

歩行者優先信号制御の効果に関する研究

A Study of the Priority Signal Control's Effect on Pedestrians

指導教授 高田 邦道

M4020 林 一郎

1. 研究の背景と目的

近年、交通事故発生件数が増加傾向の中、交通事故防止を目的とした様々な信号制御が全国で導入されている。しかし、車両事故の減少を狙いとした信号制御が大半を占め、歩行者の安全を確保する信号制御はわが国では少ない。高齢化社会という視点から、歩行者の安全確保を優先した信号制御は重要である。

歩行者の安全確保を優先する信号制御としては、近年、実運用が始まる新たな信号制御、歩行者優先信号制御、既存の押しボタン式信号制御等が挙げられる。

過去の研究により、歩行者優先信号制御は、歩行者の信号無視を大幅に減少させることが明らかになっている¹⁾。しかし、歩行者待ち時間・車両遅れ時間への影響については、未だに研究が行われていない。

そこで本研究では歩行者優先信号制御の制御効果を明確にするため、シミュレーター作成して再現し、交通量や交差点間距離等が歩行者待ち時間や車両遅れ時間にもたらす影響を明確にする。また、既存定周期制御と押しボタン式信号制御も同様に再現し、適切な信号制御を明らかにすることを目的とする。

2. 歩行者優先信号制御の概要

歩行者優先信号制御は歩行者用信号現示を標準現示とし、車道上に設置された感知器により車両を検知した場合のみ、車両へ通行権を与える制御方式である。基本的には歩行者用信号は常に青現示であることから歩行者の信号無視が少なくなり、交通事故の減少が望める。また車両に対して無駄な青時間を与えることが防げる。なお、本研究では単路部横断歩道に歩行者優先信号制御を導入した場合を想定して、解析を進めていく。図-1は本研究で再現する歩行者優先信号の信号現示を示したものである。

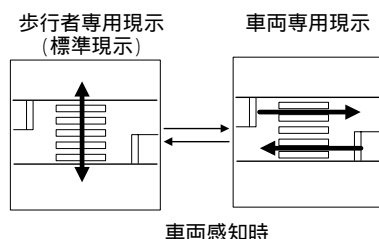


図-1 歩行者優先信号制御現示図

3. シミュレーションを用いた評価

本研究ではシミュレーションを用いて各信号制御を導入した際の車両・歩行者遅れ時間を評価する。本研究におけるシミュレーションの詳細は次に示すとおりである。

(1) シミュレーションモデルの構造

道路構造

道路構造は片側1車線、往復2車線とし、上下流交差点と横断歩道の3交差点を再現した。なお、交差点から横断歩道までの距離は自由に設定可能とした。

車両・歩行者発生

車両・歩行者の発生間隔はポアソン到着に従う乱数を用いて発生させた。この場合、車長相当分よりも小さい車頭時間が発生することがあるので、車頭時間0.7秒を最小発生間隔とした。各交差点での停止車両については、停止線上に車両を積み上げる Vertical Queue方式を採用し、積み上げられた車両は飽和車頭時間により流出するものとした。

信号制御

上下流交差点の信号制御は定周期制御のみを運用し、システムを取る場合とシステムを取らない場合の2ケースとした。横断歩道部には定周期制御、既存押しボタン式制御方式、歩行者優先信号制御方式の3つの制御方式を想定し、押しボタン式信号制御は単独制御・システム制御の双方を再現した。なお、歩行者優先信号制御は既存信号制御を再現したものである。

(2) 車両と歩行者に対する効果の評価方法

本研究では、歩行者待ち時間・車両遅れ時間に基づいて各信号制御の効果を比較する。交差点全体の評価を行う際には、歩行者待ち時間と車両遅れ時間の単位の整合をはかる必要がある。道路交通センサによると、普通乗用車の平均乗車人数は1.3人/台であるので、本研究では車両遅れ時間に1.3を乗ずることで歩行者待ち時間と車両遅れ時間を併せた、総遅れ時間による評価を行った。

(3) 各信号制御のケース設定

本研究でのケース設定は次のとおりである。

車両交通量(以後:交通量) 50台/時~500台/時
サイクル長: 60秒

交差点から横断歩道までの距離

感知器位置

歩行者用青時間を打ち切る青点滅時間を考慮し、横断歩道上流7.7mの位置に感知器を設置した。

歩行者発生数(以後:歩行者数) 20人/時~40人/時・100人/時

(4) 再現性の確認

シミュレーションの再現性を確認するため、次の方法で検証した。

一般的に遅れ時間とサイクル長には密接な関係があり、サイクル長に比例して遅れ時間も増加する。そこで作成したシミュレーターで車両を一様発生(100台/時、300台/時、600台/時)させ、各サイクル長(10秒~100秒:10秒刻み)における一台当たりの平均遅れ時間を算出し、理論値との比較を行うことにより、再現性の確認を行った。図-2はシミュレーターの出力値と理論値の比較を示したものである。

同図より、出力値と理論値はほぼ等しく、作成したシミュレーターは理論通りに交通流を再現しているといえる。

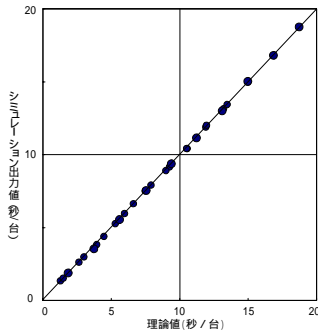


図-2 出力値と理論値の比較

4. シミュレーション結果

4-1 単独交差点における各信号制御導入効果

(1) 歩行者の待ち時間の比較

図-3は信号制御別の歩行者の待ち時間に示したものである。なお、押しボタンは単独制御方式とする。図中の定周期・押しボタンの歩行者待ち時間は各平均値を示している。

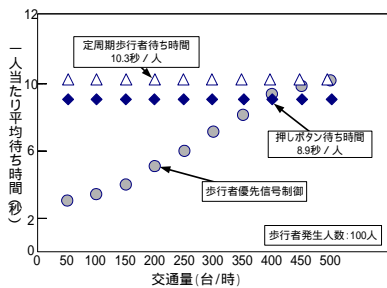


図-3 歩行者待ち時間の比較

歩行者優先では歩行者の待ち時間は交通量にほぼ比例して増加している。特に交通量50台/時では、歩行者優先での平均待ち時間が3秒/人と他の信号制御平均待ち時間の半分以下の値(定周期:10.3秒/人、押しボタン差:8.9秒/人)となった。歩行者優先の待ち時間が小さい理由として、交通量が少ない程、歩行者に対する青時間が増え、歩行者が待たずに横断歩道を渡り始めたことが挙げられる。

押しボタンでの歩行者待ち時間は定周期と大差は無い結果(定周期:10.3秒/時、押しボタン:8.9秒/時)となった。

(2) 車両の遅れ時間の比較

図-4は信号制御別の車両の遅れ時間を示したものである。

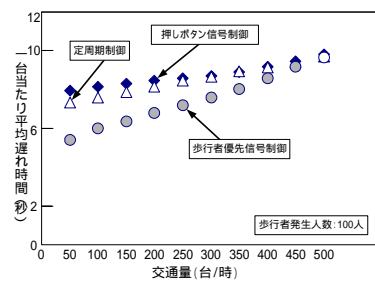


図-4 車両遅れ時間の比較

歩行者優先では、交通量に比例して平均遅れ時間が増加している。交通量50台/時の平均遅れ時間は、5.4秒/台と他の信号制御よりも約2秒/台程度、低い値となった。一方で、交通量が400台/時を越えると歩行者優先・定周期・押しボタンの平均遅れ時間とほぼ同じ値(歩行者優先:9.6秒/台、定周期:9.7秒/台、押しボタン:9.8秒/台)となった。

したがって、歩行者優先による車両遅れ時間の減少が期待できるのは、交通量が400台/時未満であるといえる。

(3) 総遅れ時間の比較

図-5は信号制御別の総遅れ時間を示したものである。

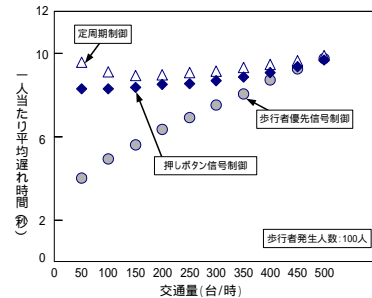


図-5 総遅れ時間の比較

歩行者優先では、全体的に平均遅れ時間が低くなっている。また他の信号制御と比較すると交通量が少ないほど、平均遅れ時間の差は大きくなっている。

交通量50台/時における平均遅れ時間差は最も大きく(歩行者優先:3.9秒/人、定周期:9.5秒/人、押しボタン:8.3秒/人)、歩行者優先が交差点全体の遅れ時間を減少させていることが把握できた。

4-2 全て系統が取りやすい交差点間距離の場合

(1) 歩行者の待ち時間の比較

図-6は信号制御別の歩行者の待ち時間を示したものである。図中の定周期・押しボタンの歩行者待ち時間は各平均値を示している。

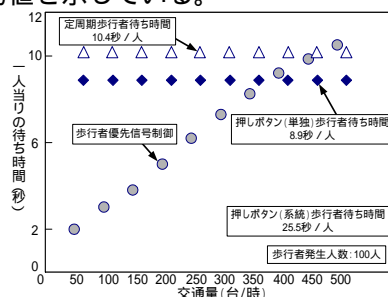


図-6 歩行者待ち時間の比較

歩行者優先では、歩行者の待ち時間は交通量に比例して増加している。交通量 50 台 / 時における歩行者待ち時間は、2.0 秒 / 人と低い値を示し、信号待ちをしている歩行者は少ないといえる。一方で交通量が 400 台 / 時を超えると押しボタン（単独制御）での歩行者待ち時間とほぼ同じ値となり、450 台 / 時を超えると定周期とほぼ同じ値となった。押しボタン（系統制御）での歩行者待ち時間は他の信号制御よりも高い値と（25.5 秒 / 人）なった。これは、車両の系統を維持するため、歩行者の要求があっても、すぐには歩行者用現示を変更できないことによるものである。

(2) 車両の遅れ時間の比較

図 - 7 は信号制御別の車両の遅れ時間を示したものである。

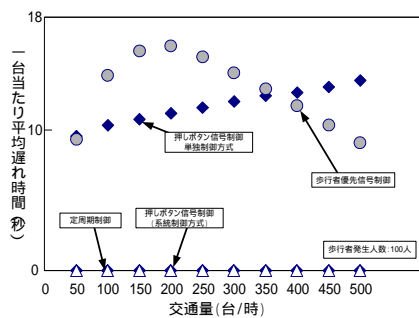


図 - 7 車両遅れ時間の比較

歩行者優先では交通量 200 台 / 時までの平均遅れ時間は増加傾向となり、交通量 250 台 / 時以上になると減少傾向となった。シミュレーションでは全ての交差点で系統が取れている場合、車両の遅れ時間は必ず 0 秒 / 台となる。しかし、歩行者優先ではどの交通量でも車両遅れ時間が生じ、系統が維持できていないことがわかる。また、どの交通量レベルでも押しボタン式（単独制御）において平均遅れ時間が生じている。特に交通量 500 台 / 時における平均遅れ時間は、13.4 秒 / 時となり、他の信号制御の平均遅れ時間よりも大きい値となった。

(3) 総遅れ時間の比較

図 - 8 は信号制御別の総遅れ時間を示したものである。

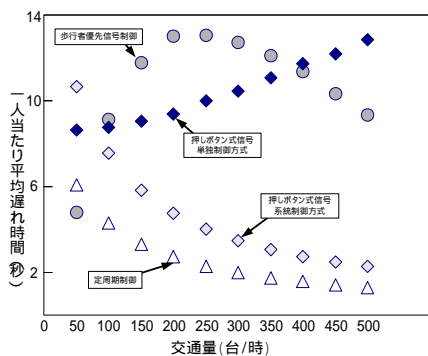


図 - 8 総遅れ時間の比較

歩行者優先での遅れ時間は、歩行者の待ち時間が少ないため、遅れ時間が 4.8 秒 / 人（50 台 / 時）と他の

信号制御よりも低い値をとった。しかし、交通量に比例して遅れ時間も増加し、交通量 250 台 / 時では 13.1 秒 / 人と最大値となった。交通量が 300 台 / 時を超えると遅れ時間は減少するが、最小値でも 9.3 秒 / 人（500 台 / 時）となった。

押しボタン（単独制御）でも、歩行者優先同様、交通量に比例して遅れ時間も増加する傾向となった。交通量 400 台 / 時を超えると、他の信号制御よりも高い値を示し、交通量 500 台 / 時における遅れ時間は最大値となった。押しボタン（単独制御）により、交差点全体に無駄な遅れ時間を生じていることがわかる。

定周期では、全ての交通量レベルにおいて遅れ時間が他の信号制御よりも低い値となった。特に交通量 500 台 / 時では、遅れ時間 1.3 秒 / 人とほとんど遅れ時間が生じていない。車両の遅れ時間が必ず 0 秒 / 台となること、歩行者待ち時間が比較的低いことが理由として挙げられる。

4 - 3 全て系統が取りにくい交差点間距離の場合

(1) 歩行者の待ち時間の比較

図 - 9 は信号制御別の歩行者の待ち時間を示したものである。図中の定周期・押しボタンの歩行者待ち時間は各平均値を示している。

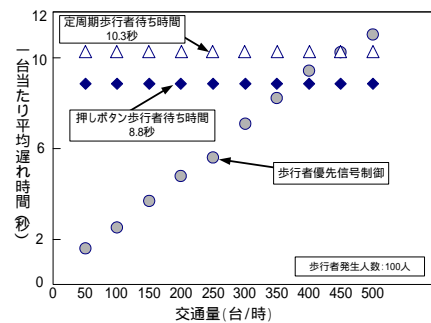


図 - 9 歩行者待ち時間の比較

歩行者優先では、交通量に比例して歩行者待ち時間が増加する傾向となる。交通量 50 台 / 時における歩行者待ち時間は 1.6 秒 / 人であり、他の信号制御における歩行者待ち時間との差は大きい。また交通量 400 台 / 時未満までは歩行者優先での歩行者待ち時間が下回っていることから、交通量 400 台 / 時未満の交通量では歩行者優先による待ち時間の減少が望める。

(2) 車両の遅れ時間の比較

図 - 10 は信号制御別の車両の遅れ時間を示したものである。

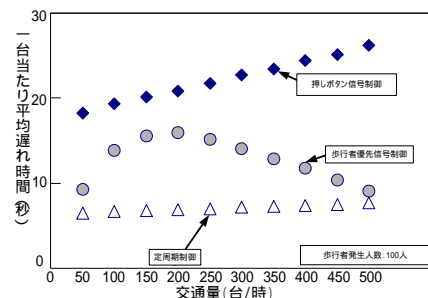


図 - 10 車両遅れ時間の比較

歩行者優先では、交通量が 200 台 / 時まで遅れ時間が増加し、交通量が 250 台 / 時を超えると遅れ時間は減少する傾向となった。最大遅れ時間は交通量 200 台 / 時での遅れ時間 15.9 秒 / 台、最小遅れ時間は 500 台 / 時での遅れ時間 9.7 秒 / 台となった。

また、定周期の遅れ時間と歩行者優先の遅れ時間を比較すると、全ての交通量レベルで歩行者優先の遅れ時間が、定周期の遅れ時間を上回る結果となった。

押しボタンでの遅れ時間は、車両到着と同時に赤現示になってしまうことから、他の信号制御よりも大きい値となった。

(3) 総遅れ時間の比較

図 - 11 は信号制御別の総遅れ時間を示したものである。

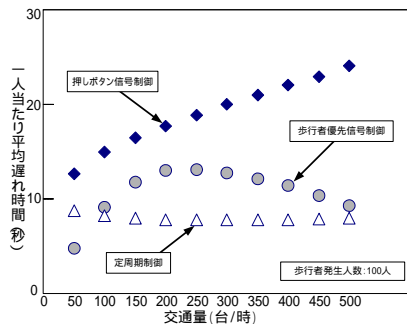


図 - 11 総遅れ時間の比較

歩行者優先の遅れ時間は全体的に高い値を示した。最大で 13.1 秒 / 人 (250 台 / 時) となり、定周期での遅れ時間よりも 5.3 秒 / 人上回る値となった。交通量 250 台 / 時を超えると遅れ時間は減少し、交通量 500 台 / 時における値は 9.6 秒 / 人となった。

押しボタンでの遅れ時間は他の信号制御よりも大幅に上回り、最大で 24.1 秒 / 人 (500 台 / 時) となった。これは押しボタンの車両遅れ時間が他の信号制御よりも大きく上回っていることによるものと考えられる。

定周期での遅れ時間は交通量 50 台 / 時を除く全ての交通量レベルで他の信号制御よりも小さい値となった。定周期での歩行者の待ち時間や車両遅れ時間が他の信号制御よりも小さいことが理由として挙げられる。

5. 本研究のまとめ

本研究のまとめは次に示すとおりである。表 - 1 は歩行者優先の制御効果を条件別に示すものである。

(1) 単独交差点における各信号制御効果

歩行者優先での歩行者の待ち時間や車両の遅れ時間は、交通量が少ない程大きく、交通量が多くなる程小さくなる結果となった。歩行者優先は他の信号制御と比べ、歩行者待ち時間が最大 7.3 秒 / 人、車両遅れ時間が最大 2.5 秒 / 台、総遅れ時間が最大 5.6 秒 / 人減少することがわかった。

また、交通量が 400 台 / 時を超えると歩行者優先での歩行者待ち時間や車両遅れ時間は他の信号制御での値とほぼ同じとなる。しかし、現実では交通量は常に

一定ではなく、一日の中で時間毎に変化する。歩行者優先は、変化する交通量にも柔軟に対応でき、最も優れていることがわかった。

(2) 系統が取りやすい交差点間距離の場合

歩行者優先での歩行者待ち時間は交通量が少ない程大きく、交通量が多くなってくると他の信号制御での値とほぼ同じとなる。

車両遅れ時間では全ての交差点で系統が取れている場合、定周期での車両遅れ時間は必ず 0 秒 / 台となるが、歩行者優先はどの交通量レベルでも車両遅れ時間が生じた。したがって、歩行者優先は系統が取りづらく、適切な信号制御ではないことがわかった。

総遅れ時間では、定周期での遅れ時間がどの交通量レベルでも最も小さい。隣接交差点で系統を取る場合は定周期での運用が適していることがわかった。

(3) 全て系統が取りにくい交差点間距離の場合

歩行者優先での歩行者待ち時間は交通量が少ない程小さく、交通量が多くなるにつれ他の信号制御での値とほぼ同じになる。

車両遅れ時間では、全ての交通量レベルで歩行者優先での遅れ時間が高いことがわかった。最も遅れ時間が小さかったのは、定周期での遅れ時間であり、歩行者優先よりも定周期による運用が適していることがわかった。

総遅れ時間を比較すると、歩行者優先の遅れ時間は全体的に高く、最も小さい値になったのは定周期であった。また、押しボタンでの遅れ時間は他の信号制御と比べ大幅に上回り、最も適していない信号制御であることがわかった。

(4) まとめ

歩行者優先は、単独交差点での総遅れ時間を減少させ、最も優れている信号制御であることがわかった。隣接交差点がある場合では、定周期の制御効果が優れているが、交通量が非常に少なければ、歩行者優先の制御効果が優れている結果となった。

表 - 1 シミュレーション結果のまとめ

交通量	対象	単独	隣接交差点あり	
			系統可	系統不可
極少 0 ~ 50台 / 時	歩行者			
	車両			x
少 100 ~ 150台 / 時	歩行者			
	車両		x	x
中 200 ~ 350台 / 時	歩行者			
	車両		x	x
大 400 ~ 500台 / 時	歩行者			
	車両		x	

:効果有 :差無し x:負効果

謝辞

本研究を進めるにあたり、細部に渡り御指導頂きました安井一彦専任講師、日本大学総合科学研究所森田 綽之教授には深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 風間 洋 : 歩行者優先信号制御の一方策について 土木計画学研究・講演集 2004 年 6 月