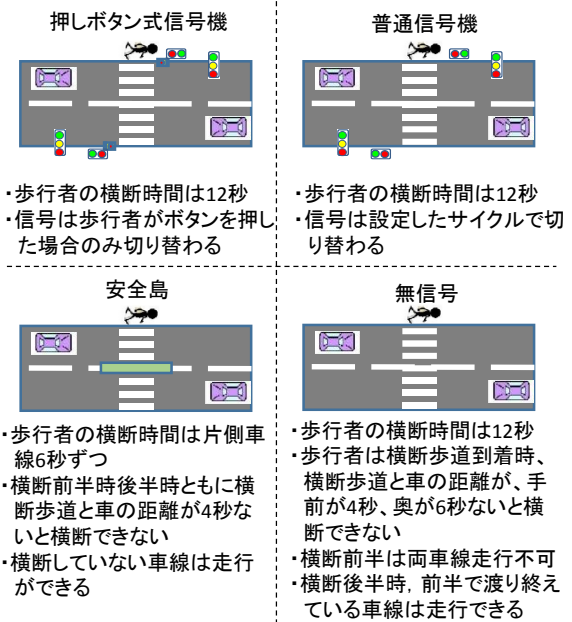


図 10 各制御種類の変化条件

5. シミュレーション分析と結果, 考察

(1) 歩行者シミュレーションの考え方

経過時間 1 時間(実際の動画撮影時間)を 1 秒ごとにシミュレーションする。南から北に横断する歩行者・北から南に横断する歩行者と共通条件で設定した信号 5 の実際の信号動作に従い、歩行者の横断待ち時間を南→北歩行者・北→南歩行者それぞれ算出する。

(2) 車両シミュレーションの考え方

経過時間 1 時間(実際の動画撮影時間)は歩行者のときと同様である。撮影動画から集計した、車両が横断歩道に到着した時間と、共通条件で設定した信号 5 の実際の信号動作に従い、車両の信号待ち時間を算出する。また、車両の信号停止数を東から西へ向かう車両・西から東へ向かう車両信号待ち時間、東から西へ向かう車両・西から東へ向かう車両信号停止数をそれぞれ算出する。

最後に、歩行者シミュレーションで得られた 1 時間分の歩行者の横断待ち時間と、車両シミュレーションで得られた車両信号待ち時間、車両の信号停止数を求める。

(3) シミュレーション結果からの考察

休日の朝の歩行者数、車両台数のデータでシミュレーションを行った結果を図 11 に示す。図 11 は、歩行者数、車両台数がともに少ないシミュレーションで算出した歩行者待ち時間、車待ち時間、車停止数を 1 人または 1 台あたりで示したものである。また、車待ち時間に関しては、グラフを見やすくするため、実際の値を 50 倍にして示している(赤 20 秒、青 90 秒サイクルの場合、約 50 秒となっているが、実際は約 1 秒である)。

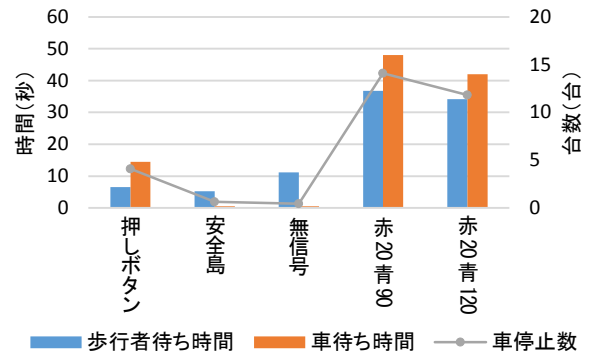


図 11 歩行者少・交通量少の結果

図 11 をみると、横断者数、車両台数がともに少ない場合、安全島が、最も歩行者待ち時間、車待ち時間、車停止数の合計が少ない結果になった。さらに、安全島の歩行者待ち時間、車待ち時間、車停止数が、撮影地点の現在の制御方法である押しボタン式信号機シミュレーション結果と比べて少ないことがわかる。

ここで、赤 20 秒、青 120 秒サイクルと赤 20 秒、青 90 秒サイクルの歩行者 1 人あたりの歩行者待ち時間・車待ち時間・車停止数に着目する。2 つの制御方法の歩行者待ち時間・車待ち時間・車停止数が、他の制御方法と比べて多いことがわかる。普通信号機の場合、歩行者がいなくても一定のサイクルで信号が切り替わる。そのため、歩行者が少ない場合、歩行者がいなくても信号が変わる普通信号機の車待ち時間・車停止数が多くなったと推測される。また、歩行者待ち時間に対しても、車待ち時間、車停止数が多くなった理由と同様のことが原因と思われる。2 パターンの普通信号機は、押しボタン式信号安全島、無信号と比べ、90 秒、または 120 秒経過しないと歩行者が横断できない。そのため、歩行者待ち時間が長くなったと予想される。

(4) 各条件でのシミュレーション結果

今回は、集計したデータの中から、歩行者数、車両台数をそれぞれ多い、中間、少ないの3グループに分け、歩行者数少(11人)・車両台数少(839台)、歩行者数少(11人)・車両台数多(1242台)、歩行者多(115人)・車両台数多(1242台)の計3パターンのシミュレーションを行った。

図12は、今回行った3パターンのシミュレーション結果を、横軸に歩行者1人あたりの信号待ち時間、縦軸に車両1台あたりの信号待ち時間と、歩行者1人あたりの車停止数を表している。図12のグラフ左下、つまり歩行者待ち時間、車待ち時間、車停止数の値が0に近い制御方法が、最適な制御方法といえる。図12をみると、安全島のプロット点が、グラフの左下に集中していることがわかる。このことから、今回行った3パターンのシミュレーションは、安全島が最適な制御方法であると判断できる。

さらに、グラフから各制御方法の歩行者待ち時間、車待ち時間、車停止数の傾向を知ることが出来る。安全島は、歩行者待ち時間、車待ち時間、車停止数がどれも少ない傾向にある。また、押しボタン式信号機は、歩行者待ち時間は短い、車待ち時間、車停止数が多い傾向にある。無信号の場合、歩行者待ち時間はある程度あるが、車待ち時間、車停止数が少ない傾向にある。さらに、普通信号機は、赤20秒、青90秒サイクルと赤20秒、青120秒サイクルの2パターンともに、歩行者待ち時間、車待ち時間、車停止数が、どれも多い傾向にある。

このことから、例えば、車両が少ない道路のため、歩行者の待ち時間だけを減らしたいという場合は、安全島でなくても、押しボタン式信号機でよいといった、対象地点に合った制御方法を知ることができた。

7. まとめと今後の課題

(1) まとめ

今回は、撮影を行った交差点信号機の特徴を示し、基礎集計により、車両台数、歩行者数、車両信号が赤信号になる回数、車両停止数を明らかにした。また、車両信号が赤信号になる回数、車両の到着時間間隔から、制御方法を安全島にするための考察を行った。さらに、4章より、シミュレーションを行い、考察の検証を行った。シミュレーションは、集計した歩行者数、車両台数を多い順に並べ替え、多い、中間、少ないにそれぞれ分類し組み合わせ、9パターンある内の、3パターンのシミュレーションを行った。シミュレーションの結果、5つの制御方法のうち、安全島の設置が有効である場合の歩行者数、車両台数を明らかにした。今回行ったシミュレーションの結果は、どの歩行者数、車両台数の場合も安全

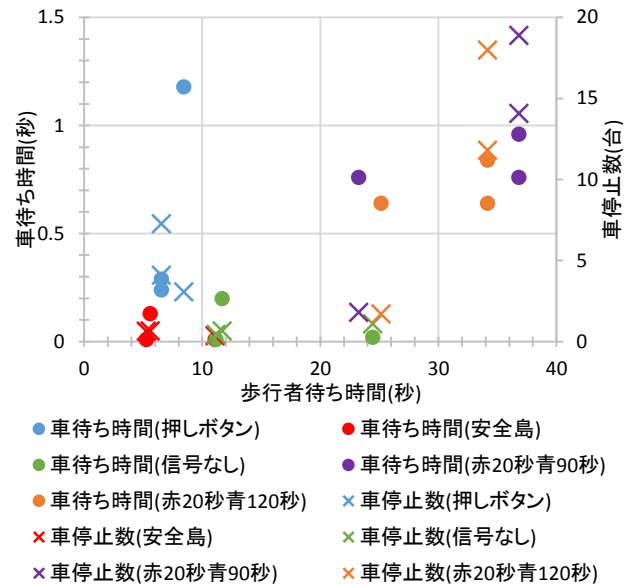


図12 シミュレーションまとめ

島の方が良いという結果になった。しかし、歩行者の到着間隔時間や車両の到着間隔時間がさらに短くなることで、押しボタン式や普通信号機、無信号が最適な制御方法になる場合もあると考えられる。

(2) 今後の課題

安全島以外の制御方法が最適になる可能性があることを踏まえ、このシミュレーションを歩行者数、車両台数を変化させ幾度も行い続けることで、押しボタン式信号機、信号機無し、安全島、普通信号機の制御方法の選択境界を導き出せ、将来的に信号機設置の判断基準にすることができると考えている。

しかし、今回シミュレーションした組み合わせは少なく、これから様々な組み合わせでのシミュレーションを行っていく必要がある。さらに、現段階では歩行者の横断意識、運転者の走行意識など考慮されていない要素も多くある。それらも踏まえた上でのシミュレーションを行い、シミュレーションの精度をさらに高め、異なる条件の道路の信号機でも制御方法を判断できるようにする必要がある。

参考文献

- 1) 高山純一, 中山晶一郎, 福田次郎: 高齢者の横断歩道外における横断行動の実態およびその意識に関する調査分析, 土木学会学術講演会, Vol.58, 2003.
- 2) 瀬木俊輔, 家田仁, 鳩山紀一郎: 歩行者から見たサイクル短縮二段階横断方式のメリットとデメリットに関する実証的研究, 土木学会関東支部技術研究発表会, Vol.36, 2009.
- 3) 越正毅, 安井一彦, 山本健一: 歩行者の二段階横断方式の適用性に関する研究, 交通工学研究発表会, Vol.18, 1998.
- 4) 日野泰雄, 尾崎龍樹, 吉田長裕, 上野精順: 無信号横断区間の安全性評価と効果的対策導入方法に関する研究, 交通工学研究発表会, Vol.23, 2003.