ウォーカビリティを考慮した自動車の沿道出入機能の評価

鳥海　梓[1]・大口　敬[2]

[1]正会員　東京大学　生産技術研究所（〒153-8505　東京都目黒区駒場4-6-1）
E-mail: azusa@iis.u-tokyo.ac.jp (Corresponding Author)
[2]フェロー会員　東京大学　生産技術研究所（同上）
E-mail: takog@iis.u-tokyo.ac.jp

近年，まちなかでは「ウォーカブル」な空間の形成が求められているが，郊外からまちなかへの自動車での来訪は，多くの地域で当面一定程度許容せざるを得ない現状にある．このため，一部の街路には，路外駐車場等への自動車の出入に必要な沿道出入機能が求められ，自動車からの乗降が生じるため必然的に歩行者も多くなる．本研究では，歩行者と沿道出入自動車が共存しなければならない街路を対象に，沿道出口付近にウォーカビリティ向上のため横断歩道が設置される場合を想定して，沿道出入機能の評価を行う．客観的評価では，シミュレーションにより自動車の出庫交通容量や遅れ，歩道を歩く歩行者への影響等を試算し，主観評価では，運転者へのアンケートにより，沿道出口近辺の横断歩道等の存在や街路構造が出庫のしやすさに与える影響を調査した．

Key Words : *land-access function, pedestrian, crosswalk, gap acceptance, paried comparison*

1. はじめに

(1) 背景

近年日本では，拡散した市街地を「まちなか」に集約し，「まちなか」を人間中心の「ウォーカブル」な空間に改変することの重要性が認識され[1]，全国各地において「居心地が良く歩きたくなる」まちなかづくりが推進されている[2]．これらの取り組みは，主として，まちなかのメインストリートを対象に，官民が一体となって歩行者専用の交流・滞在空間を創出するものである．一方で，多くの地域では，都市構造や公共交通サービス上の課題から，郊外からまちなかへ来訪するための自動車利用を当面一定程度許容せざるを得ない現状にあると考えられる．このため，まちなかには，自動車で来訪する人々のための路外駐車場や駐停車空間が必要である．現在のまちなかウォーカブル推進施策[2]では，路外駐車場のまちなか周縁部への集約やメインストリート等における路外駐車場の出入口制限が可能となっているが，これは言い換えれば，まちなか周縁部やメインストリートの裏通りのような一部の街路には，路外駐車場からの自動車の出入りや送迎のための路上駐停車が生じることを意味する．このような街路には，自動車からの乗降により必然的に歩行者も存在する．歩行者にとってまちなかがウォーカブルであるか（安全に歩けるか，歩きやすいか，歩きたいと思えるかなど）どうかは，メインストリートだけでなく，その行き帰りに歩く街路ネットワーク全体が関係するため，完全に歩行者専用／優先とする空間以外の街路においてもウォーカビリティを考慮することは重要と考えられる．

著者ら[2]は，まちなかの街路を対象に，自動車の通行に必要な機能と歩行者ネットワークとは，**図-1**のような対応関係を持つと考えている．**図-1**は，自動車の通行に必要な移動機能／沿道出入機能／滞留機能に応じて道路ネットワークを機能階層型にすることを目指した「機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン(案)」[2]を元として，自動車と歩行者それぞれの通行に必要な機能のトレードオフ・相互作用が生じる街路の階層や，歩車分離／共存の方向性について概念的に整理したものである．自動車に対する機能のうち，移動機能は円滑に移動するための機能，沿道出入機能は路外駐車場などへ出入するための機能，滞留機能は路上駐停車などのための機能である．先に述べた，まちなかのメインストリートのような街路は，沿道出入機能や滞留機能を制限する階層F_UやE_Uに該当すると解釈できる．一方で，まちなか

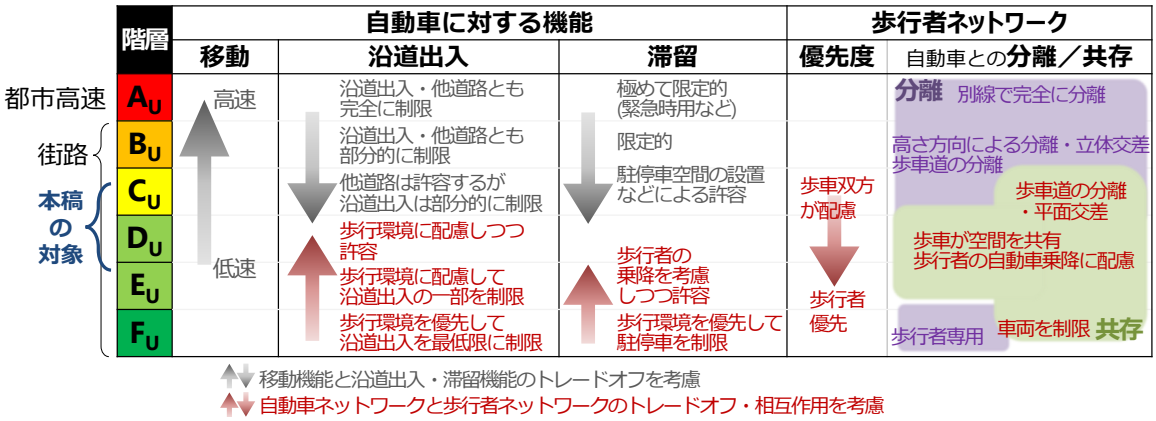


図-1　各街路階層における自動車の機能と歩行者ネットワークの対応関係についての仮説[2]と本稿の対象

に目的地を持ち来訪する自動車のために，沿道出入機能や滞留機能を持たせる必要がある街路は，階層C_UやD_Uに該当すると解釈できる．これらの街路では，歩車が空間を共有せざるを得ず，自動車と歩行者が双方に与える影響を考慮して空間の設計や制御方法を検討する必要がある．なお，まちなか内部では，通過交通，すなわち，まちなかに目的地を持たない自動車交通は排除すべきであり，通過交通の利用が想定される移動機能の高い階層B_Uのような街路は，まちなかの外を迂回させることが望ましい．

(2)　目的

本研究は，**図-1**に階層C_UやD_Uで示すような，歩行者と自動車の沿道出入・滞留が共存しなければならない街路の設計や制御のあり方を検討することを目的とする．本稿では，特に，歩行者の通行に対する負の影響が大きいと考えられる自動車の沿道出入機能に主眼を置き，歩行者の歩道通行や横断といったウォーカビリティに係る基本的な挙動との相互作用を考慮した評価を行う．階層C_UやD_Uのような街路の代表例のひとつとして，**図-2**のように往復二車線で歩道のある街路を想定する．評価の主眼である沿道出入機能は，街路本線から路外にある駐車場や施設など（私道や一部の細街路を含むものと想定する）への出入である．これにより，街路本線から路外などへ入る入庫車両（Ingress）や路外などから街路本線へ出る出庫車両（Egress）が生じるが，本研究では，より複雑な交錯が生じる出庫車両とそれによる歩道を通行する歩行者への影響を対象に評価を行う．

出庫車両は，基本的には**図-2**に示す歩道を通行する歩行者と通過車両の交通流に生じるギャップを確認して街路本線に出る，すなわちギャップアクセプタンスを行う必要がある．この際，特に，通過車両に合流可能なギャップを待つ間に歩道上の歩行者の通行を阻害することが現実に観測されている[8]．これに加えて，前述の通り，

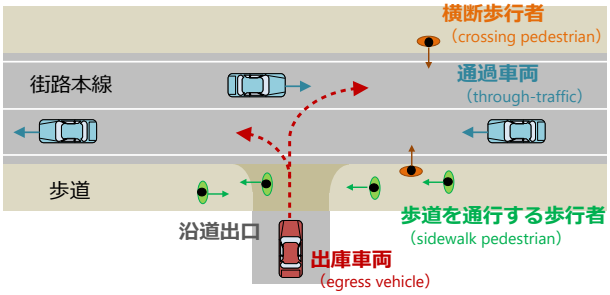


図-2　出庫車両（Egress）と関係する歩行者，通過車両

このような街路では，歩行者が自動車から乗降して目的地に向かう動きが生じるという性質上，歩行者の横断需要が高くなる場合が存在し，横断歩行者が通過車両の通行に影響を与え，それが間接的に出庫車両のギャップアクセプタンスや歩道を通行する歩行者に影響を及ぼす可能性が考えられる．本稿では，それらの関係の一部について，シミュレーションおよび運転者アンケートにより主観的，客観的な評価を試みる．

2.　既往研究のレビュー

(1)　沿道出入機能とAccess Management

沿道出入機能に対する道路の構造設計・制御等は，Access Managementとして，米国を中心に知見の蓄積がなされてきた．Access Managementの発端は，自動車の移動機能と沿道出入機能のトレードオフ，すなわち，高速走行が求められる高速道路や幹線道路などでは沿道出入や交差点の制限が不可欠なことにある．それが，2000年前後から，歩行者をはじめ自転車や公共交通など自動車以外の様々な道路利用者への影響を考慮したAccess Managementの重要性が認識されるようになった[5]．この中では，路外などとの出入口において出入車両と歩行者の交錯が避けられず，Access Managementが不適切だと歩行者

優先が守られない可能性があることが述べられおり[6),7)]，出入する運転者の視距や出入速度，歩行路面の凹凸などを考慮した出入口構造設計のあり方が示されてきた[5),7)-11)]．しかしながら，これらに関わる殆どの知見は道路構造設計上の要件や留意事項を定性的に示すものであり，沿道出入が歩行者に与える影響を定量的に示した研究は殆どなく[12)]，逆に，歩行者が沿道出入のしやすさにどの程度影響を与えるのかという研究も見られない．例えば，Bowman and Vecellio[13)]は，道路に中央分離帯を設置し右折（左側通行の場合；米国での左折に相当）による出入を禁止することによる歩行者事故件数の削減効果を示しているが，そのメカニズムは不明である．

日本では，沿道出入機能が歩行者に与える影響に関するものとして，松本・青野[14)]が歩道上における人対車両事故のうち駐車場出入時に発生したものが約47.4%にも及ぶことを示しているが，その要因解明には至っていない．駐車場法施行令（2020年改正）では，500平方メートル以上の路外駐車場の出入口について「横断歩道又は自転車横断帯の前後の側端からそれぞれ前後に五メートル以内の部分」や，「乗合自動車の停留所又はトロリーバス若しくは路面電車の停留場を表示する標示柱又は標示板が設けられている位置から十メートル以内の部分」に設けてはならないことが規定されている．しかしながら，沿道出入機能やウォーカビリティに対する影響を評価したうえで，出入交通量や歩行者交通量などの交通条件に対して出入口の設置条件を定めるといった検討はなされていない．さらに，沿道出入口は，1.(1)で述べたような街路の性質上，横断歩道やバス停などと離して設置することが現実に難しく，他の交通施設との相互の影響を考慮して街路全体の設計や制御を決定する必要があると考えられるが，このような包括的な検討は見られない．

(2) 沿道出入におけるギャップアクセプタンス

一方，図-2のような路外からの出庫は，街路本線側に優先権があり，出庫車両は歩道を通行する歩行者や本線通過車両に対してギャップアクセプタンスを行うという挙動を考えると，出庫口は一種の無信号交差点と見なすことができる．道路上の優先権から言えば，出庫車両は，歩道歩行者と本線通過車両の両方に通行可能なギャップが生じて初めて通行できることになるが，現実には，両者を同時に確認・判断することは難しい場合が多く，歩行者のギャップを確認して歩道に進入したのち，本線通過車両のギャップを確認するという二段階のギャップアクセプタンスを行っていると考えられる．二段階のギャップアクセプタンスについては，Brilon and Wu[15)]が，主道路の中央分離帯部分に停車空間のある無信号交差点を通行する従道路交通を対象として交通容量推定モデルを開発しており，これをKang and Nakamura[16)]がラウンドアバウト流入部における横断歩行者と環道交通を通行する流入交通流に適用した例がある．しかしながら，これらの研究では，主道路側の交通流は従道路側の交通流から影響を受けず，遅れは決して生じないことを前提としている．一方で，本研究の対象とする沿道出入を考えた場合，1.(2)で述べたように，通過車両に合流可能なギャップを待つ出庫車両が歩道の歩行者の通行を阻害することが確認されており，既往研究の理論を適用することが難しいと考えられる．そこで著者らは先行研究[17)]において，出庫車両の二段階のギャップアクセプタンスと，それが歩道の歩行者の通行を妨げる事象を再現するシミュレータを構築し，出庫／歩道歩行者／通過交通量などの交通条件に応じた沿道出入のしやすさ（交通容量と遅れ）およびウォーカビリティ（遅れ，自動車との交錯頻度など）を評価している．

他方で，近年の研究では，無信号交差点において主道路側の自動車が横断歩行者に対して譲ることにより，主道路の交通容量は低下する[18)]ものの，従道路側では，この譲りによって利用可能なギャップが増え，交通容量が増大[19)]することが示されている．この影響は沿道出入においても同様に生じると考えられ，通過車両に合流可能なギャップを待つ出庫車両が歩道上で待機する時間が短くなれば，歩道を通行する歩行者の通行を阻害することも少なくなると期待される．

(3) 本研究の位置づけ

今回は，先行研究[17)]で構築したシミュレータに横断歩行者を追加することで，歩行者の横断を含めたウォーカビリティと沿道出入機能の関係について客観的な評価を行う．具体的には，横断歩行者によって本線通過交通のギャップ分布が変化することの，出庫交通および歩道歩行者への影響について検証する．

一方で，現実には横断歩行者の存在は，本線車両のギャップ分布を変化させるだけでなく，出庫車両の運転者の視認性やギャップ確認の煩雑さにも影響を及ぼす可能性がある．そのため，アンケート調査により主観的な評価を行う．ここでは，観測データの不足等によりシミュレーションによる客観評価が現状では難しい，バス停の影響や街路構造の違いによる比較も試みる．

3. シミュレーションによる客観評価

(1) シミュレーションの概要

ここでは，先行研究[17)]で構築したシミュレータを用いて，出庫車両が歩道の歩行者および本線通過車両を二段

階でギャップアクセプタンスする挙動，また，それが歩道の歩行者を妨げる事象を再現する．今回，シミュレータには，本線に横断歩行者が存在する影響を追加する．

シミュレータにより再現される挙動の概要は以下の通りである．詳細は先行研究[17]を参照いただきたい．

(a) 出庫車両，通過車両①，②，および歩道の歩行者（図-3）は，ランダムかつ互いに独立に到着する．出庫車両および歩行者の到着時刻は負の指数分布，通過車両の到着時刻は Cowan's M3 分布[20]に従う[注1)]．通行車両および出庫車両の到着間隔にはそれぞれの最小車頭時間$\tau_{through}, \tau_{egress}$が設定される．出庫車両の出庫方向（左折 or 右折）は入力される右折率に従ってランダムに決定する．

(b) 出庫車両は図-3 の Line A に到着すると，歩道を通行する歩行者に対するギャップアクセプタンスを行う．沿道出口の幅w_{exit}＋余裕幅w_{margin}を歩行者が歩行速度V_{ped}で通行するのに要する時間$(w_{exit}+w_{margin})/V_{ped}$をクリティカルギャップとし，これより長いギャップに流入する．

(c) 出庫車両は(a)ののち速度V_{egress}で走行して図-3 の Line B に到着すると，通過車両に対するギャップアクセプタンスを行う．左折出庫の場合は通過車両①のみ，右折出庫の場合は通過車両①および②により生じるギャップの中から，それぞれのクリティカルギャップt_{cr_LT}, t_{cr_RT}より長いギャップに流入する．流入判断後は速度V_{egress}で走行して本線に合流する．

(d) (c)において，出庫車両がギャップを待つ間に歩道に歩行者が到着した場合，その歩行者は沿道出入口手前において待たされる．待たされた歩行者は，出庫車両が Line B を出発した後，出庫車両の動きに応じて通行可能となった歩道幅に応じて歩行を再開する．

(e) 出庫車両が Line B を出発した後は，歩道の歩行者の通行が常に優先され，後続の出庫車両は(b)歩行者に対するギャップアクセプタンスを経てしか Line A を通過（歩道に進入）できない．

以上のルールを基本として，0.1秒毎の車両および歩行者の状態を計算する．シミュレータは，Python 3.11.4によりコーディング・実行される．また，同一条件下で50回繰り返し，その平均値を結果とする．

先行研究[17]では，歩行者交通量および通過交通量を変化させた場合の出庫車両の交通容量や，歩行者／通過交通／出庫交通量が異なる様々な条件における出庫車両，歩行者双方の遅れ，通行を阻害される歩行者の割合などを計算し，各条件における沿道出入機能やウォーカビリティについて考察している．この中では，右折出庫の禁止や歩道＋路肩幅（$w_{sidewalk}$+w_{curb}）の拡幅が，歩行者の遅れ減などのウォーカビリティ改善に繋がることが

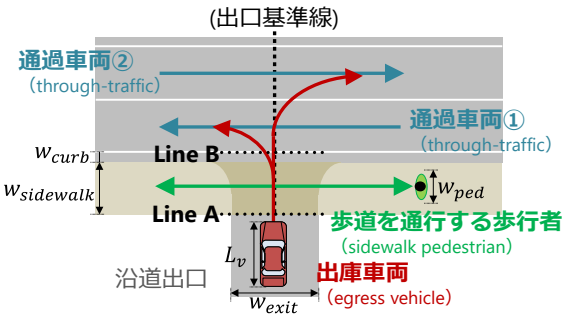
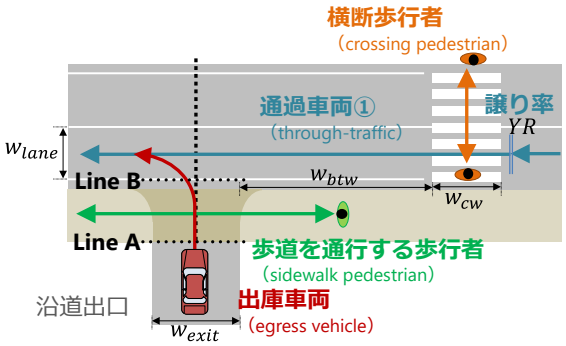
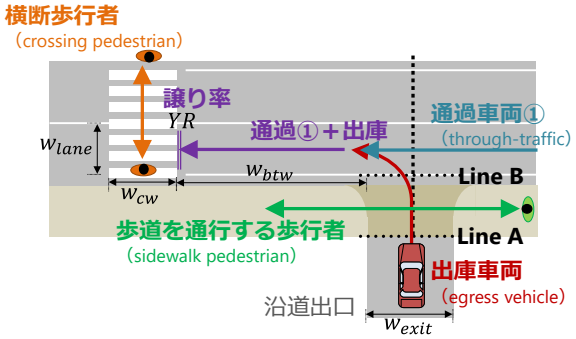


図-3　出庫車両（Egress）のギャップアクセプタンス対象



(a) 上流に横断歩道がある場合



(b) 下流に横断歩道がある場合

図-4　横断歩行者の追加

示されている．今回は，簡略化のため，右折出庫はないものとして通過車両①のみを考えて以降の検討を行う．

(2)　シミュレーションへの横断歩行者の追加

今回，本線に横断歩行者が存在する影響を考えるため，図-4に示すように，沿道出口からw_{btw}離れた上流または下流に横断歩道幅w_{cw}の横断歩道が存在する場合を考える．ここでの横断歩行者と，横断歩道を通過する車両の通行を以下のように仮定する．

(f) 横断歩行者はランダムに到着し，到着時刻は負の指数分布に従う．横断歩行者の向き（通過車両①の進行方向に対して右から来るか左から来るか）は 50% の割合でランダムに決定する．

(g) 横断歩行者は，自分が横断歩道を横断するのに要する時間t_{cw}よりも，車両が横断歩道に到着するまでの

時間が短い場合には，横断を行わず停止する．これは，横断歩行者がt_{cw}をクリティカルギャップとしてギャップアクセプタンスを行っているとも解釈できる．ここで，t_{cw}は，通過車両①の左から横断する歩行者については$t_{cw} = (w_{lane} + w_{curb} + w_{margin})/V_{ped}$，右から横断する歩行者については$t_{cw} = (2w_{lane} + 2w_{curb} + w_{margin})/V_{ped}$と仮定する．ただし，(h)の結果として譲られた歩行者は直ちにそれを察知し，横断を開始する．

(h) 横断歩道を通過する車両の中には，譲り率YRの割合で横断歩行者に通行権を譲る車両が存在する．これらの車両は，自車のために停止している横断歩行者や自車が停止中に到着した横断歩行者に対して停止する．横断歩行者に対して停止した車両は，横断歩行者の横断が終わる（自車の走行車線を通行し終える=t_{cw}）まで待つ．車両は横断歩道進入後，速度$V_{through}$で移動する．

なお，**図-4(a)**のように横断歩道が沿道出口の上流にある場合には，横断歩道を通過する車両とは通過車両①のことである．この場合，横断歩行者への譲りの結果として，沿道出口における通過車両①のギャップが変化し，3.(1)で述べた(c)のギャップアクセプタンスに影響が及ぼされることになる．

逆に，**図-4(b)**のように横断歩道が沿道出口の下流にある場合には，通過車両①に加えてLine Bを通過後の出庫車両が横断歩道を通過する車両となる．これらの車両が横断歩行者に譲ることによって生じる車列が，沿道出口まで到達すると，Line Bで待つ出庫車両は，車列が解放されるまで出庫できなくなる．

(3) 結果

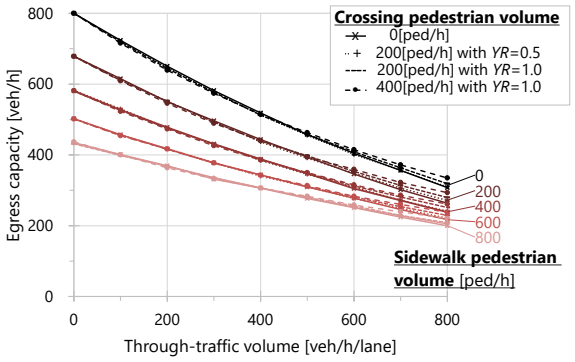
a) 前提条件

今回のシミュレーションにおける前提条件の入力値を**表-1**に示す．ここで，街路構造に関わる変数については，道路構造令[21]における第4種2~3級を想定した値や駐車場法施行令などを参考に設定している．沿道出口から横断歩道までの距離w_{btw}は5[m]とした．これは，横断歩道が下流にある場合，横断歩行者待ちの行列が2[veh]以上になると，出庫車両は出庫できなくなることを意味する．

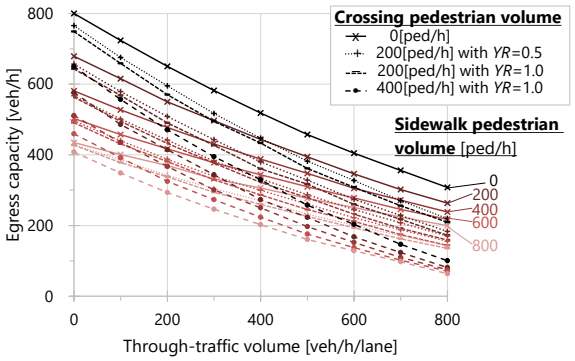
ギャップアクセプタンスに関わるクリティカルギャップt_{cr_LT}および最小車頭時間τ_{egress}については，先行研究[17]では米国のHighway Capacity Manualを参考に設定していたが，今回は，日本の無信号交差点を対象とした野本ら[22]の調査結果を参考に設定し直している．この前提条件のもと，出庫車両，通過車両，歩道の歩行者，横断歩行者の交通量を様々に変化させてシミュレーションを行った．

表-1 シミュレーション入力値

用途・種類	変数	設定値	単位
最小車頭時間	τ_{egress}	4.5	s
	$\tau_{through}$	1.8	s
ギャップアクセプタンス	t_{cr_LT}	5.8	s
	w_{margin}	1.0	m
速度	V_{ped}	1.0	m/s
	V_{egress}	5.0	km/h
	$V_{through}$	25.0	km/h
車長	L_v	4.7	m
街路構造	$w_{sidewalk}$	3.5	m
	w_{curb}	0.5	m
	w_{lane}	3.0	m
	w_{exit}	3.0	m
	w_{btw}	5.0	m
	w_{cw}	4.0	m



(a) 横断歩道が上流にある場合

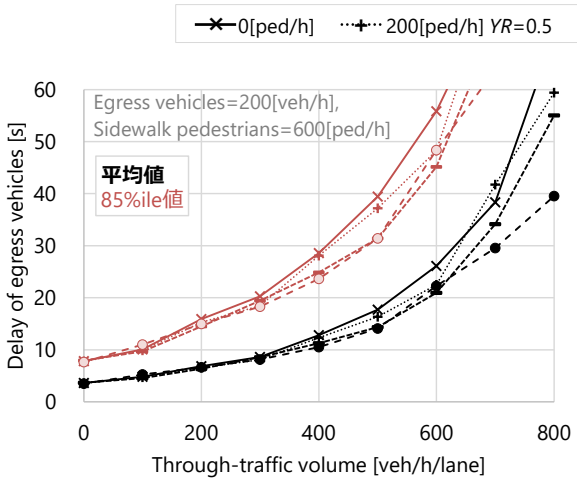


(b) 横断歩道が下流にある場合

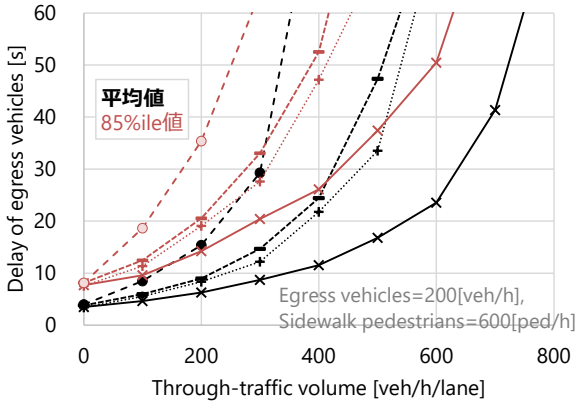
図-5 出庫車両の交通容量

b) 出庫車両の交通容量

歩道の歩行者，通過車両，横断歩行者の交通量や譲り率（YR）が異なる複数の条件下で，出庫車両の交通容量を計算した結果を**図-5**に示す．ここでは，出庫車両が最小車頭間隔で到着する条件下で，1h20min分のシミュレーションを行い，最初と最後の10minずつを除く1h分の出庫台数を容量としている．図における線の色は歩道

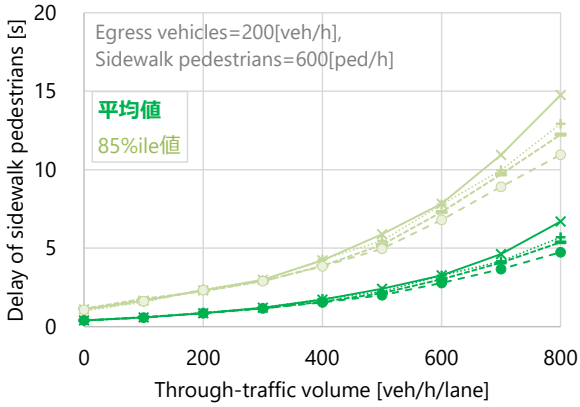


(a) 上流にある場合

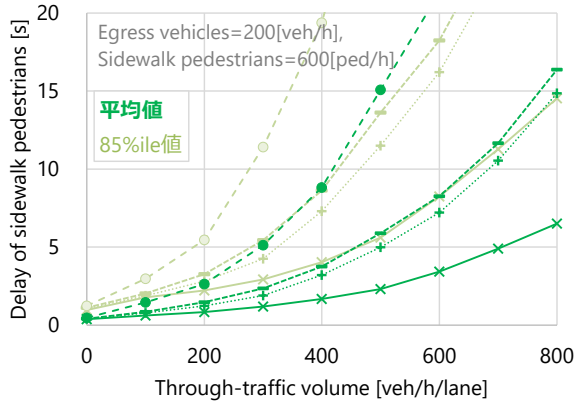


(b) 下流にある場合

図-6　出庫車両の遅れ



(a) 上流にある場合



(b) 下流にある場合

図-7　遅れが生じた歩行者の割合

の歩行者交通量，線とシンボルの種類は横断歩行者交通量と譲り率の違いを示している．

先行研究[17]により，出庫車両の交通容量は，通過交通および歩道の歩行者の交通量が増えるに従って減衰する傾向が示されている．この傾向は，**図-5**のすべての条件において確認できる．

横断歩行者による出庫車両の交通容量への影響は，横断歩道が沿道出口の上流にある**図-5(a)**では，全体的に小さい．通過交通量が400[veh/h]以下では，横断歩行者が0の場合と他の場合で差が殆どなく，通過交通量が500[veh/h]から増えるにつれて，横断歩行者が存在する場合の交通容量がわずかに増加している．横断歩行者による影響が発現している場合においては，横断歩行者交通量が大きいほど，また，出庫車両の横断歩行者に対する譲り率（YR）が高いほど，出庫車両の交通容量の増加量が大きいことが確認できる．これは，2.(3)で述べたように，横断歩行者に対して通過車両が譲ることで，出庫車両が本線に流入可能なギャップが増加したためと考えられる．通過交通量が少ない条件下では，そもそも横断歩行者に出会う通過車両の台数が少ないため，この効果が発現しにくい．さらに，横断歩行者の横断歩道通過後には，譲りにより停止した通過車両の待ち行列が車群となり，出庫できない時間帯が生じることになる．通過交通量が少ない場合，通過交通のギャップは元々長い傾向が強いため，通過車両の横断歩行者への譲りによる長くなるギャップと，譲り後の車群により短くなるギャップの影響が相殺し，効果が発現しなかったと考えられる．

横断歩道が下流にある**図-5(b)**では，横断歩行者によって出庫車両の交通容量が大きく低下している．横断歩道が上流にある場合とは逆に，横断歩行者交通量が大きいほど，また，譲り率（YR）が高いほど，交通容量の低下量は大きくなる．横断歩行者による交通容量の低下量は，通過交通量に応じて大きくなるが，通過交通量が0の場合でも生じている．これは，前述の通り，通過車両だけでなく出庫後の出庫車両も横断歩行者待ちをする可能性があり，それにより沿道出口が塞がれるためである．

c)　出庫車両および歩道歩行者の遅れ

出庫交通量を200[veh/h]，歩行者交通量を600[veh/h]とした場合の出庫車両および歩行者の遅れをシミュレーションにより計算した．ここでは，出庫車両100[veh]が全て出庫し終えるまでシミュレーションを行い，遅れの計算対象としている．

出庫車両の遅れの平均値および85%ile値を図-6に示す．横断歩道が上流にある図-6(a)では，出庫車両の遅れに対する横断歩行者の影響は，通過交通量が300[veh/h]程度まではほとんどない．通過交通量が400[veh/h]を上回ると，横断歩行者や譲り率（YR）の増加によって遅れが短縮する効果が徐々に発現している．一方で，横断歩道が下流にある図-6(b)では，横断歩行者や譲り率（YR）の増加によって遅れが大きく増大している．

歩道の歩行者の遅れの平均値および85%ile値を図-7に示す．出庫車両の遅れ同様に歩道の歩行者についても，横断歩道が上流にある図-7(a)では横断歩行者の影響は小さく，通過交通量が高い状態において横断歩行者や譲り率（YR）の増加によりわずかに遅れが短縮し，横断歩道が下流にある図-7(b)では横断歩行者や譲り率（YR）の増加によって遅れが大きく増加している．歩道の歩行者の遅れは，出庫車両が通過車両のギャップを待つ遅れ時間中に生じるため，総じて出庫車両の遅れよりも小さい．しかしながら，本来，絶対的な優先権を持つはずの歩道の通行において通行を妨げられることは，短い時間であっても歩行者に不快を感じさせると考えられる．特に，ウォーカビリティに配慮する必要がある街路においては，歩道の歩行者の遅れも考慮した評価を行うことが望ましい．

また，出庫車両および歩行者の最大待ち台数／人数を図-8に示す．前述の傾向と同じく，横断歩道が下流にある図-8(b)において，横断歩行者による待ち行列の増加が激しい．駐車場内および歩道上の空間的制約を考えると，遅れだけでなく，これらの指標も考慮することが必要であると考えられる．

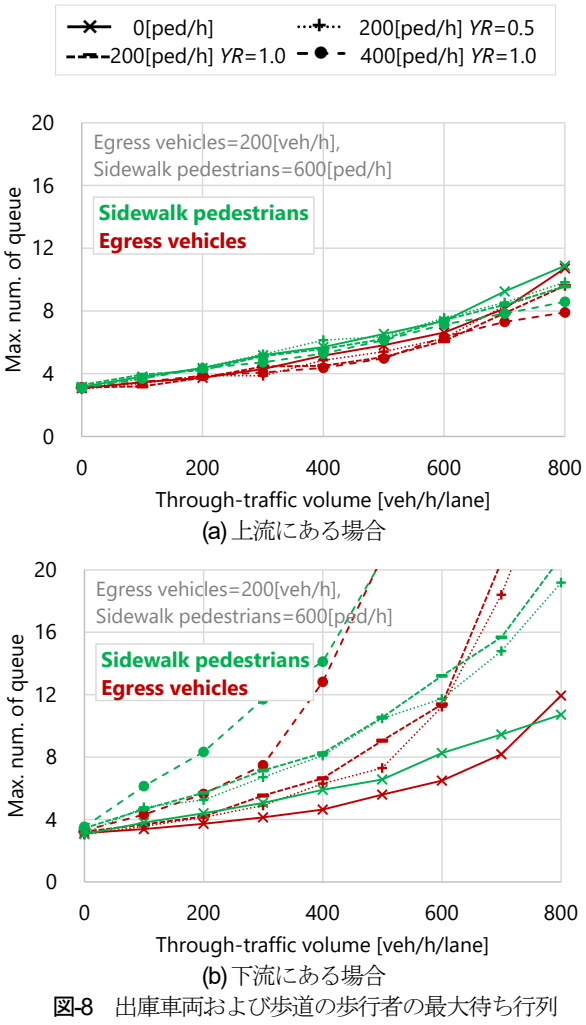


図-8　出庫車両および歩道の歩行者の最大待ち行列

(4)　まとめ

今回の結果より，沿道出口付近に横断歩道を設置し，本線通過交通に譲らせてウォーカビリティを高める場合，出口の下流ではなく上流に設置することで，出庫交通や歩道の歩行者に対する負の影響をなくすことができることが示された．さらに，通過交通が多い場合，沿道出口上流に横断歩道を設置することは，出庫車両の交通容量増大や遅れ短縮といった沿道出入機能の向上や，それに伴う歩道の歩行者の遅れの短縮に繋がる効果がある．現実には，出口の取り付く街路本線の通過交通量はそれほど多くなく，出庫需要は容量より十分に低い状態である場面が多いと考えられる．一方で，沿道出口には，例えば，イベント会場の駐車場など，短時間に出庫，本線通過，歩行者の需要が集中する場合も存在すると考えられ，そのような場合には，上記の効果が期待できると考えられる．逆に，横断歩道を下流に設置した場合の出庫交通容量の低下，出庫車両および歩道の歩行者の遅れ増大といった負の影響は大きい．この影響は，本線通過交通量が小さい場合においても発現するものである．

今回のシミュレーションでは，右折出庫のない場合を想定しているが，右折出庫が存在すると，たとえ横断歩道の上流に横断歩道を設置しても負の効果が発現する可能性が高い．この点については，今後，同様のシミュレーションにおいて評価を行う必要があるものの，もともと既往研究[17]により，横断歩行者がない場合においても右折出庫の存在は歩道の歩行者の阻害・遅れ増大といった負の影響が大きいことが示されており，横断歩行者の考慮がウォーカビリティの向上を目的としていることを踏まえると，右折出庫禁止の状態での横断歩道設置の検討が望ましいと言える．

なお，沿道出入口の付近に横断歩道がある場合，出庫車両の運転者は，向かってくる歩行者がそのまま歩道を通行するのか，横断歩道で横断するのかの判断が難しくなる可能性があるなど，視認性やクリティカルギャップ等に影響を与える可能性がある．これについては，4.の主観評価にてその一部を取り扱う．

表-2 アンケート項目の概要

分類		質問の概要	回答法
スクリーニング項目（基本属性など）	—	年齢	モニタ情報から収集
	—	性別	モニタ情報から収集
	S1	運転免許の有無	2択（有; 無）
	S2	自動車（二輪を除く）を運転する頻度	4択（毎日; 週1回以上; 月1回以上; 月1回未満）
普段の運転，交通行動など	Q1	自分は運転が上手い; 運転が楽しい; 運転が好き; 自動車が多い道路で運転するのは苦手; 歩行者が多い道路で運転するのは苦手; どこへ行くにもできるだけ自動車で移動したい; まちなかや駅前を歩き回ることが多い; まちなかや駅前を歩き回ることが好きだ	5件法（あてはまる; どちらかというとあてはまる; どちらでもない; どちらかというとあてはまらない; あてはまらない）
まちなかや駅前などの人通りが多い場所での運転	Q2	運転において苦手だと思う操作	複数可能選択
	Q3	運転／路外駐車／路上駐停車の頻度	5択（毎日; 週1回以上; 月1回以上; 月1回未満; 全くない）
	Q4	主な運転目的	複数回答（通勤; 通学 ;業務; 送迎; 買い物・食事・娯楽; その他）
	Q5	主に運転する車種	単一回答（乗用車; 貨物車・トラック; バス; その他）
沿道出入	Q6,7	まちなか等で沿道出入する際に気をつけること	自由回答
	Q8~17	出庫のしやすさ等に関する一対比較（基本シナリオ）	6観点×5件法
	Q18~21	出庫のしやすさ等に関する一対比較（改良シナリオ）	
横断歩行者	Q22	運転時の横断歩行者に対する譲り行動（7項目）	
	Q23	バスから降りた歩行者の横断に関する一対比較（5項目）	5件法
	Q24	歩行者として道路を横断するときの行動（7項目）	

4. 出庫のしやすさに関する主観評価

(1) アンケート調査の概要

a) 質問項目の概要

主観評価では，自動車の運転者を対象として，周囲の街路構造（横断歩道やバス停との位置関係）が出庫のしやすさに与える影響を評価することを目的にアンケートを実施した．アンケートにおいては，個人属性や運転頻度，目的，運転や歩行に関する考え方についても併せて質問を行っている．その概要を**表-2**に示す．本稿では，紙面の都合上，沿道出入機能の評価に関わる部分（Q8~21）を中心に紹介する．

b) 出庫のしやすさに関する一対比較

出庫のしやすさの評価対象として，今回は，横断歩道またはバス停が，沿道出口上流または下流に存在するシナリオを考えた．**表-2**のQ8~17では，沿道出口付近になにもないシナリオを含めた，**図-9(a)**の5つの基本シナリオで，出庫のしやすさがどの程度違うと感じるかを比較する．なお，街路構造諸元（車線幅員等）は，3.と同様に設定しており，沿道出口から横断歩道，バス停までの距離はそれぞれ5, 10[m]としている．回答者に提示する街路の3D図面（**図-9**など）は，メガソフト(株)「交通事故見取り図メーカー体験版」を用いて作成した．

比較には，シェッフェの一対比較（中屋の変法）[23]を用い，回答者は比較対象となる全ての組合せ（今回は ${}_5C_2 = 10$組）について，5件法による尺度で評価を行った．出庫のしやすさは，左折出庫を前提に「周囲の歩行者が確認しやすそう」，「周囲の自動車が確認しやすそう」，「道路上の自動車に気づいてもらいやすそう」，「道路に出るタイミングが多そう」という観点と「道路に安全に出られそう」，「道路に出やすそう」という総合的な観点から尋ねた．アンケート画面では，**図-10**の例に示

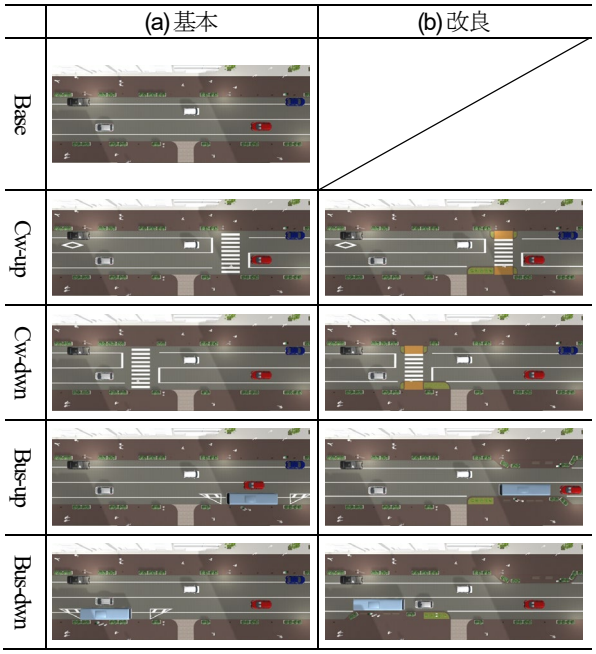


図-9 出庫のしやすさを比較するシナリオ

すように，2つのシナリオについて，上空から見た街路の構造および運転者目線での左右の見え方を提示している．ただし，交通状況については，「歩行者や自転車の通行量は，混雑とまではいかないまでも比較的多く，歩行者や自動車の通行タイミングは絵に描かれている限りではなく，時々刻々，様々に変化するとします．」と注意書きを加えている．また，一対比較を行う全10組の比較順序は，回答者によってランダムに入れ替えた．

次に，Q18~21では，**図-9(a)**のBaseを除く4つの基本シナリオについて，ウォーカビリティの改善を目的とした街路構造の改良シナリオ**図-9(b)**と比較する．これらの改良シナリオは，NACTOのUrban Street Design Guide[24]などで提案されているcurb extensionを適用したもので，横断歩道やバス停部分の歩道を車道側に張り出し，横断歩行者やバス停待ちをする歩行者の滞留空間を歩道と分けることで，ウォーカビリティの改善を図るものである．これにより，出庫車両の運転者は，沿道出口に向かってくる歩行者と，そうではない歩行者を見分けやすくなることが期待される．また，横断歩道に適用した例では，通過車両の横断歩行者に対する譲り率向上が期待されており，それが出庫機会の増加に繋がる可能性がある．同様に，バス停に適用した例では，バス停車時に後続の通過車両が追越できなくなりバスに止められることで，出庫の機会が増えることが期待される．

c)　調査の対象および実施条件

調査は，(株)マクロミルWEBモニタを対象にウェブサイト上で実施した．調査対象の条件として，まず，自動車の運転免許を持ち，かつ，月1回以上自動車を運転する者に限定した．また，回答者が回答する際に思い浮かべる街路の交通状況に大きな差異がないようにするため，一都三県在住とした．さらに，年齢・性別に偏りが生じないよう，年齢層は，若年運転者（18～24歳），高齢運転者（65歳以上）とそれ以外（25~64歳）に区分し，これと男女との組合せからなる計6分類に対して，回答者数が均等になるようにした．WEBモニタが予め登録している属性情報および調査冒頭のスクリーニング項目（**表-2**のS1, 2）において，以上の条件を満たす者のみが，以降の質問（Q1~）に回答している．

調査は2021年12月3~6日に実施し，全304人から回答が得られた．このうち，回答者がまちなかなどで運転する主な車が「乗用車」（Q5）であり，かつ，回答時間が極端に短い（4分未満）ものを除く，292件を分析対象とした．

(2)　結果

a)　回答者の属性等

分析対象となる292件の回答者の年齢層と性別は，前

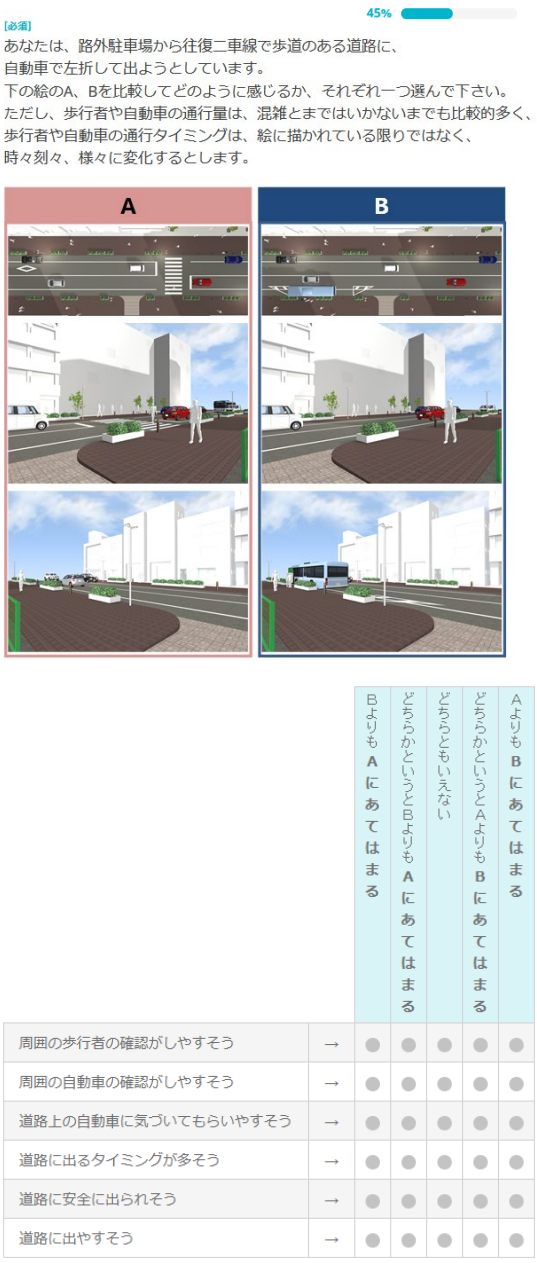


図-10　一対比較の回答画面

述の6分類に対して概ね等しくそれぞれ14~19%の割合で分布していた．また，運転頻度については，毎日が28%，週1回以上が52%，月1回以上が20%と，日常的に運転をする人が多かった．ただし，「まちなかや駅前などの人通りの多い場所」に限定した運転頻度は，**図-11**に示す通り，運転そのものの頻度よりは低い．60%以上の回答者が，今回の調査の主眼である沿道出入を伴う「路外駐車場への駐車」を月1回以上まちなかで行うと答えている．まちなかでの運転目的（複数選択可）については，「買い物，食事，娯楽」が85%で最も多く，次いで「家族や同居人などの送迎」55%，「通勤」16%で，「通学」「業務」は10%未満であった．

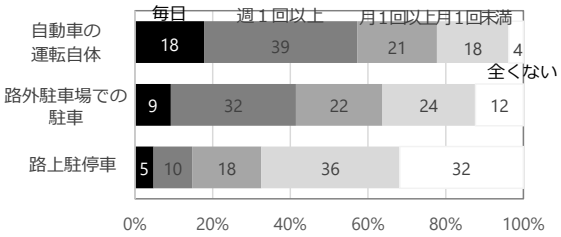


図-11　まちなかでの運転頻度

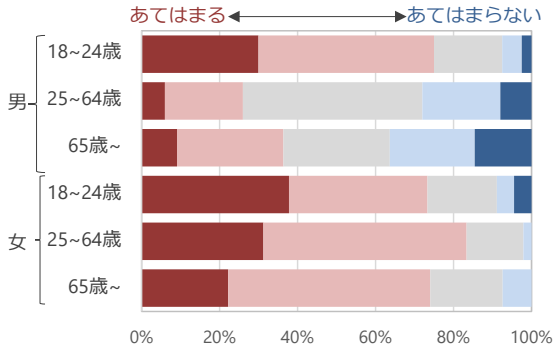


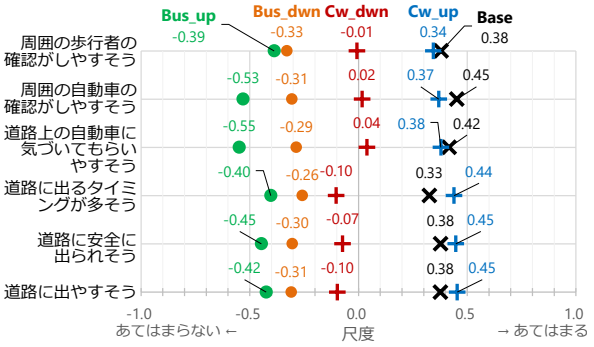
図-12　歩行者の多い道路で運転するのは苦手だ

また，普段の考えとして「歩行者が多い道路で運転するのは苦手だ」に対する年齢層×性別別の回答を図-12に示す．「あてはまる」または「どちらかというとあてはまる」と回答した割合は全体の60%に上っており，これは「自動車が多い道路で運転するのは苦手だ」における46%と比べて多くなっていた．

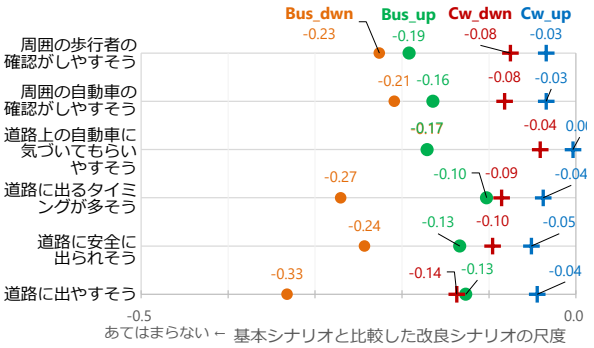
b)　出庫のしやすさ

図-9(a)の5つの基本シナリオについて，評価の結果を図-13(a)に示す．ここでは，「道路に出やすそう」などの各観点について，「BよりもAにあてはまる」と回答された場合，Aは+2点，Bは-2点，というように，5件法の回答を-2~+2点に点数化して集計している．多重比較により，各シナリオ間の尺度の差が0.10より大きければ有意水準5%で有意な差と言える．

図-9(a)より，周囲に何もないシナリオ（Base）に比べて，上流に横断歩道があるシナリオ（Cw-up）は，多くの観点について有意な差がなく，出庫のしやすさを低下させないと考えられる．「道路に出るタイミングが多そう」という観点では，Cw-upの方がBaseよりわずかに高い評価である．一方で，下流に横断歩道があるシナリオ（Cw-dwn）では，BaseやCw-upに比べていずれの観点の評価も顕著に低くなっている．これらの結果は，3.の客観評価の結果と合致する．また，バス停があるシナリオ（Bus-up, Bus-dwn）は，Cw-dwnよりもさらに評価が低い．特に，バス停は横断歩道と異なり，下流にあるBus-dwnよりも上流にあるBus-upにおいて，本線の自動車との関係に関する観点で，評価が低下している．



(a) 基本シナリオどうしの比較



(b) 基本シナリオと改良シナリオの比較

図-13　出庫のしやすさに関する比較結果

図-9(b)では，出庫のしやすさについて，改良シナリオの方が「あてはまる」とされた回答を正とした平均尺度を示している．すべてのシナリオについて尺度が負，すなわち，改良シナリオよりも基本シナリオの方が出庫しやすいとの回答であった．特に，Bus-dwnは基本シナリオに比べてかなり評価が低い．

(3)　考察

今回の結果より，沿道からの出庫のしやすさについて，運転者は，出口上流の横断歩道には負担を感じない一方，下流の横断歩道には負担を感じることがわかった．これは，出庫におけるギャップアクセプタンスに加えて，出口下流における横断歩行者の確認という追加の判断が生じるためと考えられる．今回のアンケートでは，左折出庫に限定して質問を行っているが，右折出庫の場合には，横断歩道が上流，下流どちらにあったとしても周囲の車両や歩行者の確認がさらに複雑化し，さらなる負担が懸念される．

また，バス停は上下流どちらにあっても出庫する運転者に対する負担感が大きいことがわかった．特に，出口上流にバス停がある場合に大きな負担を感じる理由として，停車したバスによって本線通過車両を視認しづらくなることへの抵抗や，バスを追い越してくる通過車両に対する恐怖があるものと考えられる．図-1で示したように，沿道出入機能を考慮すべき街路は，バスが停車する

ような滞留機能を併せて担う場合が多く，両者を両立させるための工夫として，停車中のバスを本線通過車両が追い越せないようにするような設計や制御については，検討の価値があると考えられる．

Curb extensionを適用した改良シナリオについてはいずれも評価が低かった．今回は3Dの静止画を提示してアンケートを行ったため，現実にあまり見られない改良シナリオのような街路における視認のしやすさなどを想像することが難しかったためと考えられる．また，改良シナリオは，歩行者や通過車両の通行位置や譲りなどの挙動を変化させる効果があると意図して作成したものの，設問においては特別な教示を行わなかったため，回答者は改良シナリオの効果を想像できなかったと考えられる．動画やVRを用いるなど評価手法を改善し，各施策の効果が認識されたうえで再評価することが望まれる．

5. おわりに

沿道出入機能が求められる街路においては，出入車両，通過車両，駐停車車両，歩道歩行者，横断歩行者など様々な目的を持つ利用者が混在し，相互に影響を及ぼし合っている．その中でも，通過車両のための移動機能は多くの他の利用者の機能とトレードオフになるため，横断歩道の設置や横断歩道における歩行者優先の徹底といったウォーカビリティ向上のための対策により移動機能を制限することは，間接的に沿道出入機能の向上に繋がる可能性があることがわかった．また，その実現には，沿道出口や横断歩道といった街路構成要素をそれぞれ単独ではなく，位置関係を考慮しながら組合せとして相互に及ぼす影響を評価し，適切に縦断構成や制御方法をデザインする必要があると言える．今後は，沿道入口や停車空間，交差点も含めた，街路空間のあり方について総合的に検討していきたい．

また，沿道出入機能は，評価対象となる需要がそれほど高くない場合があり，交通容量や遅れのような，これまで移動機能の評価を主目的として使用されてきた指標だけに着目しても大きな差が生じづらい場合があることが客観評価を通じて示唆された．一方で，沿道出入機能には，視認のしやすさや確認対象の多さ，複雑さ等が影響を及ぼす可能性があり，運転者や歩行者の主観を併せて考慮することが重要であると考えられる．これらを踏まえた，沿道出入機能の評価手法についての整理が今後の課題である．

謝辞：本研究はJSPS科研費 JP20K14845および公益財団法人国際交通安全学会「ウォーカビリティと車両アクセス機能をバランスする街路デザインに関する研究」の助成を受けたものです．

NOTES

注1) 先行研究[17]では負の指数分布としているが今回変更を行っている．

REFERENCES

1) 国土交通省: まちなかウォーカブル推進事業について, https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001604838.pdf, 2023.（2023/9/13 閲覧） [Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT): About the projects to promote creations of walkable urban areas, 2023.]
2) 国土交通省：「居心地が良く歩きたくなる」まちなかづくり支援制度（法律・税制・予算等）の概要, https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001373727.pdf（2023/9/13閲覧）[MLIT: Overview of the law, taxation, budget, etc. which support creation of walkable urban areas.]
3) 鳥海梓, 大口敬: 多様な道路利用主体を考慮した街路ネットワークの機能階層化に関わる論点整理, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, 10 pages, 2020. [Toriumi, A., Oguchi, T.: Issues to be addressed by forming functionally hierarchical street network for multiple road users, *Proceedings of infrastructure planning*, Vol.51, 10 pages, 2020.]
4) (一社)交通工学研究会：機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン(案), http://www.jste.or.jp/Activity/h27-29.pdf, 2018. [Japanese Society of Traffic Engineers: *Guideline for Planning Functionally Hierarchical Road Network*, 2018.]
5) Sokolow, G., Williams, K., Levinson, H.: The changing focus of access management, *Access Management Theories and Practices*, pp.54–65, 2014.
6) Falconi, X.R.: Relationship between access management and the design of bicycle and pedestrian facilities, *the 3rd National on Access Management Conference Proceedings*, pp.115-121, 1998.
7) Layton, R., Hodgson, G., Hunter-Zaworski, K.: Pedestrian and bicyclist impacts of access management, *the 3rd National on Access Management Conference Proceedings*, pp.105–114, 1998.
8) Gattis, J.L., Gluck, J.S., Barlow, J.M., Eck, R.W., Hecker, W.F., Levinson, H.S.: *Guide for the Geometric Design of Driveways (NCHRP Report 659)*, National Academy of Sciences, Washington, D. C., USA, 2010.
9) 鳥海梓, 笠原光将, 大口敬: 街路における歩行者と出入交通の交錯 に関する実態分析, 土木計画学研究・講演

集, Vol.63, 10 pages, 2021. [Toriumi, A., Kasahara, K., Oguchi, T.: Empirical analysis on the conflicts between egress vehicles and pedestrians on an urban street, *Proceedings of Infrastructure Planning*, Vol.63, 10 pages, 2021.]

10) Transportation Research Board of the National Academies (TRB): *Access Management Manual - Second Edition*, TRB, Washington D.C., USA, 2014.
11) Dixon, K., Van Schalkwyk, I., Layton, R.: Balancing Urban driveway design demands based on stopping sight distance. *Transportation Research Record*, No.2120, pp.18–27, 2009.
12) Butorac, M., Bonneson, J., Connolly, K., Ryus, P., Schroeder, B., Williams, K., Gluck, J.: *Assessing Interactions Between Access Management Treatments and Multimodal Users (NCHRP Web-Only Document 256)*, National Academy of Sciences, Washington, D. C., USA., 2018.
13) Bowman, B.L., Vecellio, R.L.: Effect of urban and suburban median types on both vehicular and pedestrian safety, *Transportation Research Record*, No.1445, pp.169–179, 1994.
14) 松本浩和，青野貞康，福本大輔: 駐車場出入り時における自動車対歩行者の事故特性に関する研究, 第40回交通工学研究発表会論文集, pp.8–11, 2020. [Matsumoto, H., Aono, S., Fukumoto, D.: A study on car-pedestrian accident characteristics in entering or exiting parking lot, *Proceedings of the Conference of Japan Society of Traffic Engineers*, pp.8–11, 2020.]
15) Brilon, W., Wu, N.: Capacity at unsignalized two-stage priority intersections, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 33, 275-289, 1999.
16) Kang, N., Nakamura, H.: Estimation of roundabout entry capacity that considers conflict with pedestrians, *Transportation Research Record*, No. 2517, pp.61–70, 2015.
17) Toriumi, A., Kasahara, K., Oguchi, T.: A Simulation Study on the Interaction between the Land-Access Function for Motor Vehicles and the Walkability for Pedestrians in Urban Streets, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vo.11, pp.1855–1869, 2022.
18) D. Wei, H. Xu, W. Kumfer, H. Liu, and Z. Wang: Vehicular traffic capacity at unsignalized crosswalks with probabilistic yielding behavior, *Transportation Research Record*, No. 2483, pp. 80–90, 2015.
19) R. Yue, G. Yang, Y. Zheng, and Z. Tian: Effects of pedestrian crossing on minor road capacity at two-way stop-controlled intersections, *Transportation Research Record*, No. 2675, pp. 472–482, 2021.
20) R. J. Cowan: Useful headway models, *Transportation Research*, Vol. 9, No. 6, pp. 371–375, 1975.
21) 日本道路協会: 道路構造令の解説と運用, 2021. [Japan Road Association: *Commentary on Japanese Road Structure Ordinance*, 2021]
22) 野本真太郎, 田中伸治, 松行美帆子, 有吉亮: 日本の一時停止交差点における交通容量推定パラメータに関する研究, 土木学会論文集D3, Vol. 78, No. 5, pp. 853–861, 2023. [Nomoto, S., Tanaka, S., Matsuyuki, M., Ariyoshi, R.: Study on parameters used for estimating traffic capacity at stop-controlled intersections in Japan, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)*, Vol. 78, No. 5, pp. 853–861, 2023.]
23) 中屋澄子: Scheffe の一対比較法の一変法; 第11回日本科学技術連盟官能検査大会報文集, pp.1–12, 1970. [Nakaya, S.: A variation of Sheffe's paired comparison, *Proceedings of the 11th Conference of Sensory Evaluation Conference of Union of Japanese Scientists and Engineers*, pp.1–12, 1970.]
24) National Association of City Transportation Officials: Urban Street Design Guide, https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/street-design-elements/curb-extensions, 2013. （2023/9/13閲覧）

ASSESSMENTS OF THE LAND-ACCESS FUNCTION FOR MOTOR VEHICLES CONSIDERING THE WALKABILITY

Azusa TORIUMI and Takashi OGUCHI

In recent years, creations of "walkable" spaces in urban areas have been demanded, however, many regions cannot fully prohibit their citizen's use of private cars for their accessing to urban areas for the certain period. Thus, some streets in urban areas have to serve land-access function for automobiles to enter and exit off-street parking lots and facilities. Such streets inevitally have the certain amount of pedestrians who get on and off automobiles. This study aims at evaluating land-access function of the streets where pedestrians and egress/ingress automobiles must coexist, assuming the case in which crosswalk is installed near an egress point to enhance walkability. Traffic capacity and delay of egress vehicles as well as their impacts on sidewalk pedestrians were evaluated objectively through traffic simulations, while subjective evaluations by drivers were conducted through a questionnaire to investigate the impacts of the presence and its geometrid design of the crosswalk near the egress point on an ease of egress.