

平成24年度研究調査プロジェクト (H2421)

## 「天下の公道」と生活道路に関する研究

～ライジングボラードの実用化に向けた工学・法学・心理学からの検討～

# 報告書

平成25年3月



公益財団法人 国際交通安全学会  
International Association of Traffic and Safety Sciences

## 研究組織

### プロジェクトリーダー：

久保田 尚 埼玉大学大学院 理工学研究科 教授

### メンバー：

今井 猛嘉 法政大学法科大学院 教授

蓮花 一己 帝塚山大学 心理学部 教授

久野 譜也 筑波大学大学院 人間総合科学研究科 教授

小嶋 文 埼玉大学大学院 理工学研究科 助教

峯崎 徳孝 警察庁 交通局交通規制課 企画第一係長

山本 清文 警察庁 交通局交通規制課 規制第一係長

舟波 昭一 警察庁 交通局交通規制課 規制第二係長

尾寄 亮太 国土交通省 道路局路政課道路利用調整室 課長補佐

望月 拓郎 国土交通省 道路局環境安全課 課長補佐

菊池 雅彦 国土交通省 都市局都市計画課 施設計画調整官

東 智徳 国土交通省 都市局街路交通施設課 企画専門官

本田 肇 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路空間高度化研究室 主任  
研究官

萩田 賢司 科学警察研究所 交通科学部 主任研究官

佐々木 政雄 (株)アトリエ 74 建築都市計画研究所 代表取締役

松原 悟朗 (株)国際開発コンサルタンツ 代表取締役社長

萩原 岳 (社)日本交通計画協会 交通計画研究所 首席研究員

林 隆史 (財)国土技術研究センター 首席研究員

伊藤 将司 (株)福山コンサルタント 東日本事業部交通計画グループ 次長

(所属・役職は当時)



## 目次

1. はじめに .....	1
1.1. 研究の背景、目的 .....	1
1.2. 本研究の枠組み .....	2
2. 欧州調査 .....	3
2.1. 文献調査 .....	3
2.1.1. Traffic Advisory Leaflet 「Rising bollards」 (Department for Transport、 1997、 英国) .....	4
2.1.2. Performance Specification for Rising Bollards Control Systems (Highways Agency、 2005、 英国) .....	5
2.1.3. RISING BOLLARDSYSTEMS DESIGN、 USE AND OPERATIONAL GUIDE(LARBUG、 英国) .....	8
2.2. 視察調査 .....	23
2.2.1. 各都市の概況 .....	23
2.2.3. ヒアリング調査結果 .....	32
2.3. 欧州調査のまとめ .....	38
2.4. 欧州調査からみられた課題 .....	38
3. ライジングボラードの法制度面の検討 .....	39
3.1. パターン I : 交通規制に連動させるパターン .....	39
3.2. パターン II : 歩行者専用道路 (道路法) に設置するパターン .....	41
4. 「ソフトライジングボラード」敷地内実験 .....	42
4.1. 実験の背景と位置づけ .....	42
4.2. 実験の内容 .....	43
4.2.1. 本実験におけるライジングボラード・システム .....	43
4.2.2. 実験概要 .....	43
4.2.3. 調査項目 .....	46
4.3. 調査内容 .....	47
4.3.1. 作動性調査 .....	47
4.3.2. 追従車両規制の適正間隔の調査 .....	49
4.3.3. 右左折挙動調査 .....	53
4.3.4. 適正停止位置の調査 .....	66
4.3.5. 降下時間ストレス調査 .....	70
4.3.6. 騒音・振動調査 .....	85
4.3.7. 路面標示の有効性検証 .....	89
4.3.8. 可倒性・耐久性検証 .....	92
4.4. 実験のまとめ .....	97



# 1. はじめに

## 1.1. 研究の背景、目的

対象地区全体の規制速度を 30km/h に指定する「ゾーン 30」がスタートするなど、日本の生活道路の安全対策制度が本格的にスタートしたものの、通過交通の「量」をコントロールする対策については未だ切り札が存在していない。スクールゾーンで歩行者用道路のような交通規制が実施されている場合にも、規制を無視する違法通行ドライバーにより危険にさらされている生活道路が多く存在している。違法な通行を防ぐため、地元住民がボランティアで道路にうま（バリケード）を出している場合もあるが、そのうまを移動して進入するドライバーや、うまを守る住民とドライバーの間でトラブルが起こってしまう事態も起こっているのが現状である。このように通過交通による問題が多く起こる一方、「天下の公道」という言葉があるように、道路は全ての人のものであるという考え方も、我々の意識には深く浸透している。そのような中で、一般の市民同士が対峙して、一方に道路の通行を制限するというのは、交通規制がかかっている道路でさえ、なかなか難しいのかもしれない。

しかしながら、歩行者や自転車については常に通行を可能にし、四輪車については規制時間や規制の対象から除外される車両等の存在を明確にした上で制限する、という概念は、生活道路の安全を考える上での新たな「天下の公道」の考え方であると考えられる。そのような状況を住民への身体的な負担無く実現する手法として、本研究では、欧州で活用が広がる「ライジングボラード」というシステムに注目した。

現在欧州の多くの国で、ドライバーに交通規制の遵守を促す対策として、ライジングボラードが広く普及している。これは、道路に設置されたポール（ボラード）が機械式で昇降する装置で、通行禁止規制の対象から除外された車両や通行許可を持った自動車だけがボラードを降下させて道路を通行できるというものである。例えば、沿道住民や、沿道に駐車場を持つ人、あるいは公共の車両だけが、ボラードを下げるための IC カードやリモコンを所持するといった具合である。このような仕組みによって、許可を持たない車による通過交通をほぼ完璧に排除することができる。ライジングボラードが上昇している時間帯、下降している時間帯は、システム上で設定することができるので、スクールゾーンが始まる時間になると自動的にボラードが上昇し、規制時間が終わると自動的に下降する、といったことが可能である。こうして、ライジングボラードの導入都市では、きめ細かい交通規制が、住民に負担をかけることなく担保されている。本研究では、このライジングボラードについて、わが国への導入に向けた検討を行うことを目的とした。

## 1.2. 本研究の枠組み

ライジングボラードを日本に導入するにあたって、次の3つの課題が考えられた。まず1つに、ライジングボラードに係る事故の問題である。海外では、通行許可を持たないドライバーが、ライジングボラードが設置されている道路に違法に進入しようとしてボラードに衝突する事故が生じている。日本への導入にあたっては、たとえ事故の原因がドライバーの過失であっても、道路管理者への管理責任の追及が厳しく、設置主体への負担が大きいと考えられる。第2の課題として、法制度面での整理の必要性があげられる。これまで公道への設置実績がないライジングボラードの導入を検討するにあたって、法制度面の検討が必要であると考えられた。第3の課題は、緊急車両の問題である。公共、民間を含めた緊急車両の通行を確保することが、公道での運用において必須である。これらの課題を検討するため、本研究では、(1)欧州調査、(2)法制度の整理、(3)試作ライジングボラードによる敷地内実験を実施した。次章以降、それぞれの検討結果を述べる。

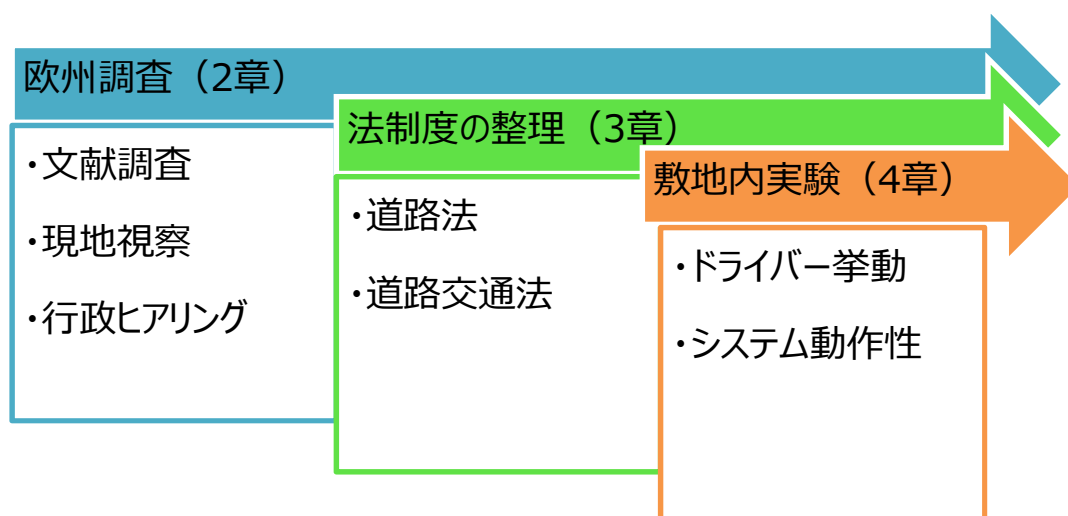


図 1-1 本研究の枠組み

## 2. 欧州調査

既にライジングボラードが普及している欧州の都市について、文献調査を行うとともに、現地視察及び関連する行政組織へのヒアリングを行い、運用上の課題等を整理した。

文献調査の成果としては、英国で発行されているライジングボラードに関するマニュアル、指針を紹介する。

現地視察及びヒアリング調査は2012年9月から10月の間に実施し、対象は英国 ケンブリッジ州、英国 交通省、ドイツ ハンブルク市中区、オランダ デンハーグ市及び CROW (社会基盤や交通等に関する政策、マネジメントを扱う研究所)、オーストリア ザルツブルク市である。また、英国マンチェスター市、フランス ストラスブール市、オランダ デルフト市において現地視察を実施した。

### 2.1. 文献調査

本節では、英国で発行されたライジングボラードに関する3つのマニュアル、指針を紹介する。文献調査をする中で、ライジングボラードに関する研究調査の文献は見つけることはできなかった。これについて、英国交通省へのヒアリングの中で、ライジングボラードは学術研究の対象としては実務的過ぎるためだろう、と語られた。



### 2.1.1. Traffic Advisory Leaflet 「Rising bollards」 (Department for Transport、1997、英国)

この文献<sup>1)</sup>は、英国運輸省が道路におけるライジングボラードの使用にあたっての簡易的なマニュアルとして発行したものである。比較的最近開発されたツールであるライジングボラードに対し、現状の知見からこれ以降に発行されるマニュアルの基礎となるような初期提言として、ライジングボラードを適切に使用するための環境とその手法についての考察が以下の観点から述べられている。

- 法的観点
- 設備認可
- 計画の考え方
- 視認性
- 設置位置
- アクセス
- 管理
- 違反
- 信号標識
- 安全性への考察
- 危険評価
- 安全性の問題
- 故障
- モニタリング

## 2.1.2. Performance Specification for Rising Bollards Control Systems (Highways Agency、2005、英国)

本文献<sup>2)</sup>は、英国道路管理局が発行したライジングボラードまたはそれに類似した装置によって、特定のエリアにおける車両のアクセス・コントロールを可能にする製品の重要な必要要件を定めた仕様書となっている。上記の「製品」には、ボラード部分（車両ブロッカー）、車両検知器、交通標識とコントロールシステムを含む。

### 性能の必要要件

- 磁気カード、IC タグ、車両検知器、トランスポンダー  
ボラードを降下させるという操作を行う。
- 車両検知器  
出口の検知点を車両が通過後、ボラードが上がることを確実にするために、ボラードの入口・出口両側とも設置する。
- コントロールシステム  
2つの発光式の外付け標識を以下の通りに作動させるため、出力する。
  - ①ボラードが地下に完全に格納されたときに、緑色の信号表示を点灯する
  - ②ボラードが作動中または高い位置にある場合に、赤色の信号表示を点灯するまた、コントロールシステムは故障を感知した場合、点滅ではなく常に赤いエラー表示を点灯させる。
- インターロック（連動装置）  
コントロールシステムが出力した表示がボラードの状態や互いに矛盾することを防ぐために作動する。

### 作動設定手順

- ① 認可を受けたアクセス要求がされたとき、コントロールシステムはボラードを降下させる。
- ② この作業の間、赤い信号だけ点灯される。
- ③ ボラードが完全に引っ込められると、赤い信号が消え、緑色の信号が点灯される。
- ④ 車両が入口探知器を通過した後、緑の信号が消され、そして再び赤い信号が点く。
- ⑤ 車両が出口探知器を通過した後、ボラードが上昇する。この間に入口探知器がもう一つの車両を検知した場合、赤い信号は点灯したままで、ボラードはすぐにまた地下に格納される。
- ⑥ 上記のようにボラードが上昇している間にアクセスを求める要求が受信されれば、ボラードはすぐに地中に完全な収納位置に戻る。そして、②からの順序を繰り返すことになる。

### 車両信号標識の視覚的性能・色度・配光（光度分布）要件

車両信号標識の色は、基準軸で 40cd の最小光度を持ち、表 2-1 で定められるような赤色と緑色である。また用いられる発光技術が、必要条件を満たすかどうかモニターする必要がある。信号標識の発光領域は直径 100mm で、赤色の信号は垂直で一番高い位置にあり、かつ接近している車両のドライバーの目に一直線に見えるように配列する。

視覚的な色度については、表 2-1 に示す。信号標識による配光（光強度分布）は、少なくとも、表 2-2 で示される最小色値である。

表 2-1 赤色と緑色の色度

Colour	1°		2°		3°		4°	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Red	0.660	0.320	0.680	0.320	0.710	0.290	0.690	0.290
Green	0.009	0.720	0.284	0.520	0.209	0.400	0.028	0.400

表 2-2 配光（光度分布）表

Horizontal \ Vertical	0°	±2.5°	±5.0°	±10.0°	±15.0°	±20.0°
0°	100	75	65	15	1.5	<1.5
±1.5°	95	90	-	-	-	<1.5
±3.0°	70	-	45	-	-	<1.5
±5.0°	40	-	-	10	-	<1.5
±10.0°	6	-	-	-	5	<1.5
±15.0°	1.5	-	-	-	-	<1.5

#### 注記：

1. 信号標識の光度の 4 角度分布は、水平方向角 0° と垂直方向角 0°（基準軸）上での測定値をパーセンテージで表した最小光度を基準として定めるものとする
2. 『 - 』は規定値として示されなかった。しかし、点灯パターン of 測定域では十分に均一といえた。すなわち、各々のテストポイントでの各々の方向角の光度は、連続的な測定によって達成されるレベルを少なくとも満足する。

## 故障時の要件

- モニター機能

動作不良などの故障の検知、報告ができるように、信号とボラードの動作をモニターする機能を付ける。

以下の故障状況の発生に備え、連続的にモニターする。

- ① メイン装置の故障
- ② 要求信号検知装置の故障
- ③ 緑色の信号時にボラードが上昇するといった誤作動の検知
- ④ 入口・出口での誤検知
- ⑤ 赤信号の故障

## 故障時の動作

上記の故障状況のどの場合でも、システムはボラードをすぐに地中に完全に格納する位置まで降下させ、信号表示を消す。②~⑤の故障が起きた場合、故障を示す信号が点灯する。

故障が発生すると出力がラッチされるため（電力供給が途切れた場合でも）、通常の活動を再開するために、現場での手動リセット作業を必要とする。

## 配電分野

すべての設備は 230V（実効値、50Hz 供給）で正常に作動し、コントロールシステムに接続している信号の作動は超低電圧で可能である。

また、すべての回路の配線、終端、接地、標識化は「BS 7671」に従うものとする。コントロールシステムで感知されている主電源本線の故障（この場合 0.8 秒以上の故障でなければならない）が生じた場合、システムは故障時の動作に記載されているように、強制的にシャットダウンする。

### 2.1.3. RISING BOLLARDSYSTEMS DESIGN、USE AND OPERATIONAL GUIDE (LARBUG、英国)

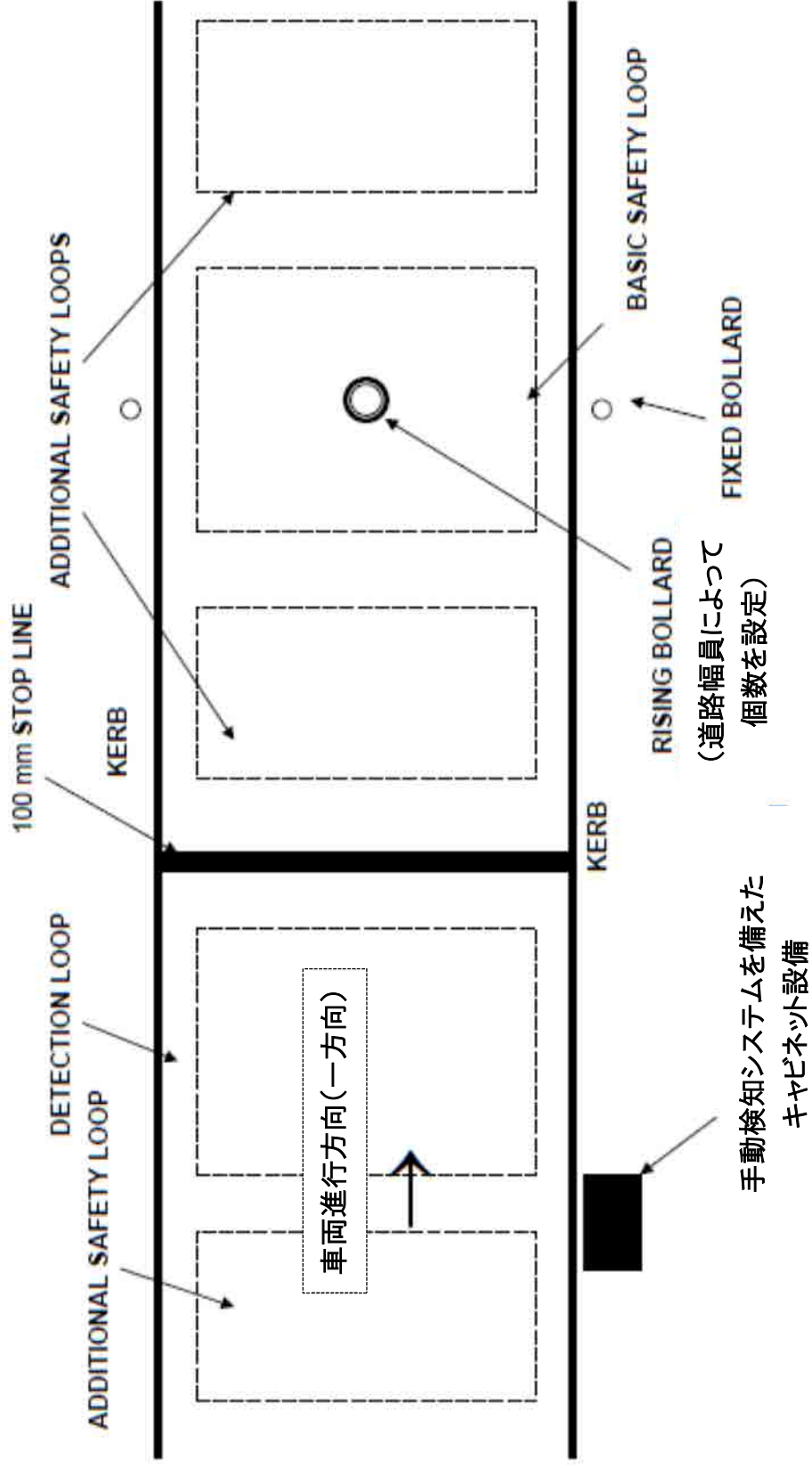
この文献<sup>3)</sup>は、ボラードシステムメーカーとの連携によるライジングボラード・システムに関する知識、経験の共有、および改良設計・手法の開発を目的とした道路管理者のためのフォーラム、地方自治体におけるライジングボラード・ユーザー・グループ(LARBUG)が発行したマニュアルである。

このマニュアルは、「Traffic Advisory Leaflet、Rising Bollard (Department for Transport、1997)」で与えられた初期の提言に基礎を置き、運用上および設計結果を調査し、ライジングボラード・システム応用の例を示すことを目的としている。

#### 基本的な設計レイアウト

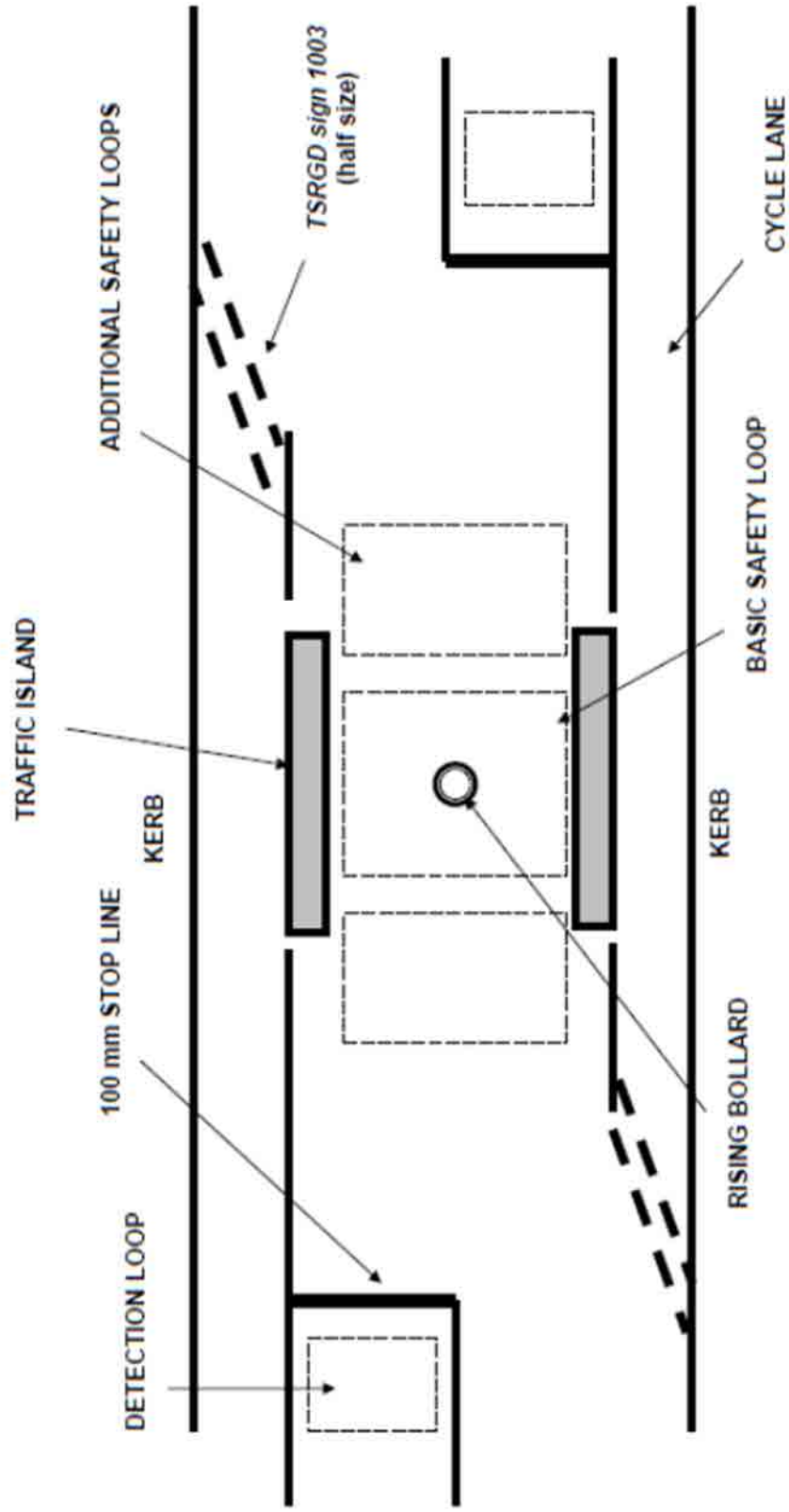
- LAYOUT NO.1 は、一方向の自動と手動検知システムの両方を搭載したライジングボラード・システムの代表的なレイアウトを示している。
- LAYOUT NO.2 は、相互通行の道路における、ボラード・ポイントが一車線型の自動検知システムを搭載したボラード・システムの代表的なレイアウトを示している。
- LAYOUT NO.3 は、相互通行の道路におけるボラード・ポイントが二車線型の自動検知システムを搭載したボラード・システムの代表的なレイアウトを示している。

# LAYOUT No. 1: 自動+手動検知システム搭載配置(一方向) manually operable



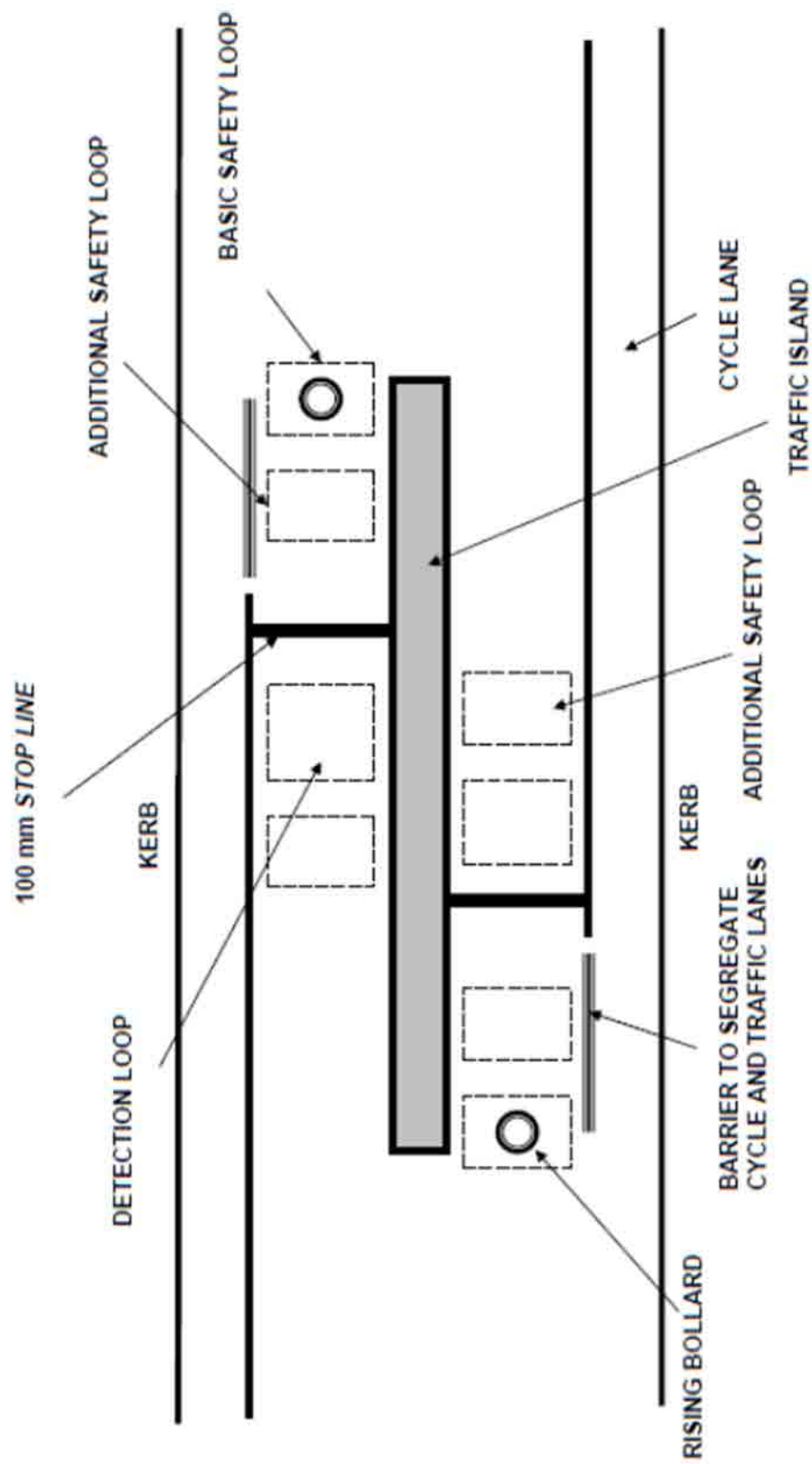
NOT TO SCALE

LAYOUT No. 2: 一車線型自動検知システム搭載配置(双方向)  
 using a single t



NOT TO SCALE

LAYOUT No. 3: 二車線型自動検知システム搭載配置(双方向)  
with a traffic lar



NOT TO SCALE



## サイト・スタディ

ヨーロッパにおけるライジングボラード導入事例を以下のサイト・スタディに示している。

### 歩行者専用化エリア

早い段階でのボラード・システムが導入されたものの多くは、歩行者用にされた通り、ゾーンあるいは他の同様の交通制限区域でのアクセス制限を強化するための導入であった。最も歩行者利用の多い時間帯のアクセス・コントロールに有効なものとして、多くのボラード・システムが、一日および週の一部の時間を制御するために作動する。

➤ サイト・スタディ 1~3 を参照

### バス・ゲート

多くの道路管理者が自動車依存からの脱却を図る方法として公共交通機関への移行を促進しており、バス・ゲートはライジングボラードによる規制の実施としてますます一般的なものとなっている。

多くの場所において、バスと同様にタクシーのアクセスも許可している。また認可された車両の数は一般的にとっても多い。以前はすべての交通に使用が許可されていたルートでライジングボラードを導入した場合、追従車の通行 (tailgating) は初期段階では特に問題となっている。また、明瞭な標識・信号はこれらの道路環境では重要なものとなる。

➤ サイト・スタディ 4~6 を参照

### 渋滞制御のための通行止め

多くの町および都市において渋滞が起こっていることから、ドライバーは、渋滞による遅れを避けるために抜け道などの経路変更を考える。ライジングボラードは、ピーク時の抜け道道路での車両アクセスをコントロールするために使用できる。通常、ピーク時間帯から外れているときや、通過交通が特に問題にならない場合には、地元住民の不便、店および商業への影響に配慮して、ライジングボラードの電源は切っておくことが可能である。地方自治体が渋滞を防ぐために道路使用に課税をすることを許可するような法制定の動きも現在ある。ライジングボラードは、このような渋滞課金制度の装置としても利用することができる。

➤ サイト・スタディ 7、8 を参照

サイト・スタディ 1 Cambridge shire County Council

ロケーション	ケンブリッジの歴史的な中心市街地の 歩行者用ゾーン
システム詳細	ボラード・システムが St. John's Street および上院議事堂 に設置された。 【St. John's Street】一方通行道路における 2 段階表示信号を備えたトラン スポンダあるいはカーリーダーによって作動する一対のボラード・システムか ら成り、歩行者ゾーンの入口部に設置。 【上院議事堂】2 段階表示信号を備えたトランスポンダあるいはカードリーダ ーによって作動する1つのボラード・システムから成り、許可車両のための出 口点として利用。
運転期間	【St. John's Street】10:00～16:00、月～土 【上院議事堂】同上
交通規制令	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 緊急車両と許可車両を除く 10:00～16:00、(月)～(土)で禁止されて いる自動車のアクセス制限、</li> <li>● バス・タクシー・認可された身体障害者に関連する車両を除く 8:30～ 10:00 と 16:00～18:30、(月)～(土)で禁止された自動車のアクセス 制限。</li> </ul>
認可された 利用者	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 身体障害関連車両 250 台</li> <li>● 大学関係車両 40 台</li> <li>● セキュリティ・郵便・配達車両 15 台</li> <li>● 居住者車両:4 台</li> <li>● 無料シャトルバス:1 台</li> </ul>
運用開始日	1992 年 8 月
交通標識	【St. John's Street】歩行者ゾーン標識、警告標識、ライジングボラード標識 【上院議事堂】同上
CCTV	専用カメラによってカバーしていないが、既存の中心市街地セキュリテ ィ・システムによってモニターすることは可能。
点検	City Centre Access Team による毎日の点検
メンテナンス	ボラード・メーカーと提携し、最小でも年間 85%の稼働を保障するようにして いる。

サイト・スタディ 2 Stockport Metropolitan Borough Council

ロケーション	Stockport の Bridge Street / Great Under bank
システム詳細	2 個のボラード・システムを区域の両端に設置。 2 段階表示信号を備えたカードリーダーによって作動する一対のボラード・システムから成る
運転期間	終日
交通規制令	緊急車両、メンテナンス車両、許可車両を除く自動車のアクセス制限 10:30~16:00
認可された利用者	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 道路メンテナンス車両(カードリーダー)</li> <li>● 警察車両(トランスポンダ・カードリーダー)</li> <li>● 消防車(カードリーダー)</li> <li>● 救急車(暗証番号入力)</li> <li>● アクセスカードをデポジット形式で発行</li> <li>● 歩行者専用時間外はボラードは全ての車両の出入りを許す</li> </ul>
運用開始日	2002 年 3 月
交通標識	歩行者ゾーン標識、Traffic Advisory Leaflet に基づく警告と情報提供信号
CCTV	専用カメラによってカバーしていないが、既存の中心市街地セキュリティー・システムによってモニターすることは可能。 査察においては専用カメラが必要としている。
点検	町民監視員と Council Direct Services スタッフ
メンテナンス	初期対応: ATG Access(システム開発業者)から訓練を受けた Stockport Direct Service (Direct Labor Organization)のスタッフが対応する。 2 次対応: ATG Access

サイト・スタディ 3 Calder dale Metropolitan Borough Council

ロケーション	ハリファックス・タウン・センター:保全地区歩行者専用の商店街 2001年に Heritage Lottery Fund から援助を受けた 100 万ポンドの道路改良事業を行った。
システム詳細	区域の入口と出口に 6 個のボラード・システム;5 対ボラードと 3 個 1 組のボラードを 1 か所を設置。 通信機能を持った CCTV オペレーションによってアクセスを管理。 ボラードは 6 箇所それぞれに CCTV オペレーターが通信することで遠隔操作される。 スワープカード(装備しているが CCTV の成功により使用されていない)、バックアップ手段としての補助的手動操作キーパッド
運用期間	9:30~10:00 は清掃業者の車は許可。退出は全ての車が可能。 10:00~16:00 は許可車両のみ 16:00 にボラードは降下する。
交通規制令	許可車両を除く車両の進入禁止 荷物の積み下ろしは毎日 16:00~翌 9:30 駐車禁止
認可された利用者	10:00~16:00 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 緊急車両</li> <li>● ごみ収集車</li> <li>● 特定の配送業者</li> <li>● 地区内に駐車場がある人の緊急の退出</li> <li>● 店修理のためなどの業者</li> <li>● 警察によって認可が下りた車両</li> </ul>
運用開始日	2002 年 3 月
交通標識	歩行者ゾーン標識、ライジングボラード警告標識
CCTV	6 つのサイトをすべてカバーして使用される 3 つの中心市街地セキュリティーカメラ、 ボラード・システムを運用するために、CCTV 運営会社に追加の費用を支払っている。
点検	行政職員による 2 週間に 1 度の点検、CCTV オペレーターからの主な不具合、出来事の報告。 駐車監視員が手動での不具合対応を助けている。
メンテナンス	メーカーと契約:年中 24 時間の修理対応

サイト・スタディ 4 Cambridge shire County Council

ロケーション	Emmanuel Road、Cambridge
システム詳細	<p>北方向のレーンに 1 つのライジングボラード、南方向のレーンに 1 つのライジングボラードを備えた相互通行車線。</p> <p>両方のレーンともトランスポンダによる運行。</p> <p>各方向に自転車レーンを配備。</p> <p>ボラード・システムは、南方向のレーンのボラードに近接する押しボタン式横断歩道信号のシステムとのリンクしている。</p> <p>南方向のレーンのボラードが降下したときには歩行者用信号も連動して、青にはならないように設定。</p> <p>南方向のレーンのボラードは、歩行者信号が青の時には降下しない</p>
運転期間	終日
交通規制令	<p>許可車両を除く自動車の終日通行禁止</p> <p>自転車は自転車レーン以外走行禁止</p>
認可された利用者	<p>バス 250 台</p> <p>タクシー 195 台</p> <p>個人のハイヤー 400 台</p>
運用開始日	1999 年 8 月
交通標識	<p>進入禁止標識、警告標識、ライジングボラード標識(補助)</p> <p>手前に、通り抜け禁止標識、警告標識、ライジングボラード標識(補助)</p>
CCTV	各レーンを記録するカメラは通りのキャビネットにあるレコーダーに接続していて、24 時間撮影している。テープは 1 日おきに交換。
点検	City Centre Access Team による毎日の点検
メンテナンス	ボラード・メーカーと提携し、最小でも年間 85% の稼働を保障するようにしている。

サイト・スタディ 5 Cheshire County Council

ロケーション	中心市街地のバス・ゲート、Frodsham Street、Chester。
システム詳細	1 つの VP700 ボラード・システムを Frodsham Street に設置 利用頻度の高いバス・レーンにおいてトランスポンダと電子タグにより 作動し、2 つ 1 組のボラードから成る
運転期間	恒久的な運用
交通規制令	緊急車両、清掃車、許可車両を除く自動車の終日の通行禁止
認可された 利用者	チェスター市から認可を受けたタクシー、地元バスと自転車
運用開始日	2002 年 11 月
交通標識	バス、自転車、タクシーを示す標識、「ONLY」の標識 DfT による白黒の警告標識
CCTV	専用カメラによってカバーしていないが、既存の中心市街地セキュ リティー・システムによってモニターすることは可能。
点検	不具合の報告により CCC が点検
メンテナンス	次営業日の対応を約束した、メーカーとの 3 年契約

サイト・スタディ 6 Buckinghamshire County Council

ロケーション	Church Street、High Wycombe
システム詳細	Church Street バス・ゲートに 4 つのボラード・システムの設置 2 方向バス・ゲートにおける、2 段階表示信号を備えたトランスポンダ によって作動する二組のボラード・システムから成る 専用 CCTV カメラを使用して、CCTV 管制室を経由して手動で操作す ることが可能。 バスの Pedestrian Sensitive ゾーン(歩行者専用ゾーンではない)へ の出入りにのみ利用される。 不慮にゾーンに入ってしまった車の退出は常時可能
運転期間	終日、毎日
交通規制令	バス、緊急車両以外の車両のアクセス制限
認可された 利用者	バス・緊急車両
運用開始日	1999 年 9 月
交通標識	「バスを除く」という補足表示を備えた、進入禁止標識
CCTV	専用カメラおよび中心市街地用カメラ
点検	Area Technician による毎日の点検
メンテナンス	メーカーとのメンテナンス契約

サイト・スタディ 7 Lancashire County Council

ロケーション	Butler Street、 Preston
システム詳細	Butler Street、に一つのボラード・システムの設置 システムは、渋滞検知器が、中心市街地の主要道路 Fishergate に、ショッピングセンターの駐車場の待ち行列が到達したと検知したときに作動するライジングボラードから成る。
運転期間	渋滞検知器が上記のような深刻な渋滞を検知した場合の全てのとき。 一旦ボラードが上昇すると、最小 1 時間上がったままになる。
交通規制令	Fishergate センターの駐車場に入ろうとして Butler Street の南方向車線を走行する車に対して、駐車場がしまっている時には、そのようなことがボラード(Forecourt 駅の南端に設置されている)によって妨げられると定められている。 ボラードが上げられているときは、満車の駐車場へのアクセスを制御するため進入禁止標識が表示される。
認可された利用者	緊急車両のみ
運用開始日	2002 年 1 月
交通標識	【Butler Street】普段は見えないように用意された進入禁止標識 (TSRGD sign 616)、警告標識 (TSRGD 562)、ライジングボラード標識 【Fishergate】「CLOSED」を表示する LED の VMS 標識 【Corporation Street】「CLOSED」を表示する LED の VMS 標識
CCTV	ボラードと Butler Street の両方をモニタリングしている 2 つの CCTV、Fishergate ショッピングセンターと Lancashire County Council の UTC 管制室のモニタリングシステム、自動記録装置
点検	Lancashire County Council technicians による月一回の点検
メンテナンス	交通信号メンテナンス業者との契約



## Butler Street 運用メモ

ボラードは Fishergate センターの安全スタッフによって手動で操作されている。CCTV モニターが Fishergate センター管制室に配備されている。センターには音声警告システムと警告照明も設置されている。

1. Butler Street の最初の渋滞検知器” A” が作動すると、センター内に黄色照明が点灯し、スタッフに道路の状況を伝える。
  - この検知器の結果は、CCTV に検知器とボラードの様子を含む Butler Street の状況の記録を開始させる。モニタリングシステムは UTMC コントロールセンター Winckley House に収容されている。
  - CCTV モニターは Fishergate センター管制室で常に稼動している。
2. 渋滞がさらに深刻になると、次の渋滞検知器” B” が作動し、Fishergate センターで音声警告システムが作動すると共に赤色の照明が点灯する。  
音声警告はボタン操作で停止することができる。

渋滞検知器” B” の作動は自動的に以下の手続きを作動させる。

- Corporation Street と Fishergate に設置された可変表示機（VMS）に表示された凡例が、Butler Street の入り口について「CLOSED」となる。
- 普段見えないようになっている標識の下の部分にボラードの警告シンボルが表示される。

この段階でボラードは、ボラードキャビネットのドアを開け、AUTO/DOWN UP スイッチを UP の位置にすることで、手動で上昇させられるべきである。このスイッチは、ボラードが上昇した段階で自動的に中央になる。ボラードは黄色、赤色照明が点灯している間だけ作動する。

3. ボラードが作動すると、ボラード近くの交通指示器（赤、緑、100mm レンズ）が緑から赤に変わり、同時に wig-wag 信号が点灯する。さらに、隠れた標識の上半分には進入禁止標識が表示される。
  - 進入禁止標識が表示される、信号の表示が変わるまでなどに、短時間の遅れがある。
  - ライジングボラードが上昇しているとき、ボラードに接近する歩行者に警告するため音が鳴る。

4. ボラードは最低 1 時間上がったままになっている。
5. ボラードは 1 時間経過すると自動で降下し、可変表示機や隠れた標識は、ボラードが未作動のときの状態に戻る。
6. **Fishergate** センターと中心市街駐車場には、推奨経路を表示した固定看板がある。
7. 不具合のモニタリングのため、ボラード・システム、渋滞検知器、隠れる標識、VMS は、**BT Line** とシーメンスのモニタリングシステムを利用して **Winckley House** の **UTMC** 管制室と接続されている。こうして現地の装置の全ての様子が記録されている。

**Fishergate** センターで最初に緊急状況が知らされた場合、ボラード（そのとき上がっている状態であれば、下げられる）はその出来事が終わるまで降下させられる。

緊急対応：あらゆる緊急事態の際、ボラードキャビネットの中の赤い緊急ボタンを押すことができる。これでボラードは即座に降下する。セキュリティスタッフにはこの操作を行うための 2 つの鍵が用意されている。

サイト・スタディ 8 Durham County Council

ロケーション	Durham City Road User 有料計画、Historic Peninsula
システム詳細	Saddler Street の車道の Durham Market Place 入口部に一つのライジングボラードを設置。 車道の中央部で作動している、2 ポンドの料金徴収を求める料金装置がボラードとリンクしている。
運転期間	10:00~16:00、月~土
交通規制令	交通法 2000 に規定された道路使用における料金徴収規則 進入禁止 Market Place および Saddle Street における荷捌き、路上駐車規制
認可された利用者	シャトルバス 2 路線 料金徴収エリアの居住者 トランスポンダと免除カードを持っている人 Durham 大聖堂に務めている人 Durham 大学に務めている人 障害があり免除カードを持っている人 配送車 Telguard Intercom システムを介して NCP パーキングオフィスと関わりのある人
運用開始日	2002 年 10 月 1 日
交通標識	道路使用料金発生を知らせる標識、警告標識、ライジングボラード標識、特別な認可標識、
CCTV	3 台のカメラ 1. ボラードの位置を観察するカメラ 2. ボラード手前を観察するカメラ 3. コントロールゾーンへの入口に近接した場所の観察をするカメラ
点検	毎日 10:00、12:00、16:00
メンテナンス	NCP との契約による。 契約者による最良のメンテナンス

## 2.2. 視察調査

本節では、視察及びヒアリング調査の結果についてまとめる。

### 2.2.1. 各都市の概況

#### (1) 英国ケンブリッジ州

1987年、歴史的な中心市街地で自動車交通を減らすため、ライジングボラードを導入した。ライジングボラードの導入に関しては、イギリス国内でも、ケンブリッジ州が先駆的であり、初の事例と考えられる。歴史的な中心市街地はトランジットモールとなっている。



図 2-1 ケンブリッジ州のライジングボラードの様子

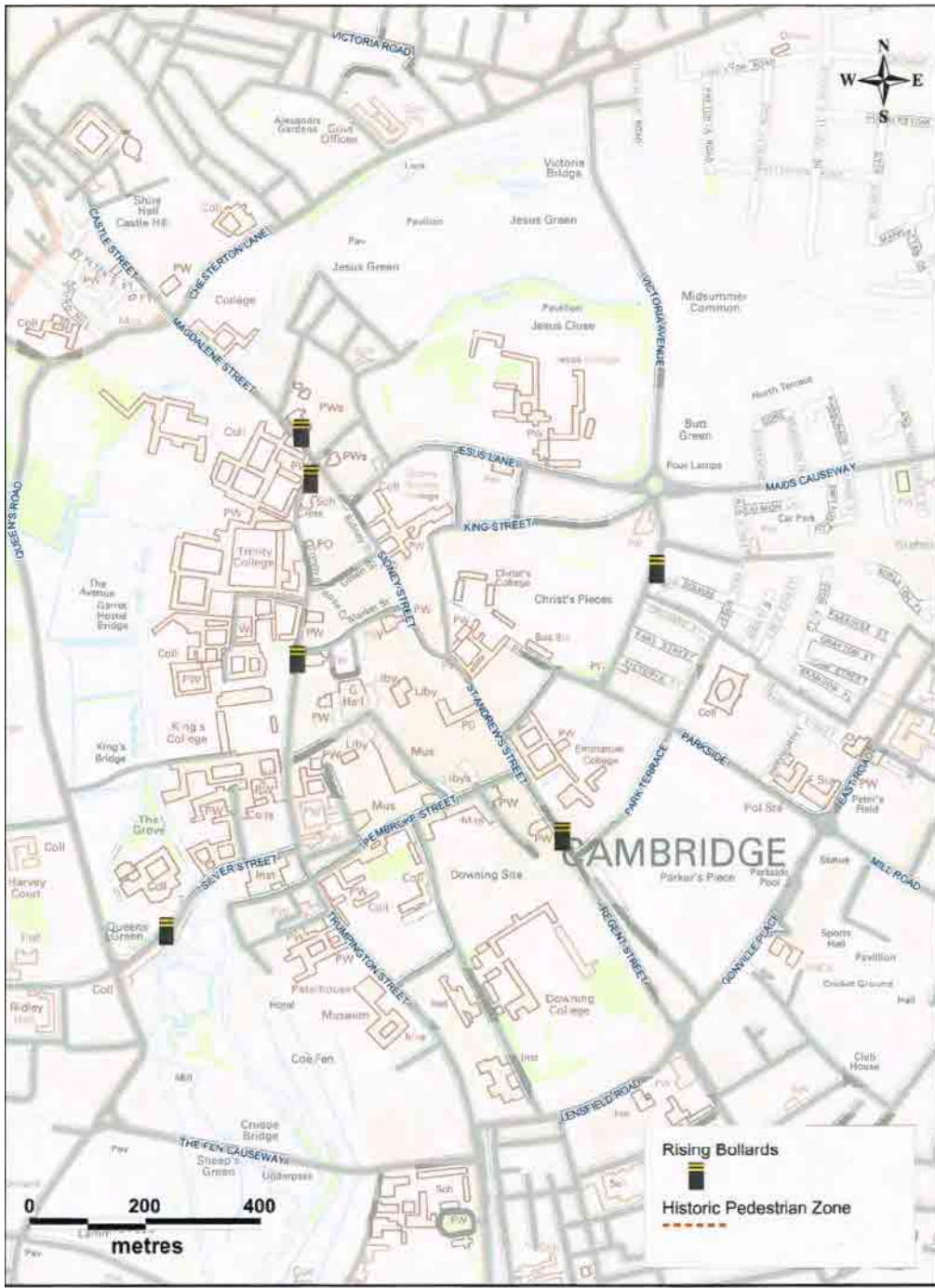


図 2-2 ケンブリッジ州のライジングボラード位置図 (ケンブリッジ州提供)

## (2) ドイツ ハンブルク市中区

ハンブルク市中区には、ハンブルク市の中心市街地がある。中心市街地で街区の改良を行って空間の質を上げる事業が行われており、その中で車の進入を禁止する施策を実施した駅前広場など、4箇所にはライジングボラードを導入している。

ハンブルク市は州と同じ扱いとなっているため、ハンブルク市中区は市と同じ扱いとなっており、他の市と同様に道路計画を行う権限を持っている。



図 2-3 ハンブルク市中区のライジングボラードの様子



図 2-4 ハンブルク市中区のライジングボラードの様子

### (3) オランダ デンハーグ市

デンハーグ市では、中心市街地の再整備を行った際にライジングボラードを導入している。中心市街地は路面電車が走るトランジットモールとなっている。路面電車が通行する場所では、事業者からの要望で、硬いライジングボラードの代わりに柔らかい自動ゲートが設置されている。



図 2-5 デンハーグ市のライジングボラードとやわらかい自動ゲート



図 2-6 デンハーグ市のライジングボラードの様子

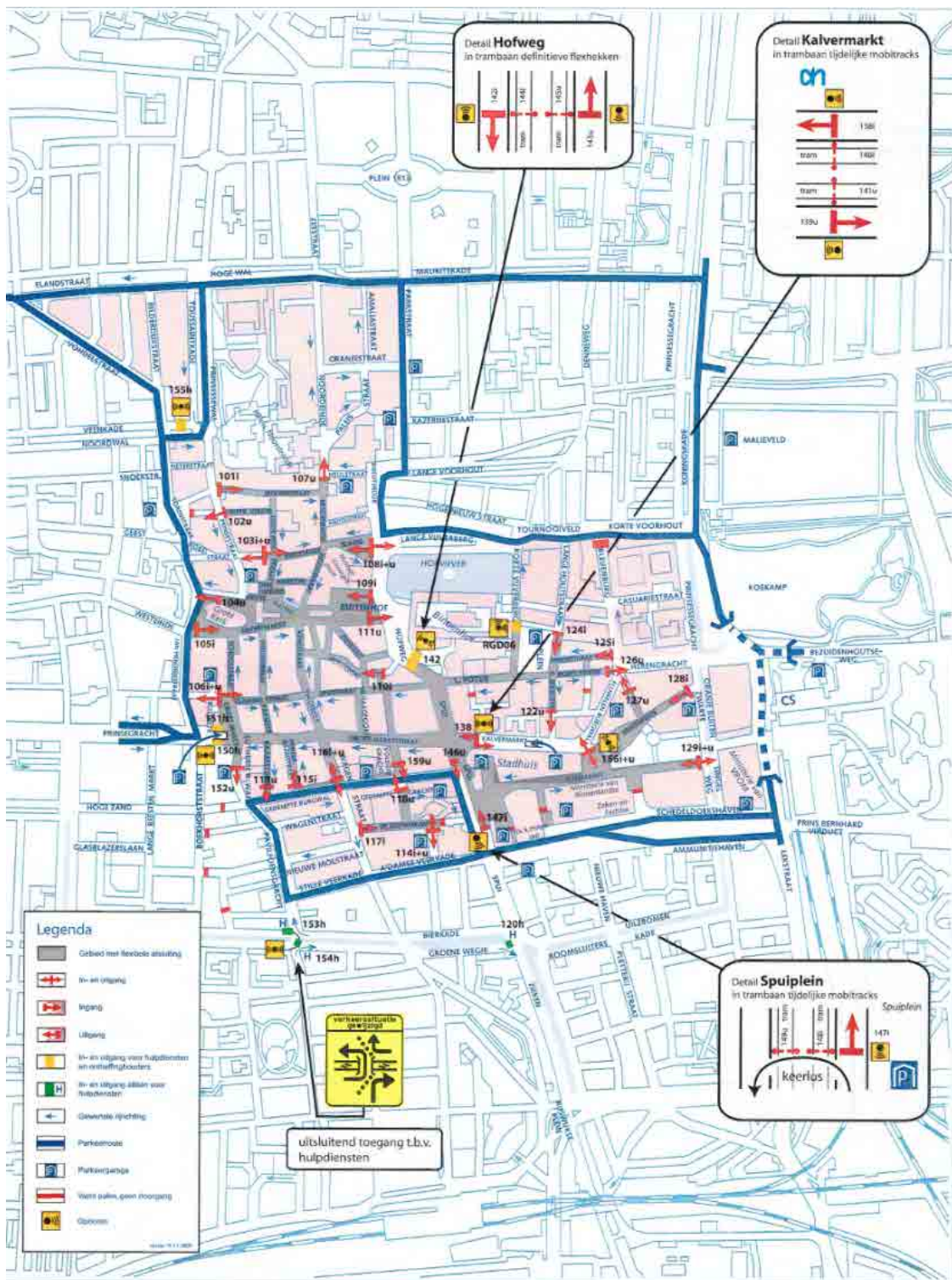


図 2-7 デンハーグ市中心市街地の地図：赤色矢印の箇所にライジングボラードが設置されている（デンハーグ市提供）



#### (4) オーストリア ザルツブルク市

歴史的な中心市街地において、2010年に以前からあった歩行者ゾーンを良くするためにライジングボラードを導入した。ライジングボラードの導入前は、進入を許可されていない車が多く入って来ており、迷惑駐車も多く行われていた。世界遺産にもなっている地区のため、歴史的な景観に配慮して、カードリーダーが必要なICカードではなくリモコン操作にすることで、道路上の設備を少なくしている。



図 2-8 ザルツブルク市のライジングボラードの様子

#### (5) フランス ストラスブール市

ストラスブール市では、都心への車の流入を制限する政策をとっており、歴史的な中心市街地の歩行者ゾーンにライジングボラードが設置されている。また、小学校の前にもライジングボラードが設置されており、通学時間帯の児童の安全を守っている。

図 2-11 はストラスブール市の歴史的な中心市街地のライジングボラードの位置図である。歩行者ゾーンを取り囲むようにライジングボラードが設置されている。ライジングボラードが設置されていない箇所では、段差や固定式ボラードで歩行者ゾーンとの境界を設けている場合もある。



図 2-9 ストラスブール市の小学校前のライジングボラード



図 2-10 ストラスブール市のライジングボラードの様子



図 2-11 ストラスブール市ライジングボラード位置図 (Google マップに加工)

(6) 英国マンチェスター市

中心市街地をトランジットモールとし、ライジングボラードを導入している。鉄道駅から中心市街地をめぐるバスシステムが充実している。



図 2-12 マンチェスター市のライジングボラードの様子

## (7) オランダ デルフト市

デルフト市では、中心市街地で低交通エリアを設定し、ライジングボラードを導入している。



図 2-13 デルフト市のライジングボラードの様子



図 2-14 デルフト市中心市街地地図 (出典：Pollers in de binnenstad、デルフト市)

### 2.2.3. ヒアリング調査結果

#### (1) 法的位置付け

ライジングボラードを運用するにあたっての、法的位置付けについて伺った（表 2-3）。回答が得られたどの地域においても、ライジングボラードのために特別な法律の制定は必要なかったということである。その理由としては、交通に関する法律の中に、車両の通行を規制するための物理デバイス（固定式ボラードや、手動で倒すボラードなど）の利用が認められており、ライジングボラードのその一つとして認められるというものであった。

表 2-3 各国におけるライジングボラードの法的位置付け

組織	回答内容
英国交通省	道路交通規制法「RTRA1984」において、車の通行を規制する規則のために、自治体にライジングボラードのような障害物（門など）を使用することを許可している（ライジングボラードのために法律を変える必要はなかった）。
ハンブルク市中区	ライジングボラードのための特別な法律はない。 歩行者ゾーンには、昔から固定式や倒れるボラードがあり、それが自動化したにすぎない。
ザルツブルク市	道路交通規則に、自動車を誘導する物理的なものの設置が認められている。これには例えば、ガードレールや遮断機が当てはまり、ライジングボラードもこの中の一つである

## (2) 通行許可者

ライジングボラード設置個所での通行許可者の考え方について伺った（表 2-4）。警察や緊急車両といった公的車両以外の許可者については、各地域の事情に合わせて様々な設定がなされていることが分かった。

ケンブリッジ州では、ライジングボラードを通過できるのは路線バス、及びタクシーのみであり、完全なトランジットモールを形成している。ハンブルク市中区では、沿道居住者や店舗、車庫を持つ人など、車の出入りが必要な人には通行が認められている。ザルツブルク市では、沿道居住者であっても、車両通行規制区域外に駐車場を確保できる場合には、通行を許可していない。一方で、アイスや腐りやすいものなど、配送時間が限られる者を扱う配送業者には許可を与えるといったことがなされている。

表 2-4 各国におけるライジングボラードの通行許可者

組織	回答内容
ケンブリッジ州	路線バス、タクシー、消防車・救急車・警察
ハンブルク市中区	沿道居住者、域内に車庫や店舗があり車の出入りが必要な人、その他それなりの理由をもつ人
デンハーグ市、 CROW	自分の駐車場を持たない住民（18:00～21:00）
ザルツブルク市	第 1 居住者登録が市内にあり、歩行者ゾーン外に駐車場を確保できない居住者。 配達時間が限られるもの（アイス、腐りやすいものなど）の配送業者（14:00～16:00 のみ）。 いずれも、アクセスする道路直近のライジングボラードのみ降下できるリモコンを配布

### (3) 通行方法

ライジングボラード設置個所の通行方法について伺った（表 2-5）。通行方法についても、各地域の事情に合わせて様々な方式がとられていることが分かった。さらに、どの地域においても、複数の通行方法を備えていることも分かった。

ケンブリッジ州では、通過する車両が公的車両と公共交通のみであるが、それらの車両はトランスポンダー（路車間通信機）を備えており、運転手の操作なしでライジングボラードを降下させている。デンハーグ市では、公的車両はトランスポンダーを備えており、その他一般の車両は IC カードを利用している。新式のライジングボラードとして、車両のナンバープレートを読み取る方式のシステムも導入している。ザルツブルク市では、リモコンが利用されている。IC カード方式ではカードの読み取り施設の設置が必要であることから、景観に配慮してそのような施設の必要がないリモコンを採用したそうである。リモコンには2種類あり、一般の車両は「下げる機能」しか持たないリモコンを配布され、車両通過後は自動でライジングボラードが上昇する。もう1種類は「下げたままにする機能」と「上昇させる機能」を持つリモコンであり、連なって移動する消防車や、車体の長い馬車に配布されている。

表 2-5 各国におけるライジングボラードの通行方法

組織	回答内容
ケンブリッジ州	トランスポンダー、鍵
ハンブルク市中区	IC カード、鍵（警察、消防車）
デンハーグ市、 CROW	IC カード、トランスポンダー（公共緊急車両） ナンバープレートを読取る新式も導入した。 緊急車両は IC カードも所有している。 荷捌き可能時間帯は全ての車に対して自動でライジングボラードが降下する（全ての車両にカード配布は不可のため）。
ザルツブルク市	リモコン、鍵（警察、障害者）、キーパッド 景観に配慮して、カード読取施設等が不要な方式を選択した。 消防車は「下げたまま」にできるリモコンを所有している。 リモコンは使用可能日時や利用場所を設定可能である。 今後は貸し借りができない IC タグを検討している。

#### (4) 緊急時への対応

緊急時のための対応について伺った（表 2-6）。いずれの地域も、複数の方法により緊急の車両の通行に備えていることが分かった。

警察等、公共緊急車両は、IC カード等の電子的な鍵に加えて、物理的な鍵を持っている（ケンブリッジ州、ハンブルク市中区、ザルツブルク市）、中央の管制センターからライジングボラードを遠隔操作できる（ハンブルク市中区、デンハーグ市、ザルツブルク市）、という回答が多く得られた。ザルツブルクでは、国全体で警察が共通の鍵を所有しているということであった。また、電気修理の車等が通行する必要がある場合には、キーパッドでボラードを下げるための一時的な番号を取得できることになっている。これは、昼間であれば市役所、夜間であれば警察に電話で問い合わせることとされている。

表 2-6 各国におけるライジングボラードの緊急時への対応

組織	回答内容
ケンブリッジ州	消防車、救急車、パトカーはトランスポンダーを装備している。いざというときのために、鍵も持っている。 警察と州の領域は一致しているので、他地域からのパトカーは来ない。
ハンブルク 市中 区	警察、消防車は固定を含む全てのボラードに共通の鍵を所有している。警察は中央のセンターから一度にライジングボラードを下げるができる。
デンハーグ市、 CROW	公共緊急車両はトランスポンダーを装備。IC カードも所有。表示してある電話番号に電話すれば管理センターが遠隔操作もできる。三重の予防線を張っている。
ザルツブルク市	オーストリアの警察は全て共通の鍵を所有。 警察と行政部局は、管理センターで一度に全てのライジングボラードを降下させることが可能。 修理の車は、市役所（昼）か警察（夜）に電話してキーパッドの番号を取得する。



#### (5) ICカードやリモコンの忘れ、紛失への対応

通行を許可された一般の車が、ICカードやリモコン等、ライジングボラードを下げるための道具を忘れて、紛失した場合への対応について伺った（表 2-7）。紛失や忘れについては自己責任という考え方で、特に公的に緊急の対応をしてはいない地域（ハンブルク市中区、ザルツブルク市）、電話連絡等により遠隔操作で対応する地域（デンハーグ市）の両方があった。

表 2-7 各国における IC カード等の忘れ、紛失への対応

組織	回答内容
ハンブルク市中区	忘れたり無くしたら、新しいものを発行しないと入れない。自分の家と同じで、鍵がなければ入れない。
デンハーグ市、CROW	緊急対応室から遠隔操作する。
ザルツブルク市	忘れてしまったら、しょうがない。

#### (6) ボラードの設置幅の考え方

ボラードの設置幅の基準について伺った（表 2-8）。いずれの地域でも、自動車が通行できない幅を残して設置することとしている。

表 2-8 各国におけるライジングボラードの設置幅の考え方

組織	回答内容
英国交通省	車椅子や乳母車が通行できるよう、最小幅員を 1.5m とすることを推奨している。
ハンブルク市中区	自動車が通行しないよう、1.5～1.6m とする
デンハーグ市、CROW	ボラード間の間隔は、1.35m とする
ザルツブルク市	自動車が通行しないよう、最大 1.7m とする 小型電気自動車は通行できる幅となっているが、許可を得れば歩行者ゾーンへの進入が許されている。

## (7) 故障について

運用しているライジングボラードの故障について伺った（表 2-9）。故障の原因としては、通行を許可されていない車による衝突事故が多くあげられた。いずれの地域でも、停電時には、ライジングボラードが自動的に降下するように設定されている。また、故障時の修理については、故障連絡から一定時間内に修理に来るようなメンテナンス契約を結んでいる場合もある。

表 2-9 各国におけるライジングボラードの故障

組織	回答内容
ケンブリッジ州	穴を下水につなぐので、大雨での故障はない。停電の場合はライジングボラードが自動で降下。不許可車の追突による故障は、現在 2 ヶ月に 1 度ほどである（当初は週 1 程度であった）。
ハンブルク市中区	地震、大雨、停電はほとんどないので、その故障はない。停電時は自動でライジングボラードが降下する。 故障の一番の原因は車の衝突である。
デンハーグ市、 CROW	水がたまっただまになるとショートする可能性がある。 電源やインターネット回線に障害が起こると自動的に電源が切れる。
ザルツブルク市	豪雨、雪は問題ない。豪雨対策には排水工事をしている。ライジングボラードには融雪機能がついている。地震はない。停電時は自動でライジングボラードが降下する。 業者とは、故障した場合は 45 分以内に現地に来なければならない、という契約を結んでいる。

### 2.3. 欧州調査のまとめ

欧州に関する調査からは、市街地の通行規制を担保するため、各地でライジングボラードが利用されていることが分かった。ライジングボラードの動作方法について、一つのシステムが IC カード、物理的な鍵、遠隔操作等、複数の方式を備えており、緊急の通行方法を確保していることが分かった。また、違法に通行する車の事故による損害は「自己責任」という認識が共通であり、瑕疵の責任を明確にするためカメラ監視が多く行われている。

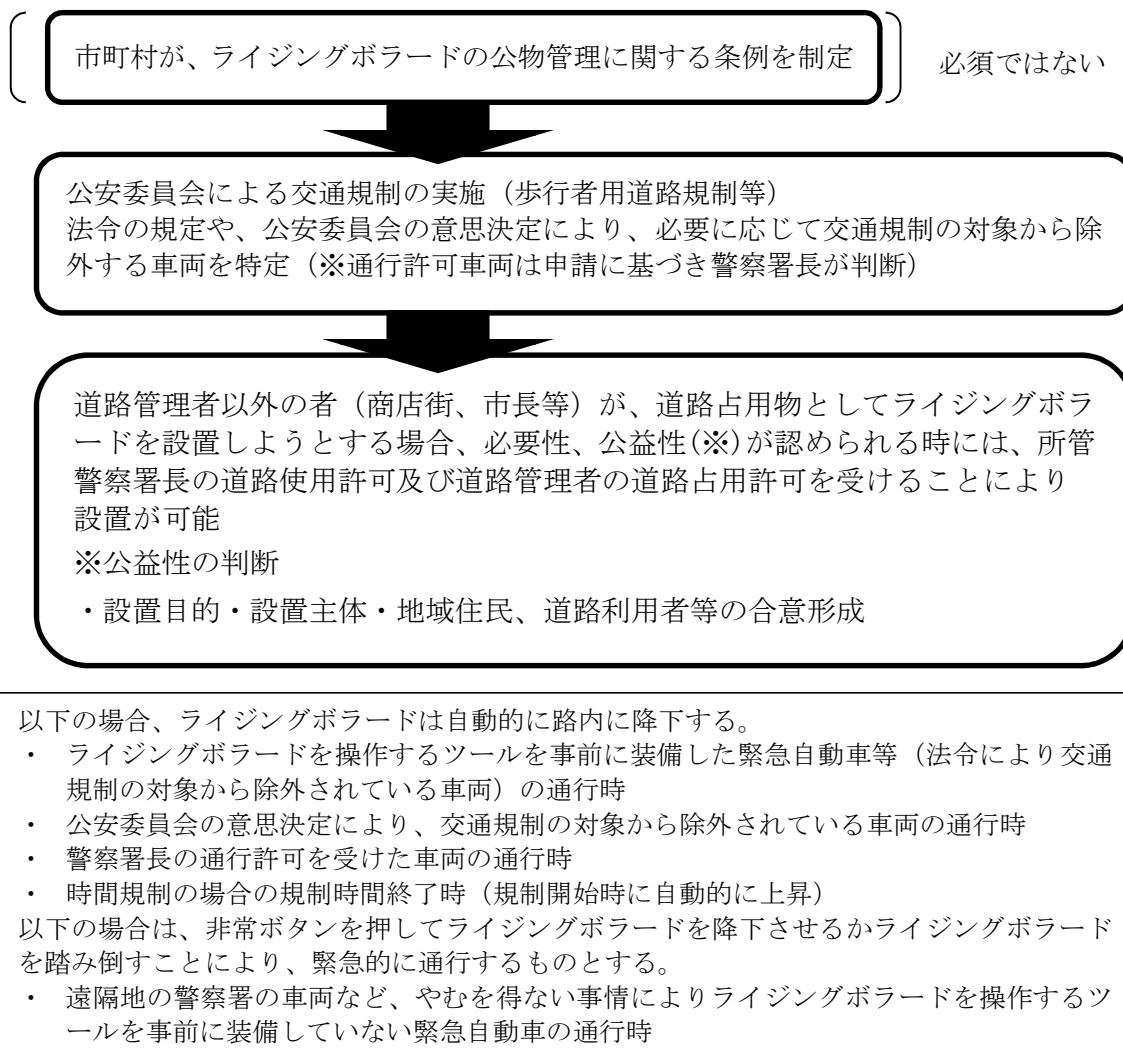
### 2.4. 欧州調査からみられた課題

欧州調査からは、法制度上の課題として、ライジングボラードの位置づけについて、わが国の法律上の取り扱いを明確にする必要があること、運用上の課題としては、違法通行ドライバーによる衝突事故が発生していること、また緊急車両の通行を確保するため、日本への導入にあたっては「ソフトな」ライジングボラードの運用について検討する必要があることが示唆された。

### 3. ライジングボラードの法制度面の検討

わが国の公道にライジングボラードを設置しようとする場合、まず、法制度面から整理することが必要である。車道の中央部付近に設置され、あるときには車止めとなって立ち、またあるときには地面に格納されるライジングボラードは、そもそも法的にはどのように位置づけられるのか、研究会では、ほぼ1年にわたってあらゆる観点からの議論を行った。その結果、少なくとも次の2つのパターンについては、法的にも実務的にも整理が可能という結論に達した。

#### 3.1. パターンⅠ：交通規制に連動させるパターン



まず、歩行者用道路規制等の交通規制に連動させるパターンが考えられる。この場合、公安委員会による交通規制が実施される際に、法令の規定や、公安委員会の意思決定により、必要に応じて交通規制の対象から除外される車両が特定される（通行許可車両については申請に基づき警察署長が判断する）。

そのうえで、道路管理者以外の者（商店街、市長等）が、ライジングボラードを設置しようとする場合は道路占用物として設置を検討することになる。その場合、必要性、公益性が認められる時には、所管警察署長の道路使用許可及び道路管理者の道路占用許可を受けることにより設置が可能となる。なお、公益性の判断としては、設置目的や設置主体が明確で合理性を持つこと、および、地域住民や道路利用者等の合意形成が図られていること、などが考えられる。

以下の場合、ライジングボラードは自動的に路内に降下する。

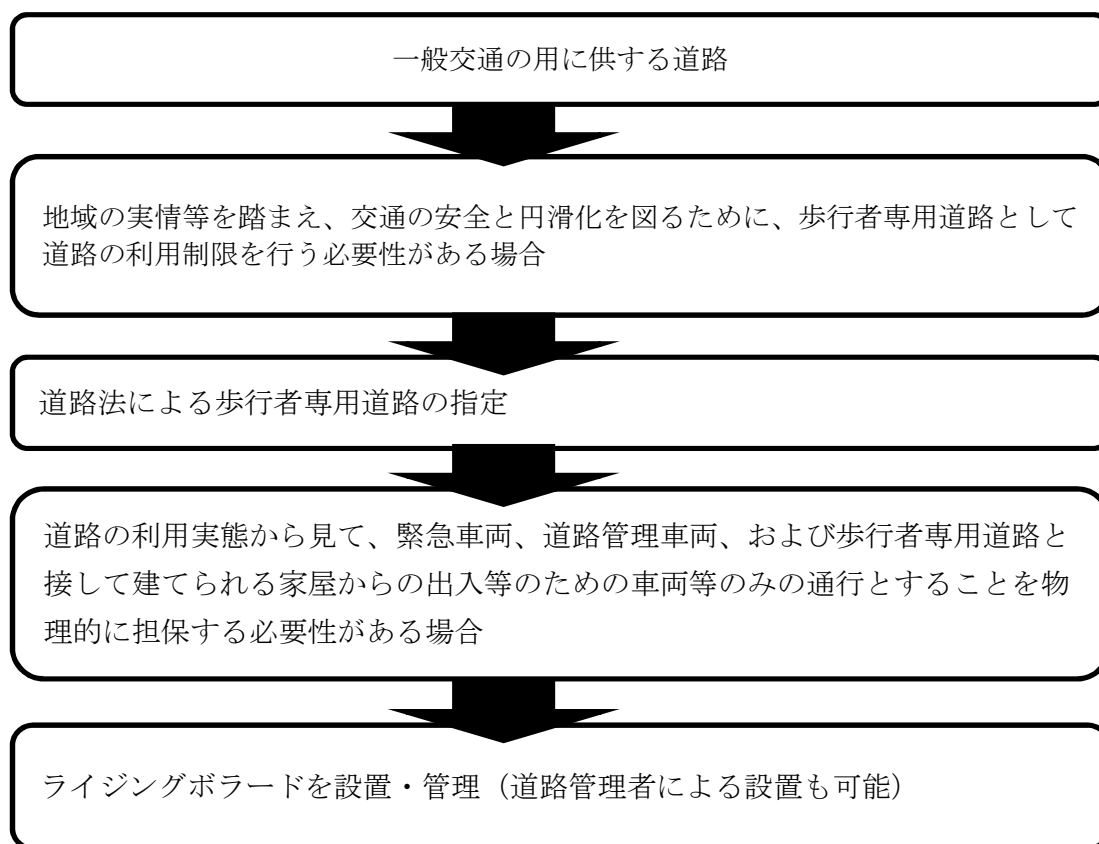
- ・ ライジングボラードを操作するツールを事前に装備した緊急自動車等（法令により交通規制の対象から除外されている車両）の通行時
- ・ 公安委員会の意思決定により、交通規制の対象から除外されている車両の通行時
- ・ 警察署長の通行許可を受けた車両の通行時
- ・ 時間規制の場合の規制時間終了時（規制開始時に自動的に上昇）

以下の場合、非常ボタンを押してライジングボラードを降下させるかライジングボラードを踏み倒すことにより、緊急的に通行するものとする。

- ・ 遠隔地の警察署の車両など、やむを得ない事情によりライジングボラードを操作するツールを事前に装備していない緊急自動車の通行時

なお、ライジングボラードの管理に関連して、市町村が、ライジングボラードの公物管理に関する条例を制定することも想定されるが、必ずしも必須ではない。

### 3.2. パターンⅡ：歩行者専用道路（道路法）に設置するパターン



パターンⅡは、道路法に基づく歩行者専用道路に設置するものである。ただし、歩行者専用道路はそもそも車両の進入を前提とせずに指定されるものであり、ライジングボラードを降下させて通行できる車両は、緊急車両、道路管理車両、および歩行者専用道路と接して建てられる家屋からの出入等のための車両等といったきわめて限定的な車両となる。

このパターンでは、ライジングボラードの設置および管理は道路管理者によるものとすることが可能である。

## 4. 「ソフトライジングボラード」敷地内実験

### 4.1. 実験の背景と位置づけ

本実験では、日本において公道の実用例がないライジングボラードの次年度以降の公道展開を見据え、明らかにしておきたい項目を大学構内において調査することにした。調査項目は以下の通りである。

- ① 作動性：基本的な動作確認
- ② 歩行者・自転車の安全性
- ③ 視認性：自動車運転者からの見え方
- ④ 追従車の適正間隔：違反追従車両が通行を試みた場合の状況確認
- ⑤ 昇降時間の適正時間：運転者の待機時間許容限度
- ⑥ 右左折進入時の挙動
- ⑦ 騒音・振動：エアコンプレッサーの駆動音のレベル調査
- ⑧ 路面標示の有効性
- ⑨ 可倒性・耐久性：緊急車の通行可能性およびその繰り返し

以上の項目を検証する。但し、制約条件として、以下の点がある。

- 大学構内道路での実験であること
- センサー、警告装置類（光、音）は本実験では設置していない

## 4.2. 実験の内容

### 4.2.1. 本実験におけるライジングボラード・システム

本実験で用いるライジングボラードは、欧州で通常用いられている鋼鉄製ボラードによる違反車両の突き上げ事故（写真 4-1）などを問題と捉え、狭さくなどに用いられるゴム製の既製品のボラードを上下動させるような世界でも初めてとなる新たなシステムを採用した。本研究ではこのライジングボラードを用いて実験を行った。

このゴム製ライジングボラードを用いることで、日本導入時に不安視されてきた安全性の問題の解決に大きく前進すると考えられ、既存のボラードを応用していることから夜間の視認性にも問題はないことが考えられる。

2012年12月21日（金）、24日（月）の二日間で構内における設置工事が行われた。

システムは大きく分けて、①ライジングボラード本体、②ボラードを空気を送り込み上昇させるエアークンプレッサー、③溜まった雨水等を排水する排水処理機器、④リモコン操作による上下動の信号をコントロールする制御盤、によって構成されている。



写真 4-1：ボラードによる違反車両の突き上げ事故<sup>4)</sup>

### 4.2.2. 実験概要

構内実験は、埼玉大学 工学部 建設工学科棟前道路において2013年1月10日から2月2日までの24日間実施した。使用したライジングボラードの設置個数は1箇所である。

実験地点は埼玉大学構内建設工学科棟前道路と大学メインストリートとの交差点の建設工学科棟入口部にソフトライジングボラードを設置した地点である。メインストリートに沿う形で歩道と車道の間には植樹帯があり、この植樹帯の中にライジングボラード・システムの遠隔操作信号を受信する制御盤と排水処理機器が設置されている。



また当該道路は幅員が3.8mとなっており、5.5m未満の幅員道路である生活道路を想定とした交差点進入挙動等を調査した。

調査の時間帯については、歩行者と実験車との事故の危険性を考慮し、車両を用いる実験は、平日は人の通行が少ない6:30~8:30の時間帯のみで行った。

表 4-1 : 実験概要

実験場所	: 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学建設工学棟前
期間	: 2013年1月10日(木)~2月5日(火) 27日間

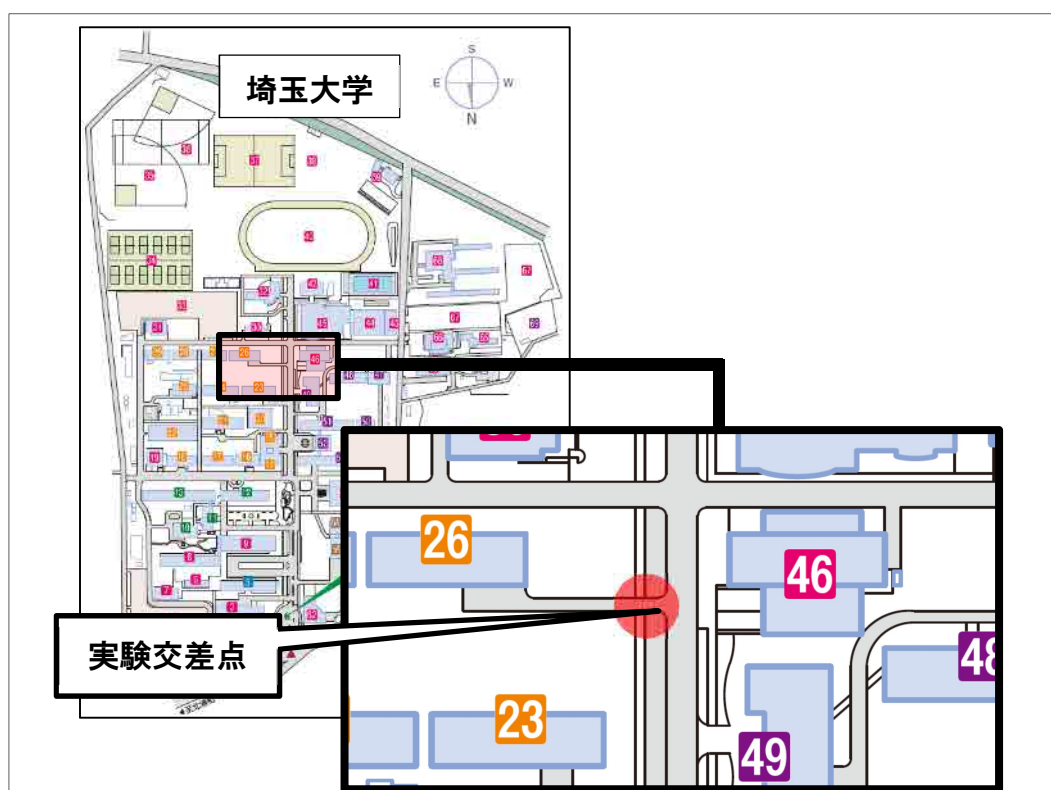


図 4-1 実験交差点位置図

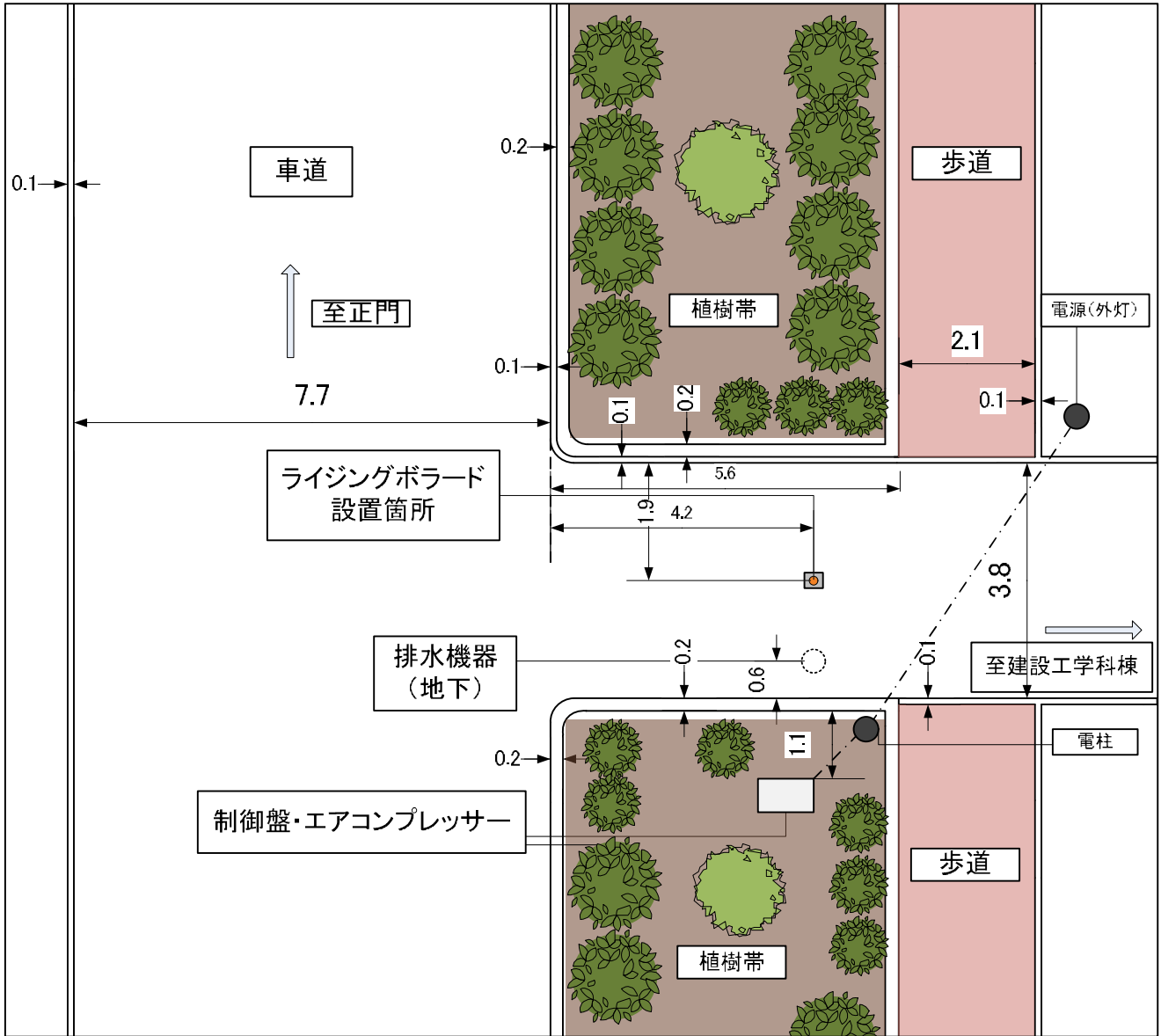


図 4-2 : 実験交差点詳細図

### 4.2.3. 調査項目

構内実験における調査項目を表 4-2、調査実施スケジュールを表 4-3 にまとめる。

表 4-2 調査項目

調査項目	調査内容
作動性調査	ライジングボラードの正常な稼働状況についての調査を行う。
追従車両規制の 適正間隔	違反追従車両の通行規制が適切に行われる車頭時間とボラード上昇タイミングの組み合わせの調査・分析を行う。
右左折挙動調査	交差点進入時の車両挙動を右左折に分けて調査・分析を行う。
適正停止位置調査	ライジングボラードを視認できる停止線の適正位置の調査・分析を行う。
降下時間ストレス調査	ライジングボラードの降下時間でのドライバーのストレスについての調査・分析を行う。
騒音・振動調査	エアコンプレッサーの駆動音に関する騒音・振動レベルの調査・分析を行う。
路面標示の有効性	ライジングボラードの周りにおける路面標示の有無による歩行者等の歩行の様子を比較を行う。
可倒性	ソフトライジングボラードを車両で押し倒すことの可否の調査を行う。

表 4-3 : 調査実施日時

日付	時間	調査項目
2013年1月10日 ～2月5日	終日	作動性調査
2013年1月12日	9:00~12:00	追従車両規制の適正間隔の調査
2013年1月14日	6:30~7:30	降雪時の作動性調査
2013年1月15日	6:30~7:30	路面凍結時の作動性調査
2013年1月16日 ～28日	平)6:30~8:30 休)10:00~13:00	右左折挙動調査、適正停止位置調査、降下時間ストレス調査、騒音・振動調査、
2013年1月30日	11:30~13:30	路面標示の有効性の調査
2013年2月2日	10:00~12:00	可倒性の調査
2013年2月4日	11:30~13:30	路面標示の有効性の調査
2013年2月5日	11:30~13:30	路面標示の有効性の調査

## 4.3. 調査内容

### 4.3.1. 作動性調査

今回の実験目的の大前提としてこの各システムが正常に作動することがあげられる。この調査では、実験期間全体を通して、天候、気温などによる故障の可能性の有無、また起こり得る故障の把握を目的としてソフトライジングボラード・システムの運用を行った。

#### (1) 通常時の作動性調査結果

実験期間 1月10日（木）～2月5日（火）の27日間での作動性については、実験開始当初に電源の供給環境が不安定だったためにうまく作動しないことがあったが、電源の環境が安定した後は大きな問題は見られなかった。悪天候時の様子はこの後に述べる。

ボラードが降下している（地中に格納されている）状態で、歩行者が躓くなどの事故は報告されなかったことから、歩行者への安全性に問題はないと考えられる。

#### (2) 天候不良時の作動性調査結果

実験期間中の1月14日（月）に首都圏において大雪が観測された。14日15時時点でさいたま市の最大積雪深は10.0cmとなった。

写真4-2、写真4-3は、降雪時と積雪時のライジングボラード稼働の様子である。写真の通り雪が降った状態でも排水系は正常に作動し稼働に問題はなかった。翌日早朝6:00の路面凍結時にも稼働に異変は見られなかった。

また雨天時、みぞれの時でも稼働に問題はなかった



写真 4-2 : 降雪時のライジングボラード稼働の様子



写真 4-3 : 積雪時のライジングボラード稼働の様子

### (3) 作動性調査まとめ

調査結果から、通常時、天候不良時においてもライジングボラード・システムの各系は正常に作動した。よって、作動性に関しては電源の供給環境の安定を前提条件とすれば、公道への導入は十分に可能性があると考えられる。

### 4.3.2. 追従車両規制の適正間隔の調査

ライジングボラードを通行することができる許可車両の後方を追従すると、その距離によってはボラード自体の存在に気付くのが遅れ衝突事故が発生する、あるいは Tailgating<sup>注1</sup> による違反通行も考えられる。

本調査では、追従車の車頭時間と前方許可車両通過後のボラードの上昇タイミングの組み合わせを変化させて、通行実験を繰り返すことで、追従者車両の安全性と規制が適切に保たれる間隔（Tailgating 防止間隔）を調査した。

設定要因としては、

- A) 追従車の車頭時間
- B) 前方車両の通過直後からボラード上昇を開始する時間

#### 時間Aの定義

前方車両が停止線を通過してから、追従車両が停止線を通過するまでの時間

(図 4-3 では、 $t_2 - t_1$ )

#### 時間Bの定義

前方車両がボラード上を通過してから、ボラードが上昇を開始する（スイッチを押す操作）までの時間

が挙げられ、この設定時間の組み合わせのパターン毎に実験を行い、通行の可否を調査した。

調査は以下の順序で行った。

- ① 設定時間 A を設定
- ② 設定時間 B を設定
- ③ 追従走行を実施（追従車の通行の可否を確認）
- ④ 設定時間 A を固定し B を変更して繰り返す
- ⑤ 設定時間 A を変更して②～④を繰り返す

注1：衝突の危険がある距離で前車にぴったりくっついて運転すること。今回の場合は違反車両が前方の許可車両に追従することでボラードを通過してしまうことを指す。

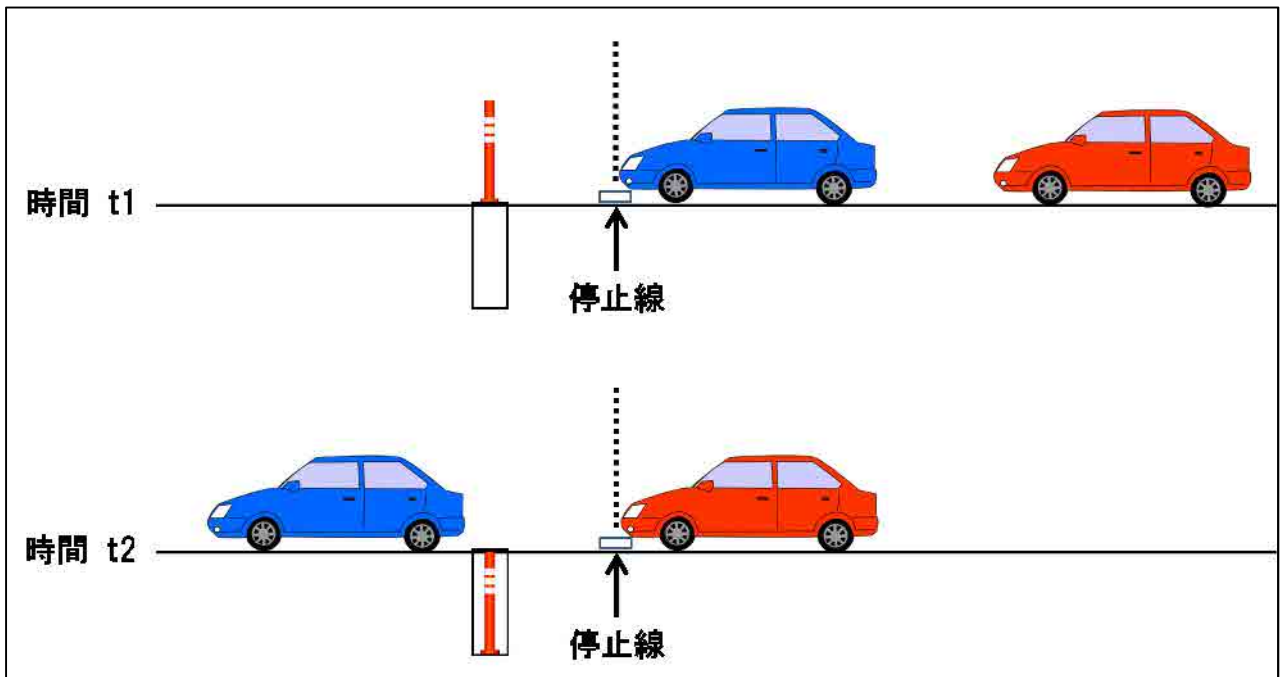


図 4-3 : 車頭時間(t1-t2)のイメージ図

自動車イラスト <http://www.civillink.net/esoza/car.html>

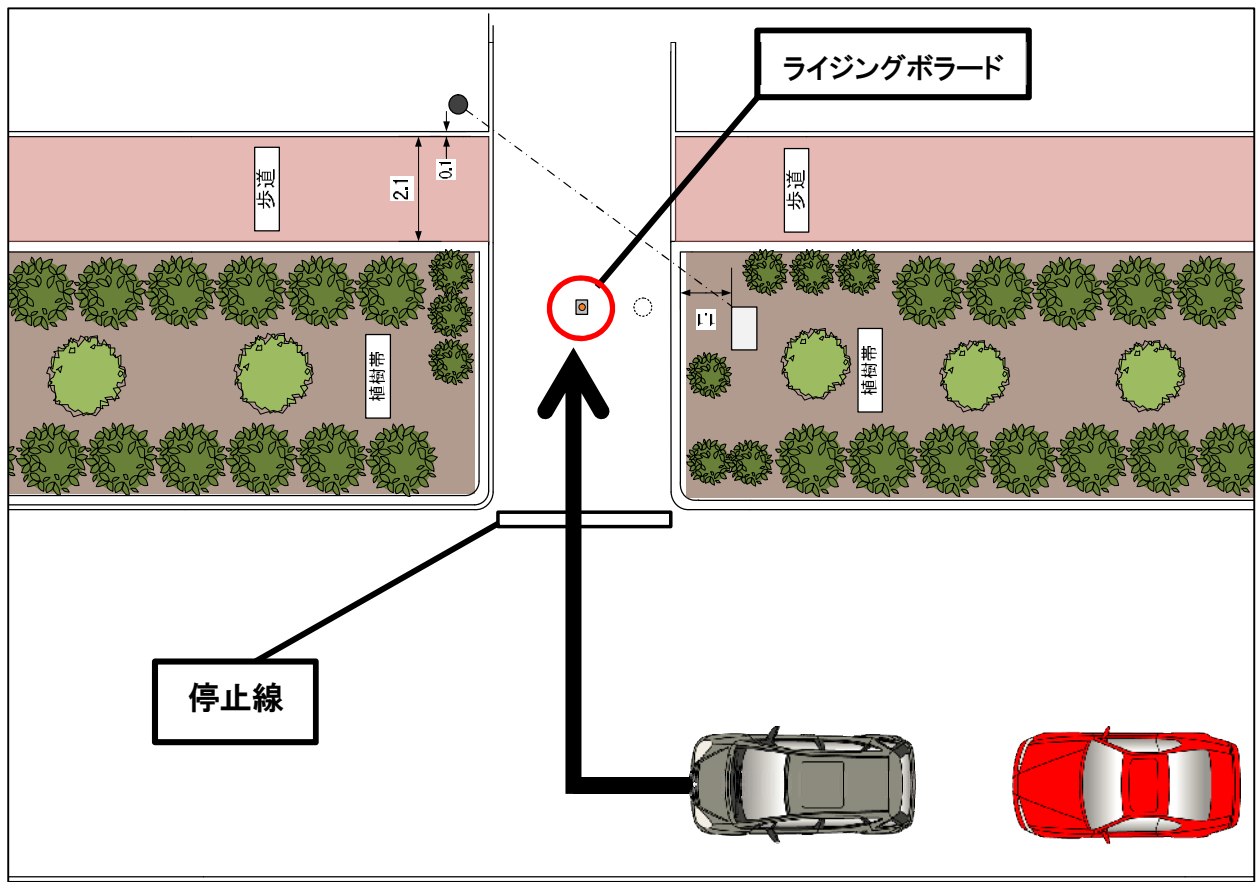


図 4-4 通行経路図

(1) 適正間隔調査結果

追従車両規制での、車頭時間と先行車両の通過後からボラード上昇開始時間の組み合わせと、それぞれの実験結果を表 4-4 に示す。

表 4-4 車頭時間とボラード上昇タイミングの組み合わせと結果

			追従車両の車頭時間					
			A1 6秒(5.5~6.4)	A2 5秒(4.5~5.4)	A3 4秒(3.5~4.4)	A4 3秒(2.5~3.4)	A5 2秒(1.5~2.4)	A6 1秒(0.5~1.4)
車 両 通 行 後 か ら の ボ ラ ー ド 上 昇 開 始 ま で の 時 間	B1	6秒(5.5~6.4)	×	-	-	-	-	-
	B2	5秒(4.5~5.4)	×	-	-	-	-	-
	B3	4秒(3.5~4.4)	×接触	×	-	-	-	-
	B4	3秒(2.5~3.4)	○	×接触	-	-	-	-
	B5	2秒(1.5~2.4)	○	○	×接触	-	-	-
	B6	1秒(0.5~1.4)	○	○	○	×接触	-	-
	B7	0秒(0.0~0.4)	○	○	○	○	-	-

○→規制成功(追従車通行不可)  
 ×→規制失敗(違反車両の通行を許可)  
 接触→追従車両とボラードの接触

**時間Aの定義**

前方車両が停止線を通過してから、追従車両が停止線を通過するまでの時間

**時間Bの定義**

前方車両がボラード上を通過してから、ボラードが上昇を開始する（スイッチを押す操作）までの時間



## (2) 適正間隔調査のまとめ

実験結果としては、表 4-4 のように適切に通行規制が実施できた（追従車両がボラード上を通行できなかった）組み合わせは表中の○印のパターンで A1-B4、A1-B5、A1-B6、A1-B7、A2-B5、A2-B6、A2-B7、A3-B6、A3-B7、A4-B7 の 10 組となった。車頭時間を 6 秒から設定したのは車頭時間が 6 秒を超えると車両間隔が開きすぎとなり追従車と呼ぶにふさわしい車間距離とならないからである。また車頭時間 2 秒以下は常識的にありえないことと安全性を考慮して実施しなかった。

参考として通常の交差点進入時の車頭時間を測定したところ、速度 20km/h では約 5 秒、速度を指定しない場合でも約 4 秒であった。

以上のことから本実験のまとめとして、追従車両を適切に規制するための車頭時間とボラード上昇開始時間の組み合わせは、図 4-5 のように考えられる。

図 4-5 追従車両を規制するための車頭時間とボラード上昇開始時間の組み合わせ

車頭時間	ボラード上昇開始時間（先行車両通過後から）
3 秒	0 秒
4 秒	0、1 秒
5 秒	0、1、2 秒
6 秒	0、1、2、3 秒

### 4.3.3. 右左折挙動調査

本実験でのライジングボラード設置場所のように対象道路の入り口にライジングボラードを設置した場合、許可車両の右左折での進入が考えられ、ライジングボラードの存在を認知していない運転者が進入を試みることも想定される。

本調査では、ボラードが上昇している状態において当該道路に進入する車両挙動を右折と左折で分け、ボラードの存在を認知していない状況と認知している状況を比較するため、被験者に複数回の交差点の通行を行ってもらい、挙動を調査した。なお、被験者にはライジングボラードの存在を隠して実験を開始し、通行は右折と左折の合わせて3回（右折2回・左折1回、または左折2回・右折1回のパターン）行った。右折から開始する被験者は右折→右折→左折の順に通行し、左折から開始する被験者は左折→左折→右折の順で通行した。

#### (1) 右左折挙動に関する調査項目

##### 1) 速度プロフィール

この調査では、運転者がボラードの存在を認知していない場合としている場合で、車両が実験交差点を通過するまでにどのような速度挙動を示しながら通行するのかを把握することを試みた。速度挙動の把握には、ストーカー（スピードガン）を用いて速度プロフィールを計測することとし、対象交差点手前 40m から交差点進入まで（図 4-6）を計測区間として、車両の後方から計測を行った。

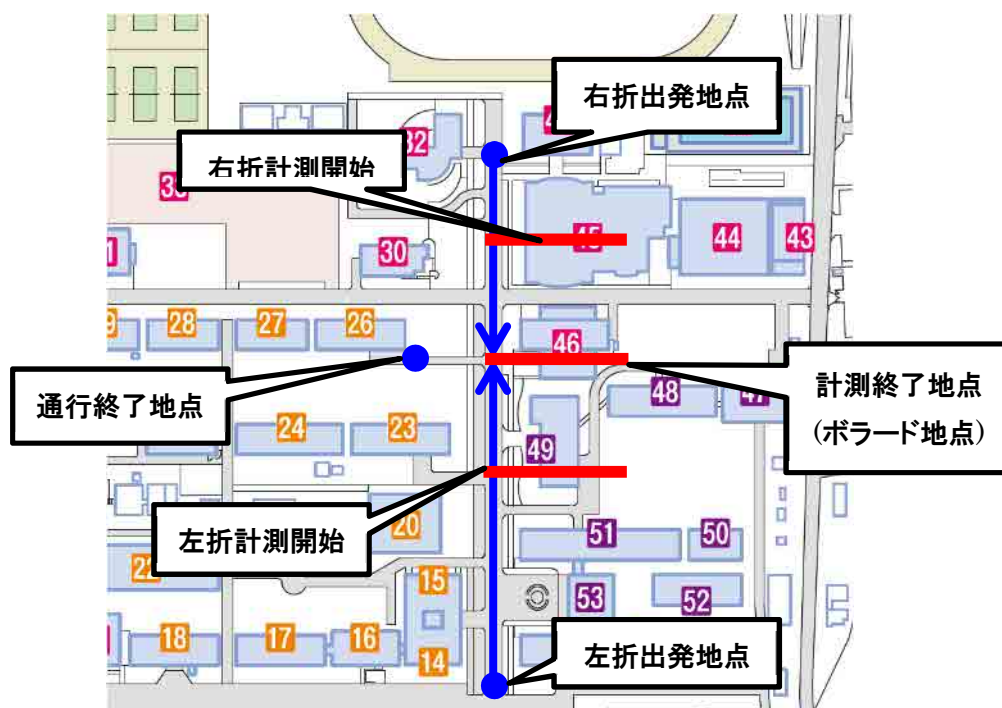


図 4-6 計測区間図

## 2) ヒアリング調査

上記の調査と並んで通行のたびにヒアリングを行い、運転者の通行時の意識を調査した。また、①②で行った調査で得られた数値と運転者の意識の差異の把握をした。

なお、ヒアリングの最後にはライジングボラードの用途についての簡単な説明を載せ、それを受けての導入意向をあわせて聞いた。

## 3) 運転席からの見え方

この調査では右左折での交差点進入時における、運転者の視認性の検証を目的とした。運転者に小型カメラ（写真 4-4）を取り付けたメガネを装着して走行してもらい、右折と左折での運転席からの見え方の違いについて調査した。また補助的に、運転者が初めてボラードの存在に気付いたときの様子を観測するために、車内に運転者を映すカメラを設置した。



写真 4-4 運転者に装着した小型カメラ

## (2) 調査結果

### 1) 速度プロフィール測定結果

速度プロフィールの測定結果を図 4-7 に示す。図は 12 名のうちの 1 人の被験者の運転による通行実験時の速度プロフィールを示している。

分析結果として、図 4-7 の被験者のように、なだらかな減速をするという挙動がほぼ全ての被験者においてみられた。また、交差点への進入速度として交差点手前の 35m 地点での速度に注目すると、ボラードの存在を知らない 1 回目の通行(青線)時に比べ、ボラードを認知している 2 回目の通行(赤線)では 35m 地点での速度が落ちていることがわかる。このような 1 回目にくらべ 2 回目の交差点進入速度が減少している挙動を示した被験者は 6 人であり、このような車両挙動の要因としては、2 回目以降の通行からライジングボラードの存在を知ったことで走行を慎重に行おうという心理が働いたと考えられる。

逆に 2 回目の進入速度が増加した被験者は 1 人だった。ほぼ同じ進入速度であった被験者は 5 名であった。また、左折に比べ、右折の進入速度の方が早い傾向にあった。

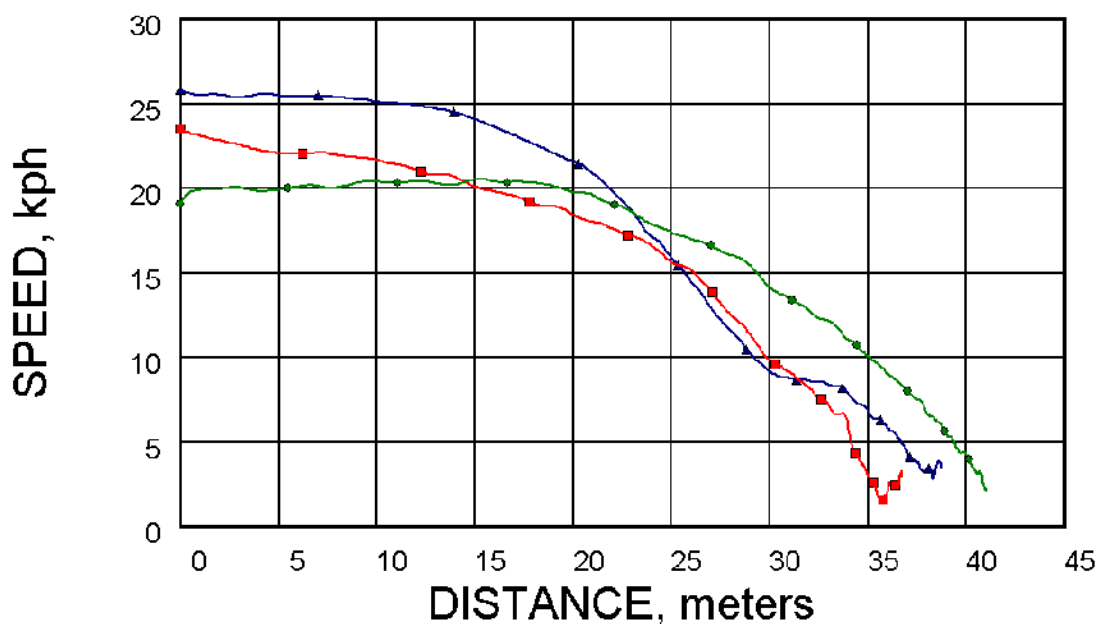
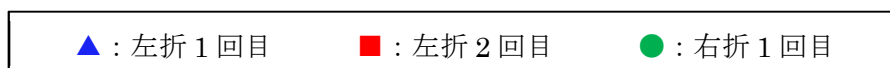


図 4-7 右左折別の車両挙動



## 2) ヒアリング調査結果

被験者へのヒアリング調査結果を以下に示す。

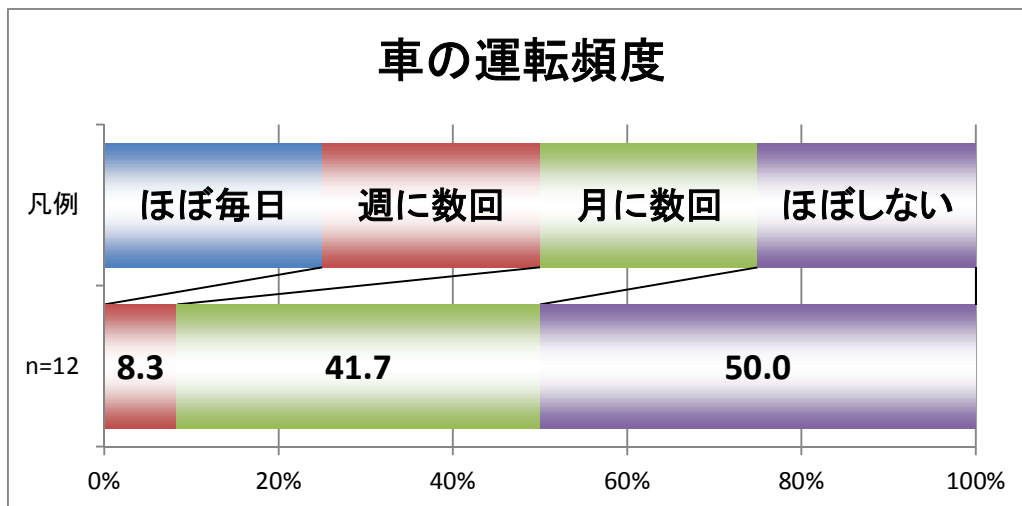


図 4-8 普段の運転頻度

運転頻度については、ほとんどの被験者が自宅で車を所有しておらず、「ほぼしない」人が5割、「月に数回」と答えた人が約4割である。

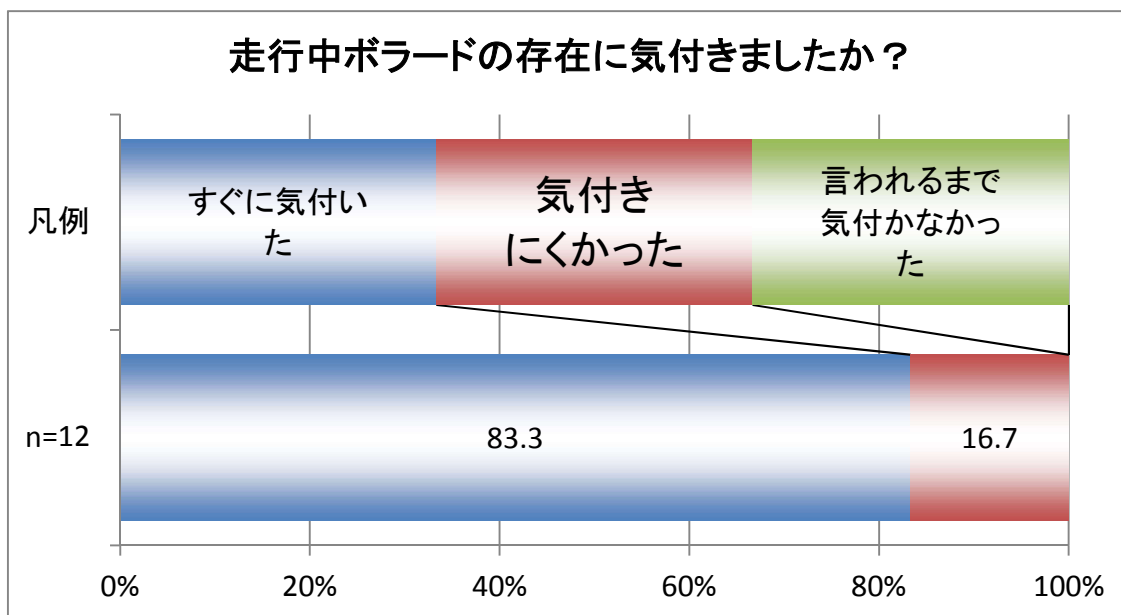


図 4-9 ボラードへの視認

走行中すべての人がボラードの存在に気付いたことがわかった。そのうち、「気づきにくかったが気付いた」と回答した人は16.7%であった。

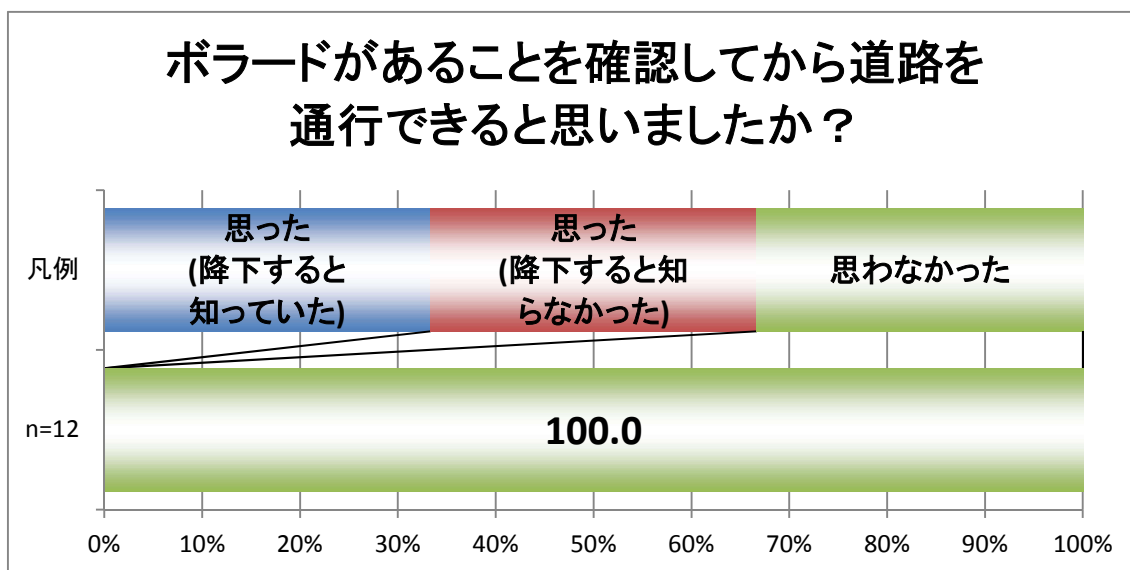


図 4-10 ボラード設置道路の通行への意識

ボラードが設置してある道路に対して通行が可能かどうか尋ねたところ、すべての被験者が通行できると「思わなかった」と回答した。

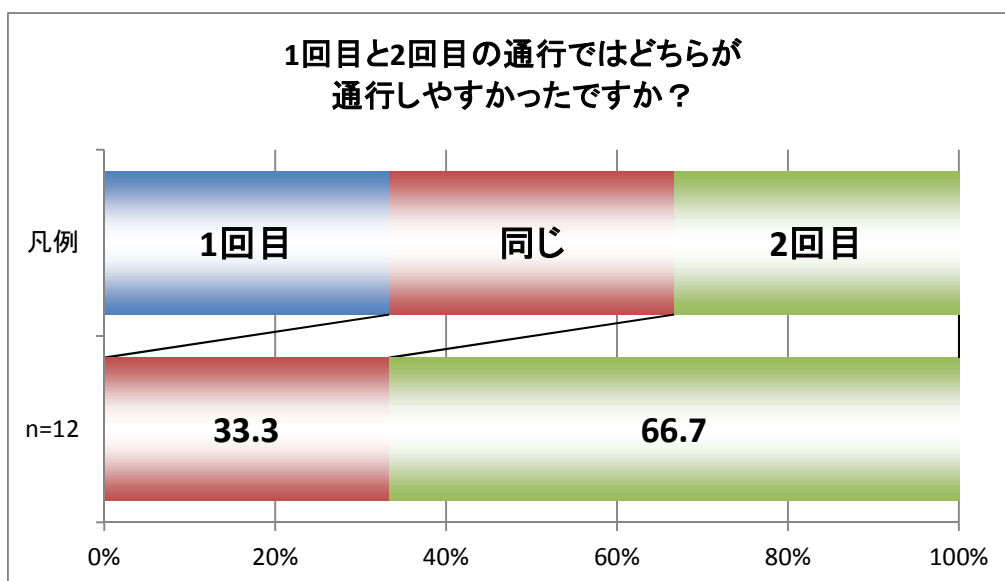


図 4-11 ボラードの存在把握の有無での通行しやすさ

ボラードの存在を把握している場合としていない場合では通行しやすさは「同じ」と回答した人が 33.3%、「2回目」と回答した人が 66.7%であることがわかった。また「1回目」と答えた人はいなかった。

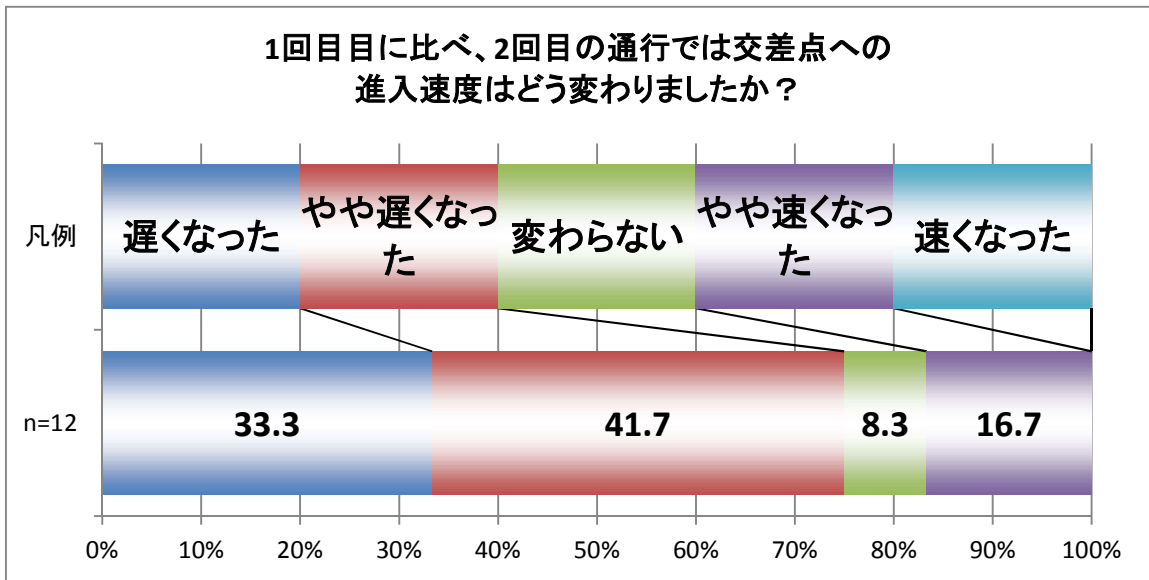


図 4-12 ボラードの存在把握の有無での交差点進入速度

1 回目に比べ 2 回目の交差点進入速度が、「遅い」と回答した人の割合が 33.3%、「やや遅くなった」と回答した人の割合が 41.7%であった。また「変わらない」と答えた人が 8.3%、「やや速くなった」と答えた人の割合が 16.7%となった。

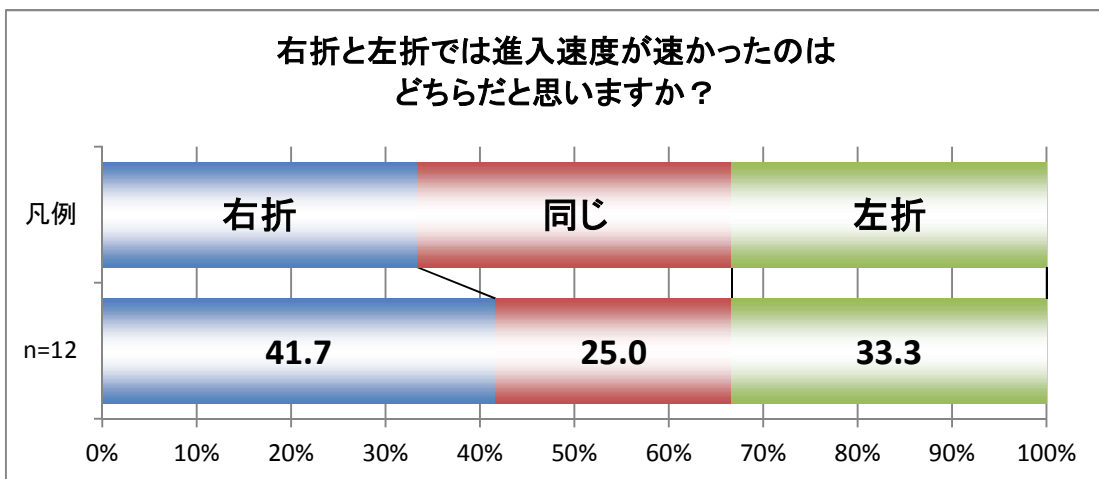


図 4-13 右左折での交差点進入速度

右折と左折で進入速度が速いのはどちらか、という問いについては、「右折」と答えた人が約 4 割であり、「同じ」と答えた人が 25%、「左折」と回答した人が約 3 割となった。

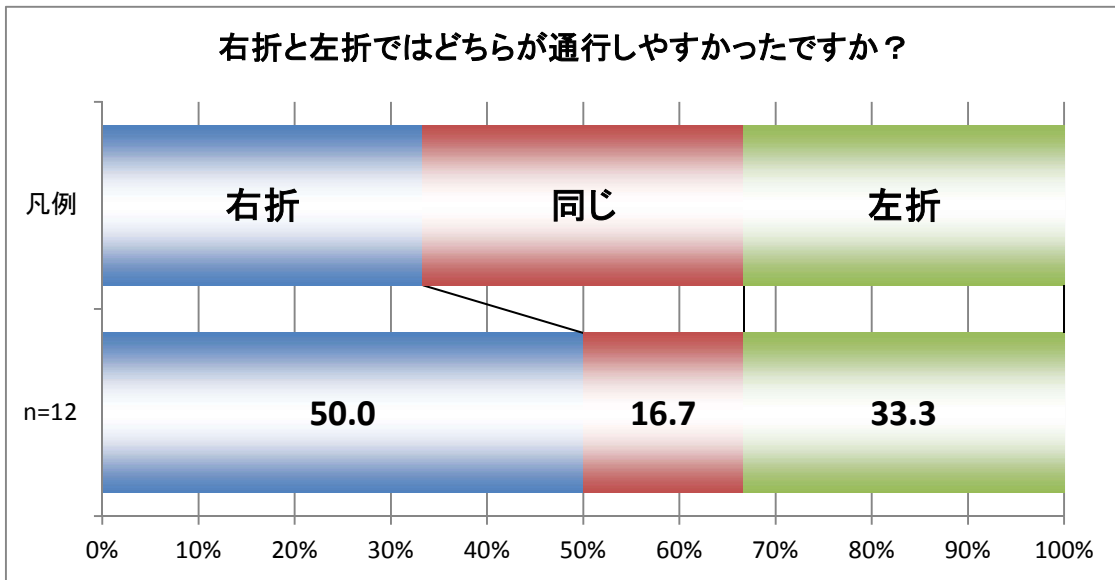


図 4-14 右左折での通行しやすさ

右折と左折では通行しやすかったのがどちらか、という問いでは、「右折」が 50%、「同じ」が 16.7%、「左折」が 33.3%となった。

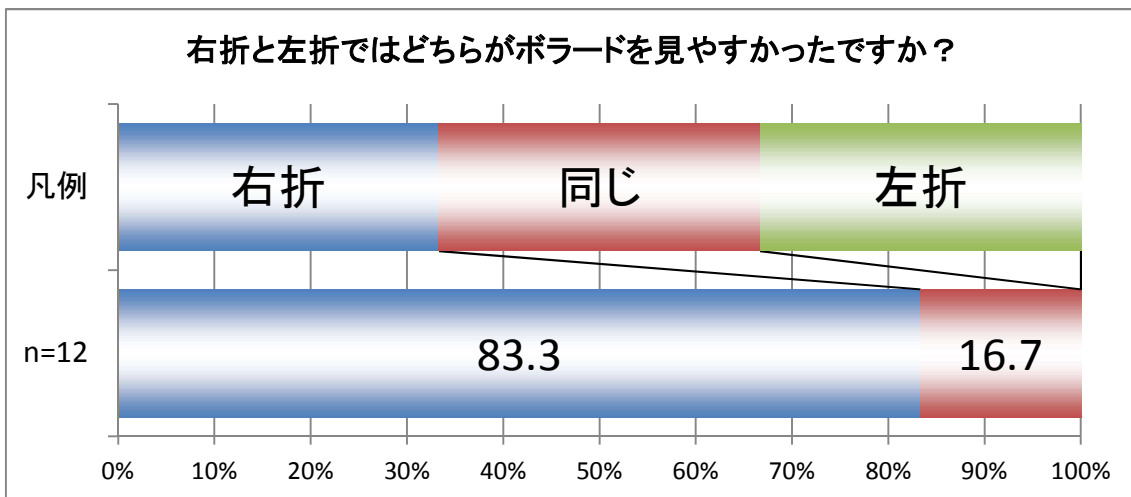


図 4-15 : 右左折でのポラードの視認性

右折と左折でポラードを見やすかったのはどちらかという問いに対しては、「右折」と回答した人が 90.9%、「同じ」と回答した人が 9.1%であった。また「左折」と回答した人はいなかった。



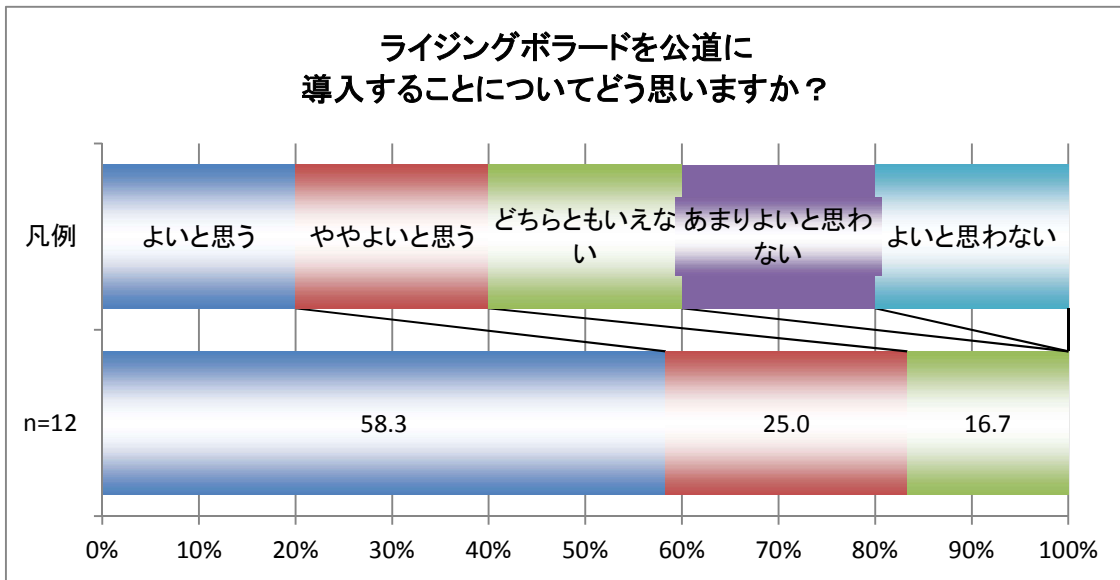


図 4-16 公道導入についての意向

ライジングボラードの用途を説明した上で聞いた公道導入意向は、「よいと思う」「ややよいと思う」と回答した人が 8 割を超えた。また「よいと思わない」「あまりよいと思わない」と回答した人はいなかった。

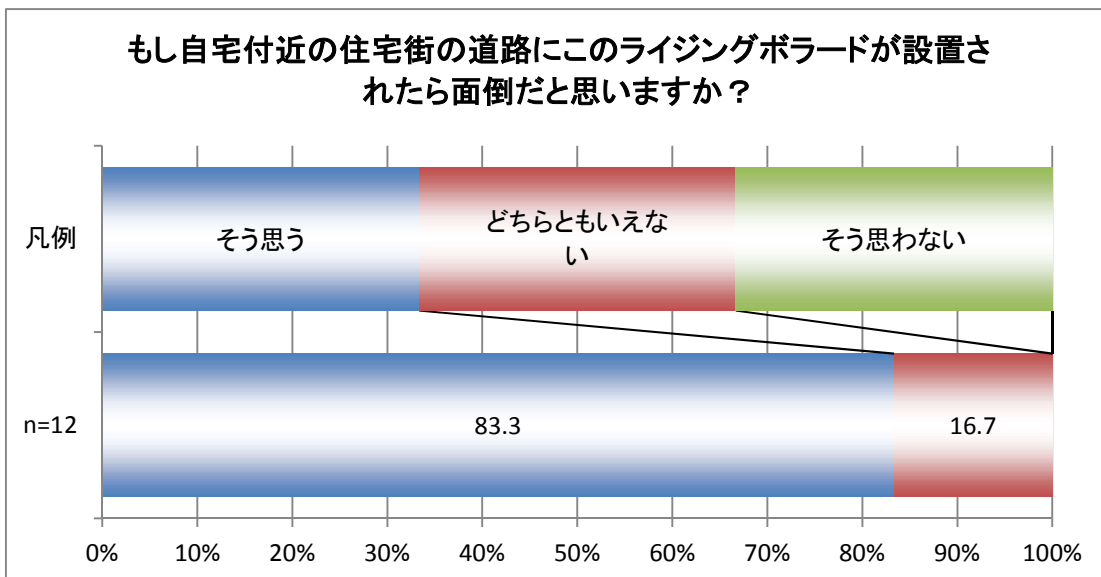


図 4-17 自宅付近で導入された場合の煩わしさ

自宅付近に設置された場合、たとえ交通安全のためだとしても面倒かどうかという問いには、「そう思う」が 83.3%、「どちらともいえない」が 16.7%であった。また「そう思わない」と回答した人はいなかった。

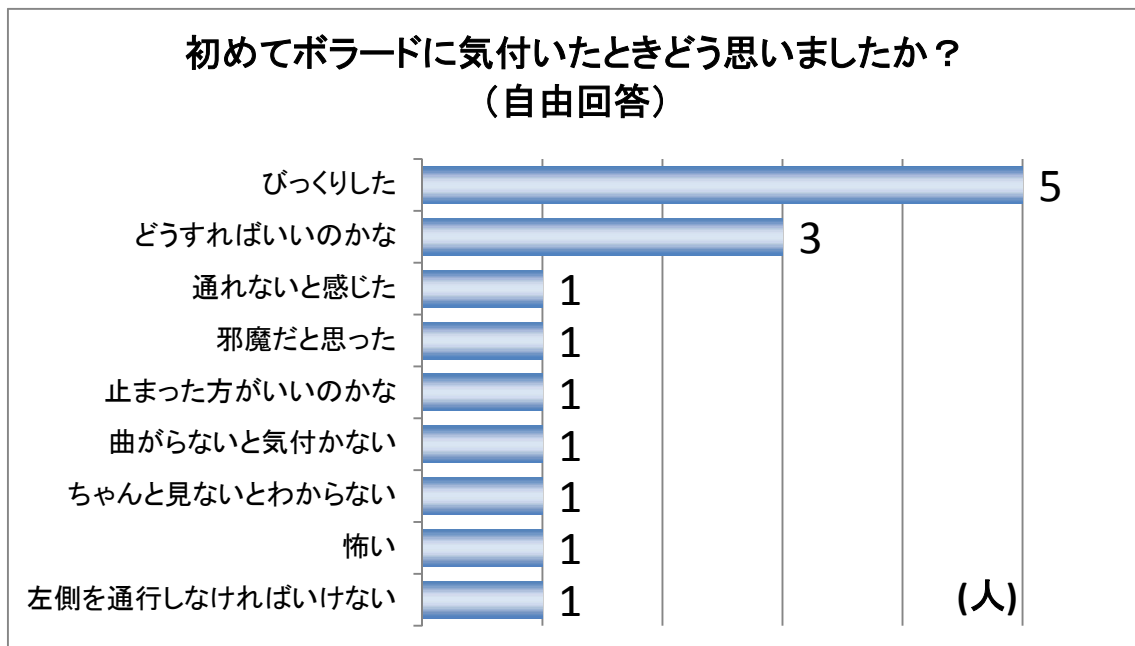


図 4-18：ボラードにはじめて気付いたときの意識

ボラードの存在を知らない状態で、初めて通行をした時の意見としては「びっくりした」、どうすればいいかわからなかった」などが挙げられた。

本調査におけるヒアリング結果のまとめを以下に示す。

- すべての運転者がボラードの存在を自発的に気付き、その道路を通行できないと感じていた。
- ボラードに初めて気付いたときの運転者は少なからず動揺を示すことがわかった。
- ボラードの存在を知っていない状態と知っている状態では、知っている状態の方が交差点進入速度が低くなる傾向があり、同時に知っている状態の方が通行しやすいと感じた人が過半数に達した。
- 右左折での交差点への進入速度感覚に大きな違いは見られなかった。
- 右左折でのライジングボラードの視認性については、右折の方が見やすいという人が大半で左折の方が見やすいと答えた人はいなかった

以上のことから、車両挙動に関する傾向として、交差点への右左折での進入時であっても走行中ボラードへの認知には問題がないが、自由記入欄で回答してもらった意見のように、驚くといったような動揺が懸念される。

また、ボラードがそこにあると知っている場合は進入速度を抑制しようとする心理が働くと考えられる。また右左折進入時でのボラードの視認性に関しては実験車が右ハンドルだったため右折での進入時の方がボラードを見やすかったと考えられる。

公道への導入については、肯定的な回答が多かったが、仮に自宅付近に設置となると面倒だと感じる傾向があった。

### 3) 運転席からの見え方観測結果

右左折別の運転席からの目線位置の映像を写真 4-5、写真 4-6 に示す。



写真 4-5 右折時の目線映像



写真 4-6 左折時の目線映像

映像を比較すると交差点進入時のボラードの視認性は、右折時にはドアの窓からボラード全体を確認することが出来るが、左折時はドア窓の先端部分での確認になるためボラード一部分のみの確認となっていることがわかる。加えて、被験者の中には、停止した状態のときにボラードと非窓ガラス部分と重なりまったく見えない場合もあった。(写真 4-7)

このことから、右折と左折では交差点進入時の視認性に著しく差があると考えられ、右折の方がボラードに気付きやすいといえる。



写真 4-7 ボラードが車両の一部と重なった場合

### (3) 右左折挙動調査まとめ

本調査ではボラードの存在を把握している状態、していない状態それぞれの状態での右左折での交差点進入時の挙動を、①速度プロフィール、②ヒアリング、③運転席から目線カメラ、の3つの方法で調査した。各方法による結果からからまとめとして、以下の挙動がみられた。

- ボラードの存在を知ってから通行した方が交差点への進入速度が遅くなり、運転者への慎重な運転を促す作用がみられる。
- 右折と左折では、右折の視認性の方が明らかに高いことから、進入速度が速くなる傾向がある。
- ボラードの存在を知らない状態で通行した場合でもボラードの発見は行われるが、「驚いた」「どうすればいいのか」など精神的動揺がみられる。

#### 4.3.4. 適正停止位置の調査

ボラードと車両の衝突事故を避けるために、ボラードには蛍光シールが取り付けられるなど視認性の確保がされている。

しかしライジングボラードの場合、完全に上昇している段階で本体が見えていても、停止位置によっては、ボラード降下時に運転者が完全に降下が完了したことを確認できない場合が考えられ、そのため停止線の位置が重要である。

この調査では公道設置時の停止位置の基準となるように、一般的な乗用車からボラードの降下が見える位置と適切な停止線位置を被験者を用いたヒアリングによって調査した。

調査は12名の被験者ドライバーに以下の順序で通行をしてもらい実施した。

- ① ボラードから停止線までの距離を設定（開始時は4.5m）
- ② 車両発進後停止線で停車
- ③ ボラード降下後、交差点を通過
- ④ 通過完了後ヒアリング実施
- ⑤ ヒアリング結果を受け、設定距離を50cm単位で縮めるまたは拡大する。
- ⑥ ①～⑤を繰り返す

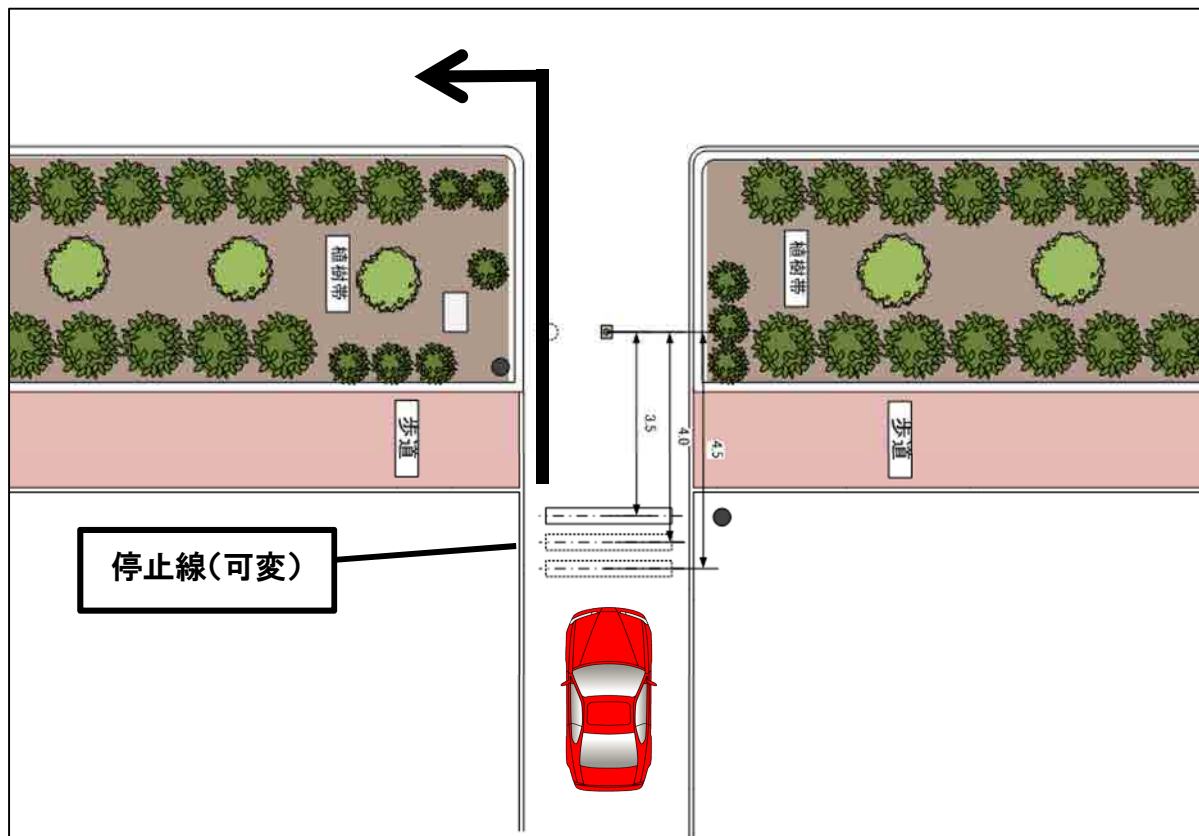


図 4-19 通行経路図

### (1) 調査結果

停止位置でのボラード視認性に関するヒアリング結果は以下のとおりである。

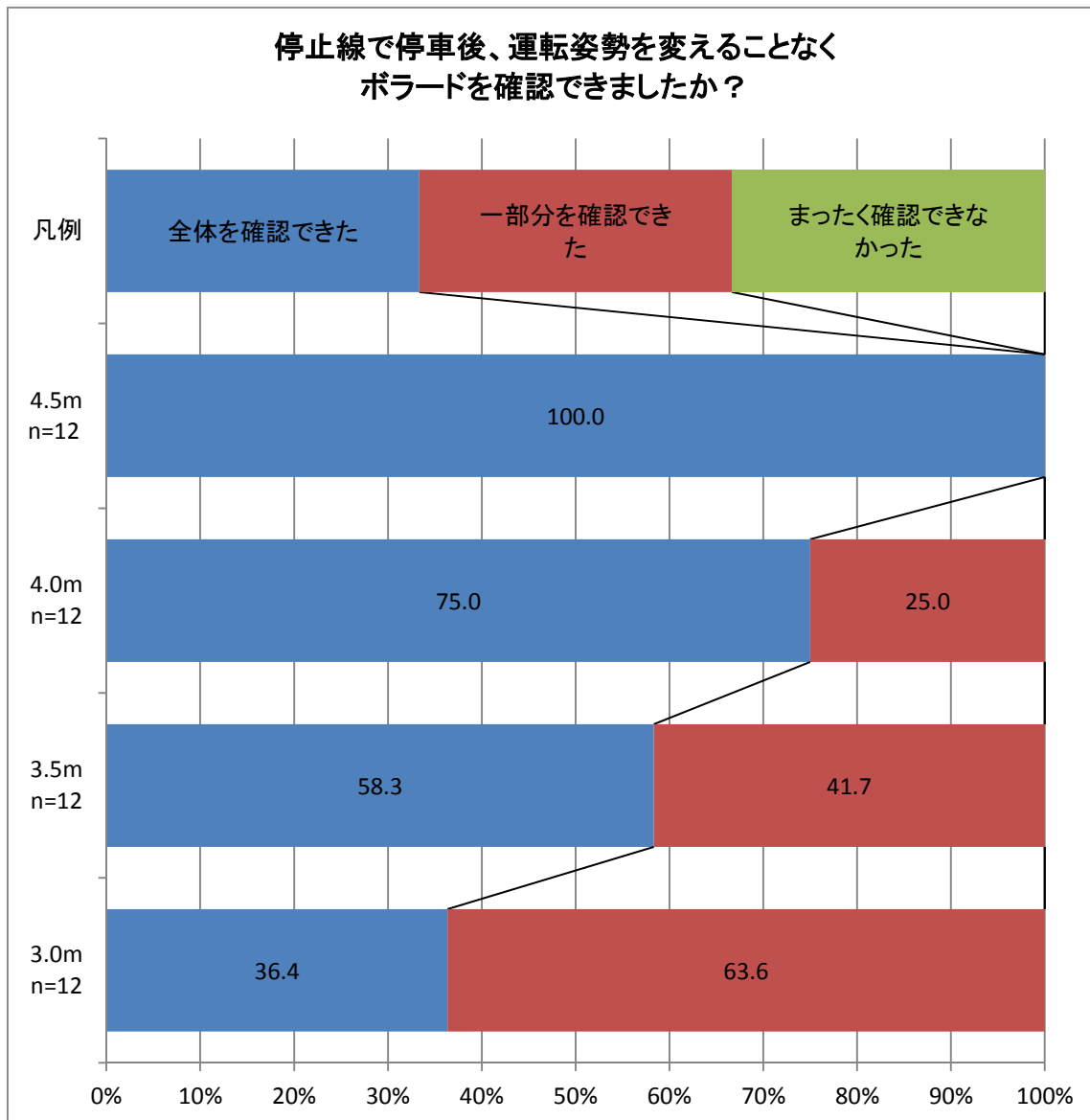


図 4-20 停止距離別のボラード視認性

- 停止位置がボラードから 4.5m の時は、すべての人がボラード全体を確認できたことがわかった。
- 停止位置がボラードから 4.0m 離れているときは、ボラード全体を確認できた人が 7 割を超え、一部分しか確認できなかった人が 3 割未満であった。



- 停止位置がボラードから 3.5m 離れているときは、約 6 割の人が全体を確認でき、約 4 割の人が一部分しか確認できなかったことがわかった。
- 停止位置がボラードから 3.0m 離れているときは、36%の人が全体を確認でき、一部分しか確認できなかった人が 63%だった。

停止位置からボラードまでの距離についてのヒアリング結果は以下の通りである。

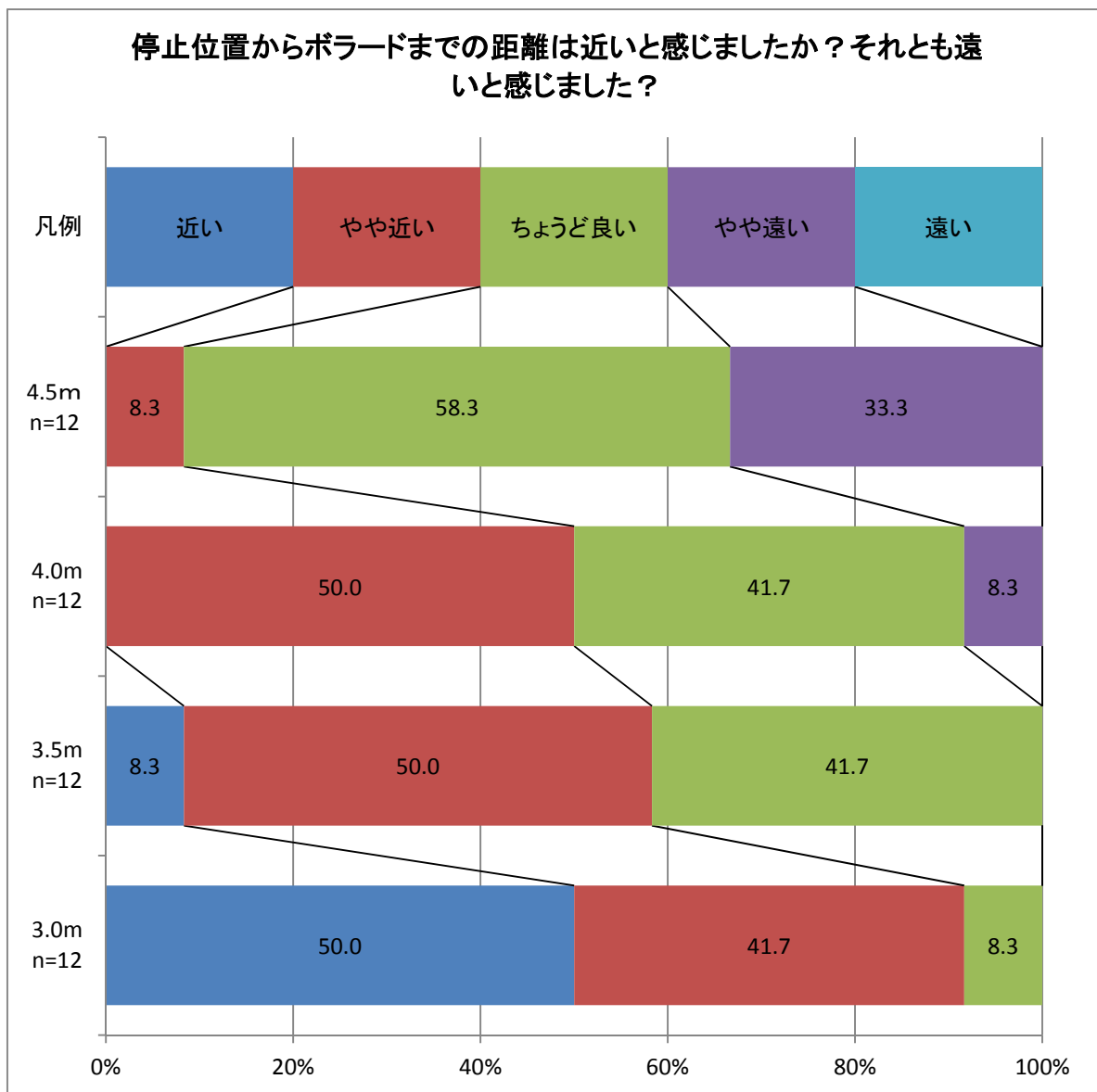


図 4-21 停止距離別の意識

- 停止位置からボラードまでの距離 4.5mを、「やや近い」と感じた人が約 1 割、「ちょうど良い」と感じた人が 6 割、「やや遠い」と感じた人が約 3 割であった。また「遠い」「近い」と感じた人は 1 人もいなかった。
- 停止位置からボラードまでの距離 4.0mを、「やや近い」と感じた人が半数、「ちょうど良い」と感じた人が約 4 割だった。また「やや遠い」と感じた人は約 1 割であった。
- 停止位置からボラードまでの距離 3.5mを、「近い」と感じた人は 8.3%、「やや近い」と感じた人は 50%、「ちょうど良い」と感じた人が 41.7%だった。また、「やや遠い」「遠い」と感じた人はいなかった。
- 停止位置からボラードまでの距離 3.0mを「近い」と感じた人は 55%、「やや近い」と感じた人は 41.7%、「ちょうど良い」と感じた人は 8.3%だった。また、「やや遠い」「遠い」と感じた人はいなかった。

## (2) 適正停止位置のヒアリング調査まとめ

停止位置に関するヒアリング調査結果のまとめを以下に示す。

- 停止距離 4.5mでは、ボラード全体への視認性の確保ができる。その他の 3.0m~4.0mでは全体を確認できる人もいるが、一部分しか確認できない人が存在する。
- 停止距離 4.5mでは、停止距離が「ちょうど良い」と感じる人が過半数を占めた、3.0m~4.0mでは 4.5m時に比べ「近い」「やや近い」と感じた人の割合が多かった。

よって、停止位置からボラードまでの距離を 3.0m、3.5m、4.0m、4.5mで設定したヒアリングを行った本調査では、4.5mと他 3 パターンとの間には視認性・遠近感の感覚に大きな差があると考えられた。また、4.5mでの通行に対し「やや近い」と感じた被験者に対し停止距離 5.0mで通行実験をしてもらったところ、すべての被験者が「ちょうど良い」「やや遠い」と答えたことから、停止線の設定の最も重要な目的である安全性の観点を考慮すれば 5.0mも適正位置と考えられる。

以上のことから調査目的としていた適正停止位置の検討では、上記考察を根拠とし、ボラードからの距離 4.5m~5.0mが適正な停止位置だと考えられる。

#### 4.3.5. 降下時間ストレス調査

ライジングボラード通行時車両はボラードが降下するまで停止をしていなければならない、通常道路の通行に比べ設置道路の通行には時間がかかると考えられる。この待機時間によって許可車両運転者がボラードに対してストレスを感じることは今後の導入、普及の可能性にも関わるものと捉え、この調査では、通行時におけるボラードが地中に完全に格納されるまでの降下時間に感じる運転者のストレスについて調査・分析を行い、ストレスを感じにくい降下時間の目安を明らかにすること、降下待機中のドライバーのストレスの推移について調査することを目的とする。

また本調査では、皮膚電位 SPL を測定するストレス測定器を用いた定量的な分析と運転者に対してヒアリング調査を実施し、多面的なアプローチを行った。

##### (1) ストレス測定器

ストレス測定については精神的緊張の水準でもある覚醒水準を計測する時に用いる皮膚電位水準 (SPL) を計測した。測定機器は以下のようなものである。(写真 4-8) なお、測定間隔は、1 秒とした。

皮膚電位水準：SPL は安静覚醒時において $-40\text{mV}$  程度である。しかし、覚醒水準が高い時や興奮している時には $-50\sim-60\text{mV}$  と陰性に高い値を示し、眠気を促し覚醒水準が低下した時には $-5\sim-10\text{mV}$  と陰性が低下する。この SPL は、精神的緊張。つまり、ストレスを外的に与えられるときも陰性方向に高い値を示す。



写真 4-8 ストレス測定機器

## (2) 調査方法

調査は 11 名の被験者ドライバーに上記の測定器をつけて交差点を通行してもらい停止線で停車後ボラードを下降させ、その後通行時のストレスに関するヒアリングを行いボラード降下時間を変更し通行を繰り返して行った。

なお、降下時間の変更に関しては事前にボラード本体に重りをつけた時の降下時間の目安を測り、実験では約 22～13 秒の範囲内で変動させていった。

実験はすべてパターン 1（以下 p1 とする）から順に行い、全 4 回とした。

ストレス測定時には、①停止線で停車時刻、②停止線から発車時刻、③ボラード区間通過時刻、をそれぞれ記録し通行中のストレス変化の様子も調査した。

表 4-5 重り装着時のボラード降下時間目安

降下時間パターン	p1	p2	p3	p4
重り	6.5kg	4.2kg	1.4kg	-
降下時間目安	14 秒	16 秒	18 秒	21 秒

### (3) ヒアリング調査結果

簡易的に行ったヒアリング調査では、主に以下の2項目について各降下パターンにおける通行実験の度に聞いた。各パターンの降下時間目安は表 4-6 の通りである。

1. 降下するまでの時間は早いと感じたか？それとも遅いと感じたか？
2. 降下するまでの時間にストレスを感じたか？

表 4-6 各パターンにおける降下時間目安

降下時間パターン	p1	p2	p3	p4
重り	6.5kg	4.2kg	1.4kg	-
降下時間目安	14 秒	16 秒	18 秒	21 秒

1) 降下するまでの時間は早いと感じましたか？それとも遅いと感じましたか？

降下時間の早い・遅いを聞いた上記項目の結果は、図 4-22 の通りである。

p1、2 ではともに「やや遅い」が 6 割を占めているが、この 2 パターンより降下時間目安が遅いとされる p3 では「やや遅い」の割合が低くなり、逆に「やや早い」と答えた人の割合が高くなるという結果となった。また、p4 になると「やや遅い」「遅い」と答えた人が 7 割以上を占め、それまでと違い「やや早い」と答えた人はなくなった。

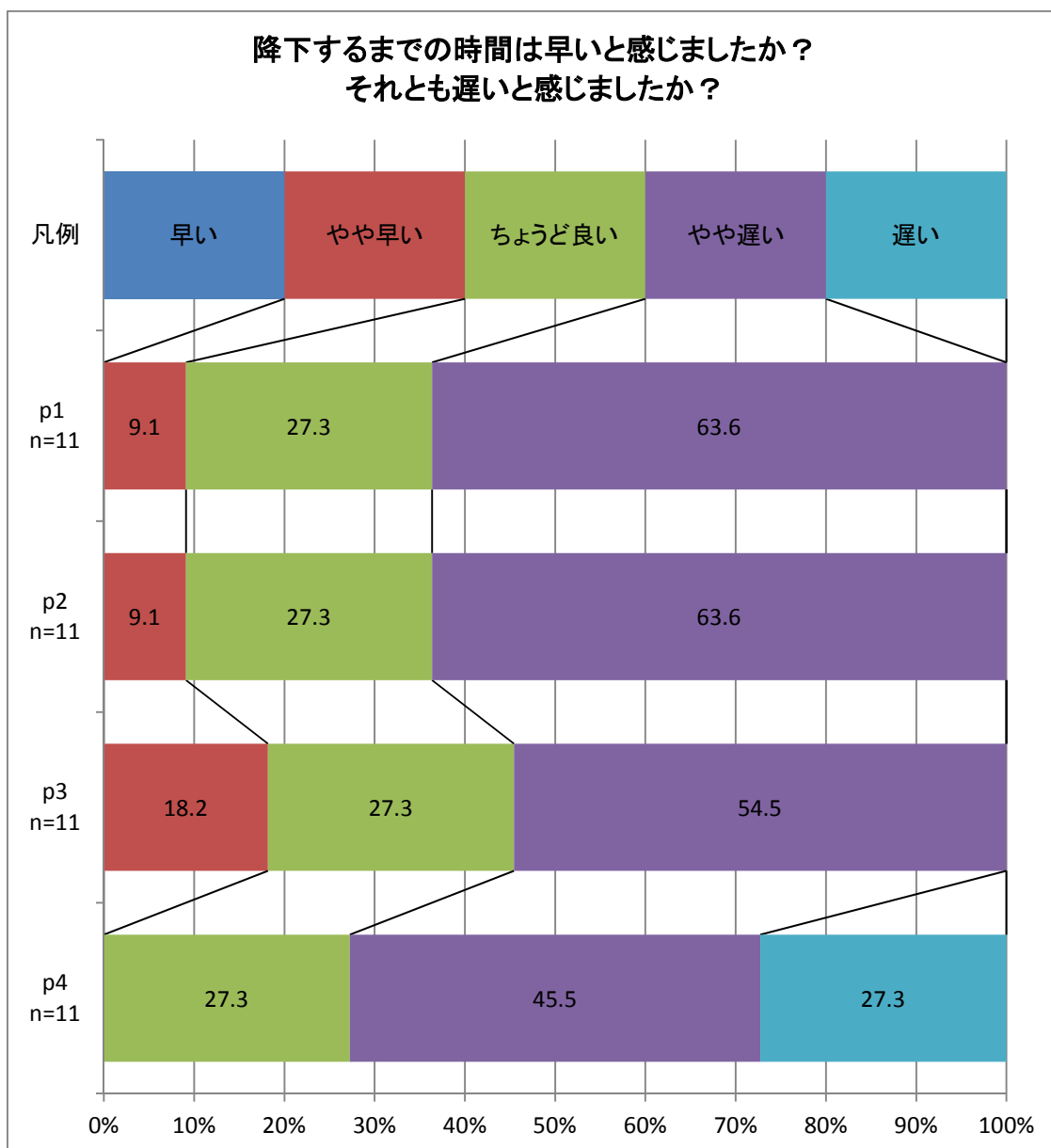


図 4-22 降下時間別の評価

2) 降下するまでの時間にストレスを感じましたか？

降下時間中のストレスについて尋ねた結果を図 4-23 に示す。

p1、2、3 ではストレスを「あまり感じなかった」「感じなかった」と答えた人が過半数を占めたが、p3 では「やや感じた」と回答した人が 6 割を超えるという結果となった。またストレスを「すごく感じた」と回答した人はどのパターンにおいてもいなかった。

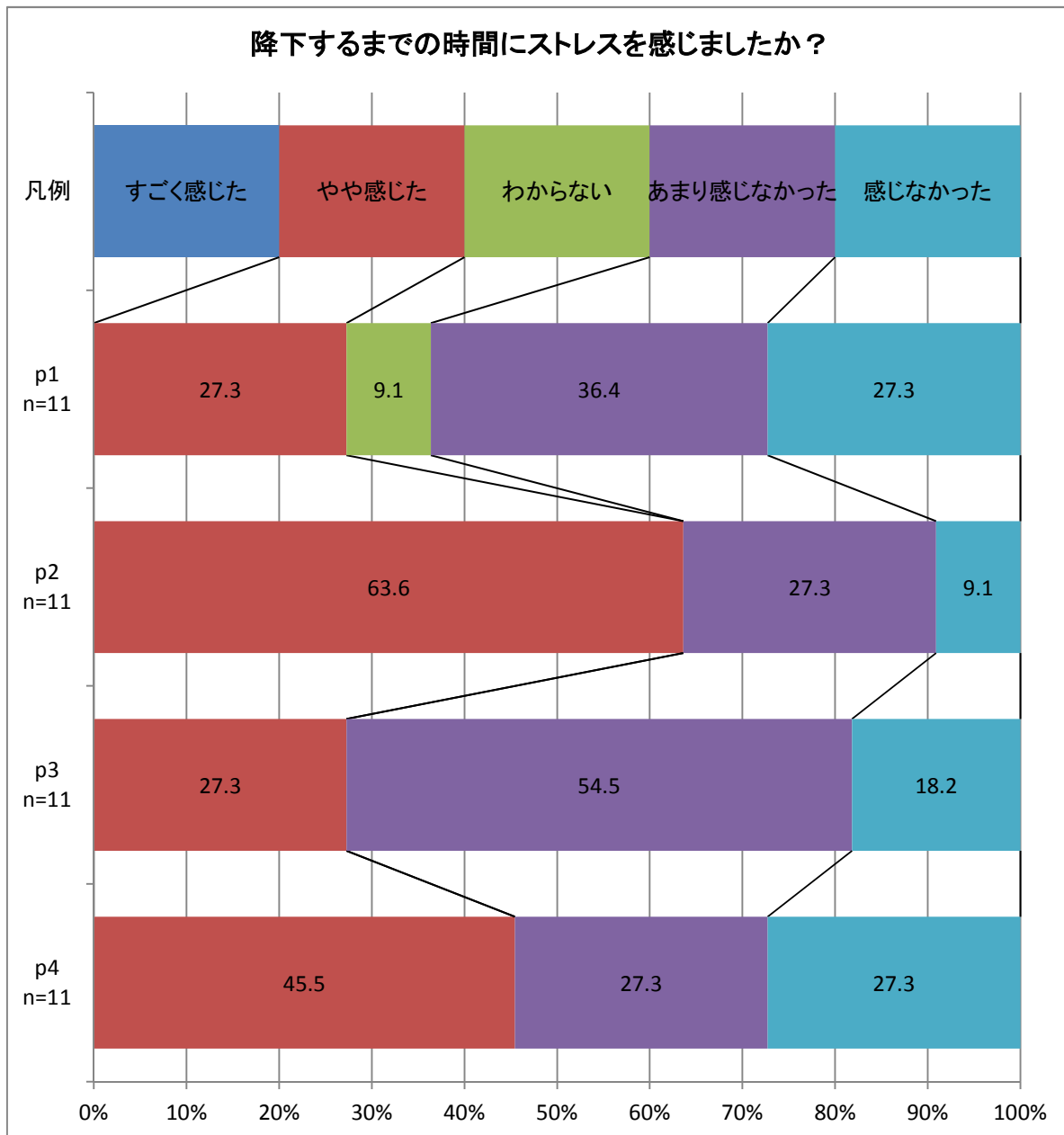


図 4-23 降下時間別ストレス評価

### 3) ストレス調査ヒアリング結果まとめ

ヒアリング結果からは、降下時間とストレスの感じ方に目立った関係性はみられなかった。p1、2、3の間では降下時間の遅さに対する感覚の差異はなく、p4の降下時間では遅いと感じる人が多いことが分かった。また、全体的にどのパターンにおいても、遅いと感じる人が大きい割合を占めていることが分かった。降下時間について「遅い」「やや遅い」と回答した人が過半数に達したことに対し、ストレスについて「すごく感じた」「やや感じた」と答えた人が過半数に達していないこと、加えてストレスを「すごく感じた」と答えた人がどの降下パターンにおいてもいなかったことから、本調査では降下にかかる待機時間は長いと感じながらもそれをストレスとして知覚していない傾向がある。



#### (4) ストレス測定器を用いた分析結果

ストレス測定器を用いた分析については、以下の3つの段階で行った。

なお、分析を容易にするための前段階として、計測したデータに対して既存研究<sup>5)</sup>でも行われている『基準化』として、第1段階では実験時間全体での被験者の最低値を0、実験時間全体での被験者の最高値を1とする基準化、第2、3段階では降下時間のストレスに着目したことから、降下待機時間中の被験者の最低値を0、降下待機時間中の被験者の最大値を1とする基準化、という作業をそれぞれ行ってから、分析を行った。(このような基準化をした SPL を以下では基準化 SPL と呼ぶ。)

##### 【第1段階】 ストレス推移

まず、初めの段階として、実験時間全体の被験者のストレス推移の状況を見た。この時、停止線で停車した時刻、停車から解放され発車した時刻、ボラードを通過した時刻をプロットすることで、主に降下待機時間中の基準化 SPL ストレスがどのようになっているかを分析した。

##### 【第2段階】 被験者別の平均値の比較

次に降下時間中のみのストレス値に着目して、被験者の各降下時間パターンにおける基準化 SPL の平均値を算出し、全4種の降下時間パターンでの平均値を比較し、降下時間パターンによってストレスの差異があるかを検討した。

##### 【第3段階】 降下時間別の平均値の比較

最後に、実際に測定した降下時間パターンを12秒台、13秒台、14秒台・・・というように1秒区切りで分類して、時間別の基準化 SPL の平均値を比較し、ストレスを感じにくい降下時間の目安を検討した。

表 4-7 各パターンにおける降下時間目安

降下時間パターン	p1	p2	p3	p4
重り	6.5kg	4.2kg	1.4kg	-
降下時間目安	14 秒	16 秒	18 秒	21 秒

1) 被験者個人のストレス推移

まず、通行実験を通しての被験者のストレス推移は以下の図の通りである。(図 4-24、  
図 4-25、図 4-26)

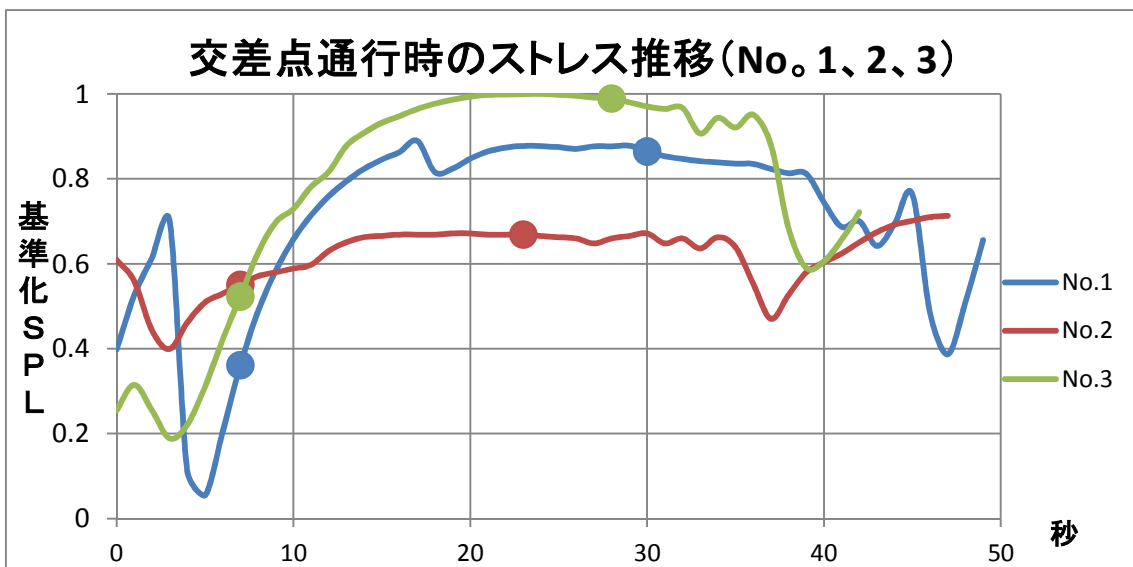
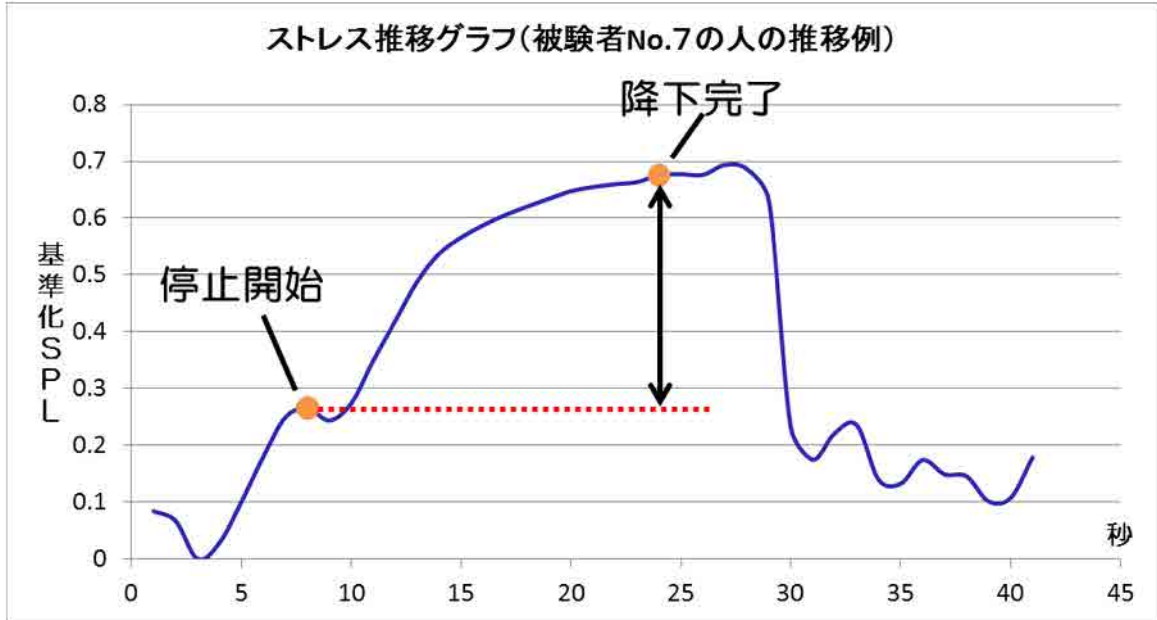


図 4-24 ライジングボラード通行時におけるストレス推移 (被験者 No.1、2、3)

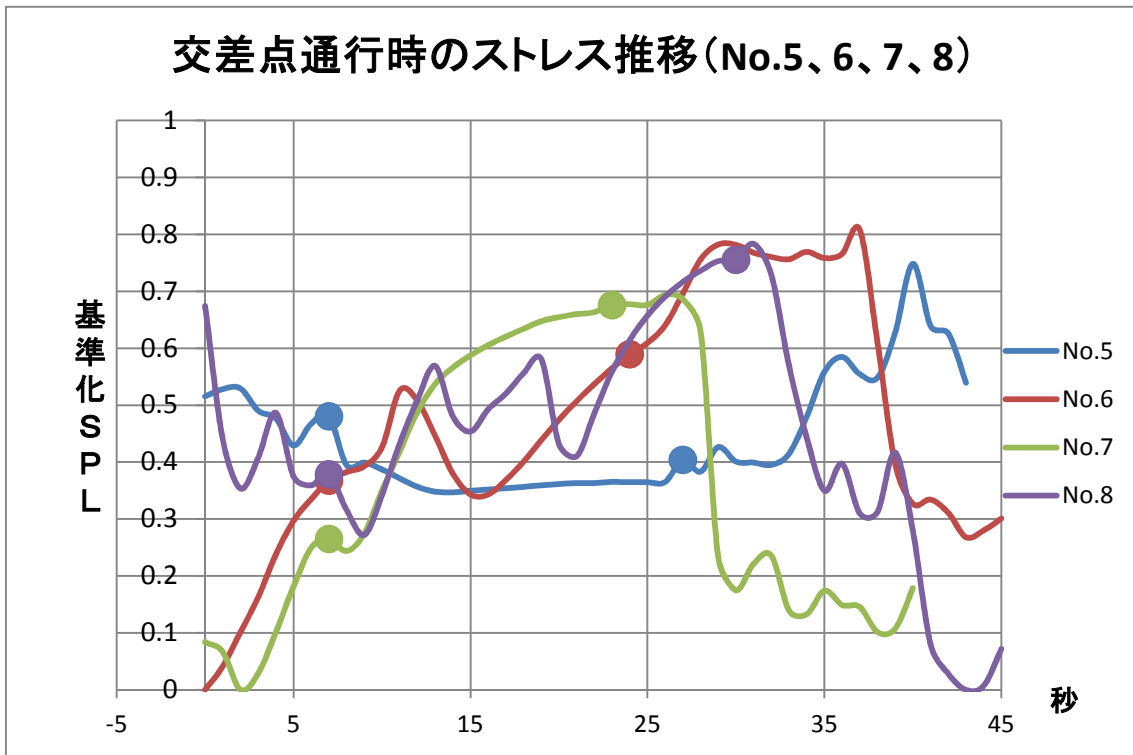


図 4-25 ライジングボラード通行時におけるストレス推移 (被験者 No.5、6、7、8)

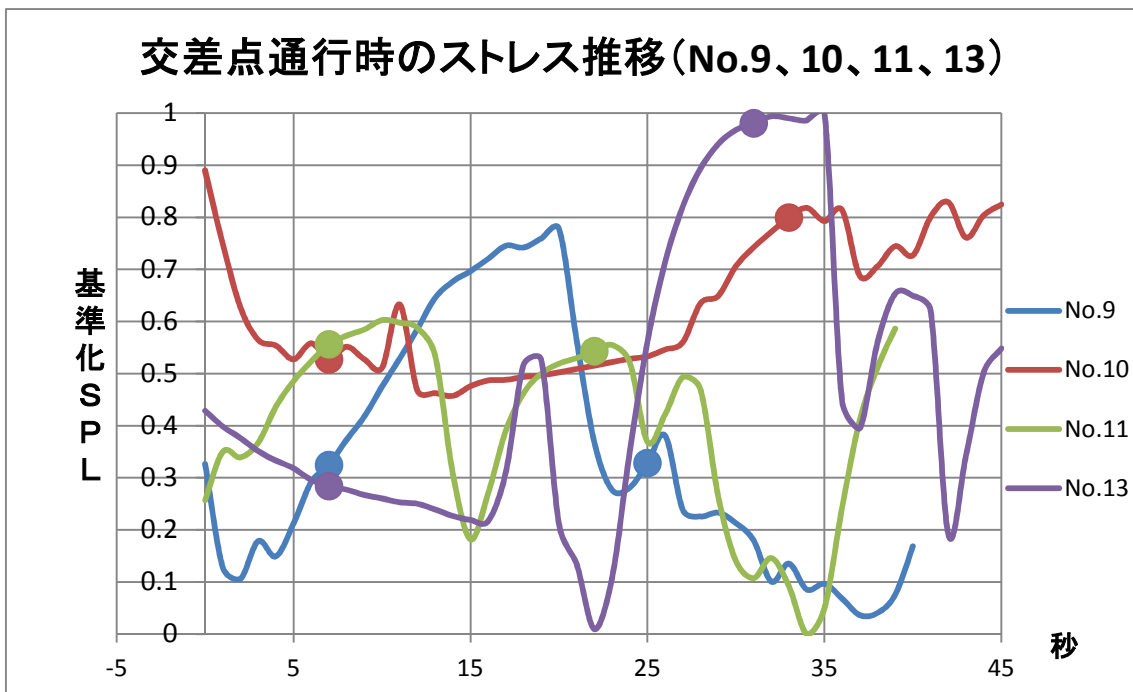


図 4-26 ライジングボラード通行時におけるストレス推移 (被験者 No.9、10、11、13)

まず、グラフの見方として、グラフ中のマーカの点は左からそれぞれ車両停止開始、ボラード降下完了を表しており、このマーカ間はつまりボラード通行時の降下待機時間を意味し本グラフではこの待機時間中の基準化 SPL の変化を示している。また、この基準化 SPL として表示した測定値は、高い値を示すほど、精神的緊張、つまり、主に外的なストレスを感じていると考えられる。

結果として、待機時間での基準化 SPL の変化をみると、被験者によってばらつきはあるものの、被験者 11 名のうち 8 名 (No.1、2、3、6、7、8、9、13) は待機時間中の基準化 SPL が停止直前 (6 秒) のストレス値を上回った。特に No.1、No.2、No.3、No.7、No.9 の被験者は待機時間域に達してからのストレス上昇が顕著であり、通過時間後にはストレス値が下がっていることがわかる。

このことから、今回の実験中ではライジングボラード降下時の待機時間は、被験者のストレス上昇の一因となっていることが考えられる。

## 2) 降下待機時間別のストレスの違い

次に、降下待機時間中のみ SPL に着目して基準化を行い、被験者の各降下時間パターンにおける基準化 SPL の平均値の結果は以下のとおりである。(図 4-27、図 4-28、図 4-29)

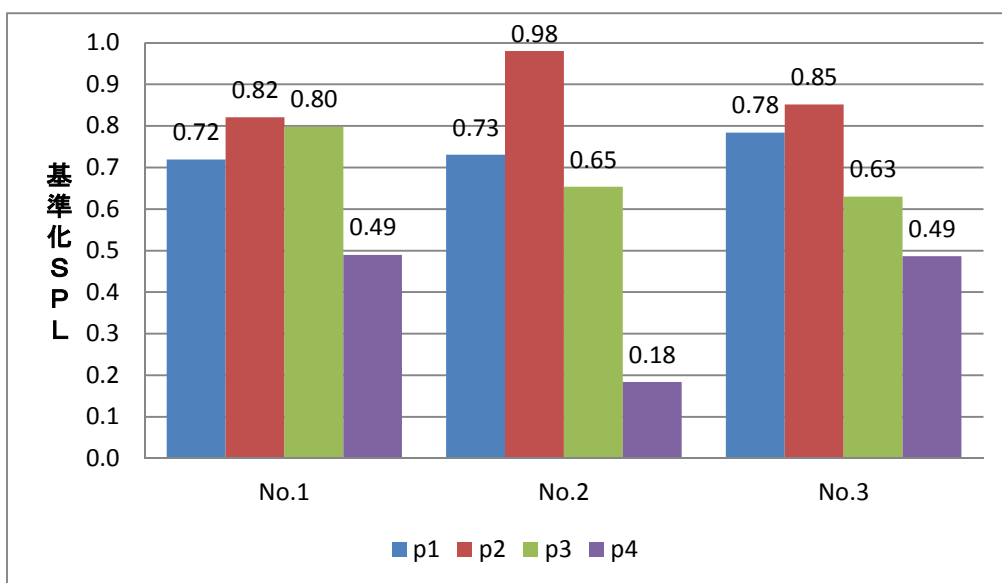


図 4-27 各降下時間パターンにおける平均測定値 (No. 1~3)

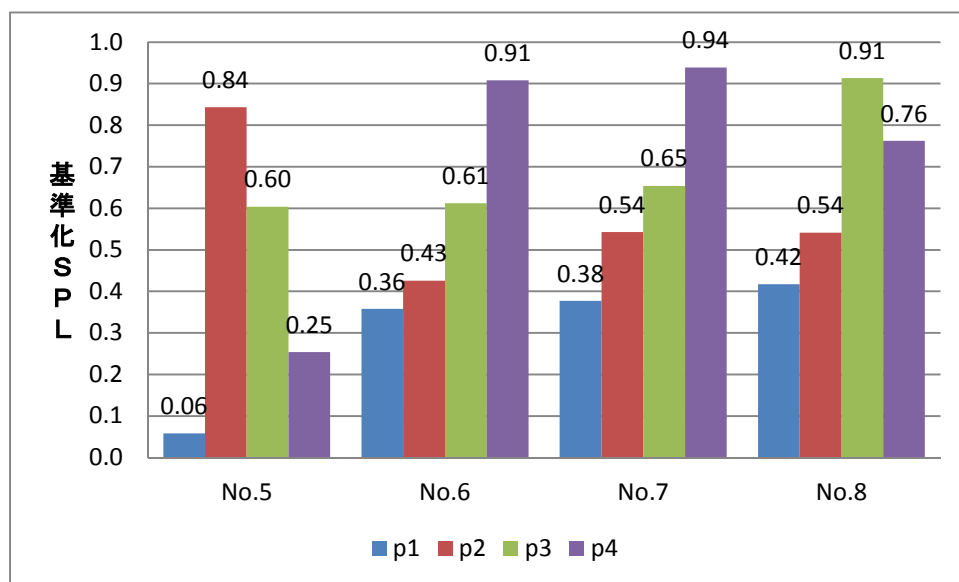


図 4-28 各降下時間パターンにおける平均測定値 (No.5~8)

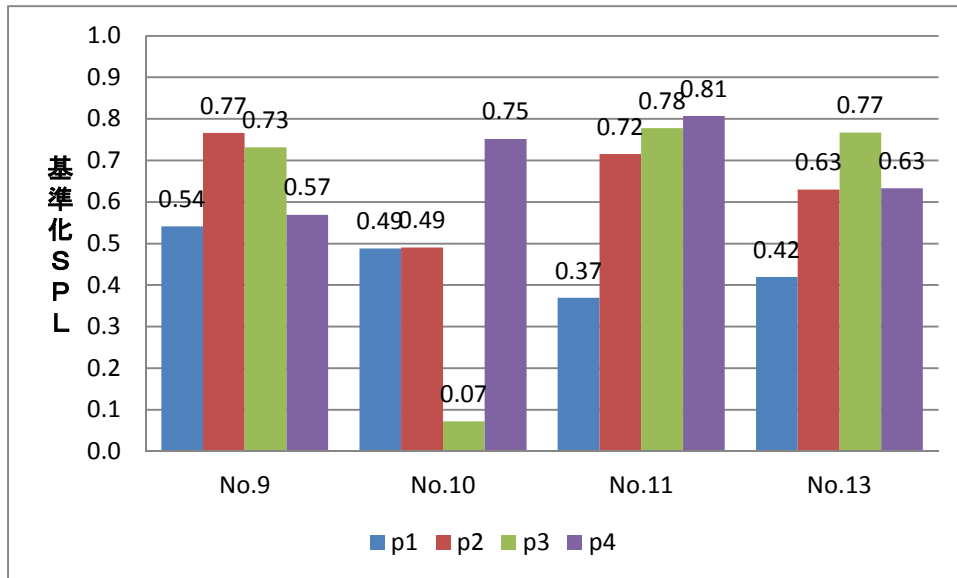


図 4-29 各降下時間パターンにおける平均測定値 (No..9、10、11、13)

平均測定値の分析をしたところ、

①p1 平均値<p2 平均値<p3 平均値<p4 平均値、つまり降下時間が長くなるにつれて、ストレス値が高くなった被験者が3名 (No.6、7、11)。

また、②p1 平均値<p2 平均値<p3 平均値>p4 平均値、となる被験者が2名 (No.8、13) だった。さらに、③p1 平均値<p2 平均値>p3 平均値>p4 平均値、となる被験者が5名 (No.1、2、3、5、9) となり、その他は1名という結果だった。

結果として、p1 以外のパターンは被験者によっては4パターンのうち最も平均値が高くなるピーク値を記録したが、p1 だけはどの被験者においてもピークになることがなく、4パターンの中では最もストレス平均値が高くなりにくいと考えられる。

また上記の②、③のような平均値のピークが p2 あるいは p3 になりその後平均値が下がる「折り返し」傾向のある被験者が11名中7名と一番多くなった。これは、本実験がすべての被験者に対し p1→p2→p3→p4 の順に測定を行ったために1、2回目以降に繰り返しの実験による、いわゆる「慣れ」によって精神的緊張の緩和が生じたことが要因として考えられる。

次に、待機時間中のストレスに着目し、停止直後を基準とするために、各経過時間（1~24 秒）での平均測定値から、停止直後の平均測定値（0 秒）の差を取り、経過時間毎でのストレス値の増減をみた。結果は次の通りである。（図 4-30）

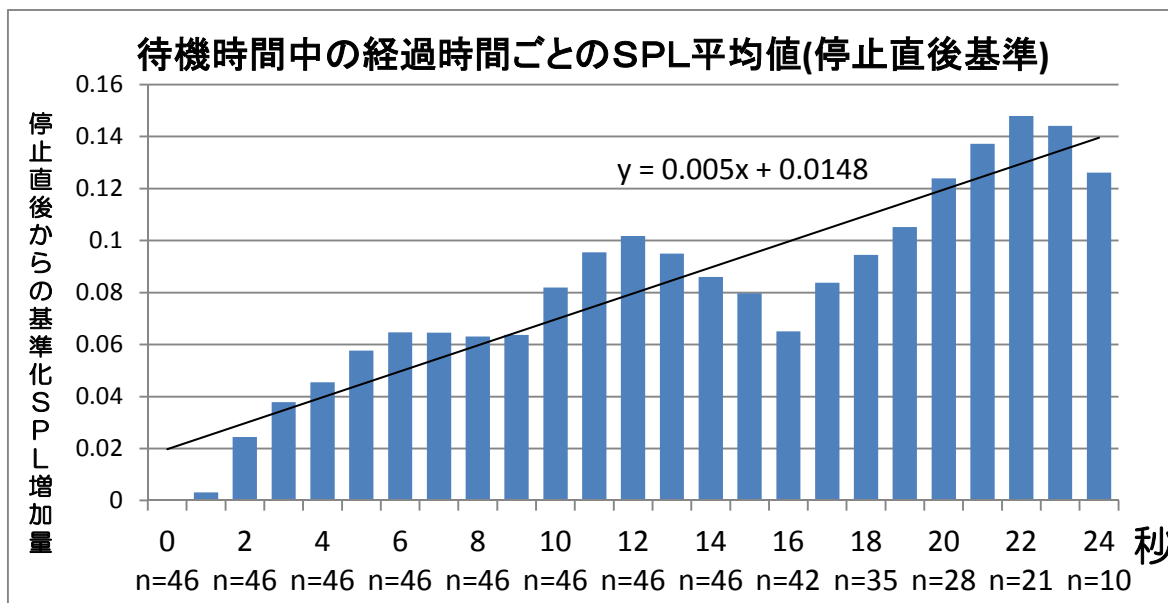


図 4-30 停止直後を基準とした待機時間中の平均測定値の増減

グラフを見ると、多少の波はあるものの、経過時間が大きくなると停止直後からのストレス値の増分も大きくなっていることがわかり、線形近似曲線も正の傾きを示している。以上のことから、降下時間が長くなれば、基準化 SPL の平均値も大きくなる傾向があると考えられる。

最後に、降下時間と基準化 SPL の間の傾向に着目し、降下時間別での、待機時間前ストレス平均値を待機時間中のストレス平均値から引き、待機時間前と待機時間中でのストレスの増減をみた。結果の図が以下のようにになっている。

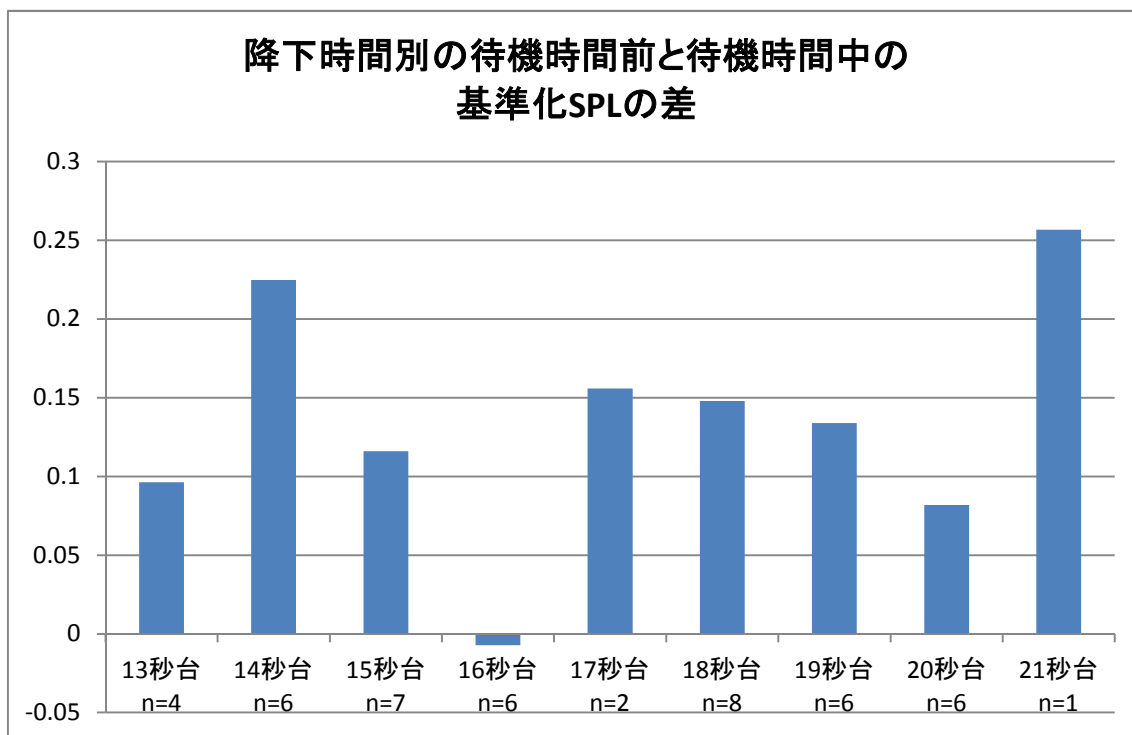


図 4-31 降下時間別ストレス平均値の差

分析の結果、16 秒台を除く降下時間パターンにおいて待機時間前に比べ待機時間中の方が、基準化 SPL が大きいことがわかった。このことから運転者は通常時より待機時間中にストレスを感じたと考えられる。

### 3) ストレス測定器を用いた分析のまとめ

本分析では、皮膚電位計を用いて運転者のストレス評価を定量的に分析した。ここでボラード設置道路通行の流れを①停止位置で停車、②ボラードが降下を開始、③ボラードの降下完了、④車両のボラード上通過、のように区分した時、①ー②間をボラードが降下を開始するまでの時間、②ー③間をボラード降下時間とすると、①ー③間、つまり待機時間中に基準化 (SPL1)の平均測定値が上昇している傾向があり本分析では降下待機時間はストレスの上昇に影響を与えていると考えられる。



#### (5) 降下時間ストレス調査まとめ

本分析ではボラード降下時の待機時間での運転者のストレスに着目し、運転者へのヒアリングに加え、定量的なストレス測定器を用いて多面的な分析を行うことで詳細な待機時間のストレスを調査することを目的として実施した。

この2つの各調査結果のまとめは以下に述べる。

- ヒアリング結果からは、運転者は降下時間に対して明確なストレスを知覚していないということが分かった。
- 皮膚電位計を用いたストレス分析からは、通行時の一連の流れの内降下時間中に基準化 SPL が上昇したことから、降下時間中には潜在的なストレスがかかっていることが考えられる。
- 経過時間別の基準化 SPL の増減をみると、すべての時間において増加を示し、かつ経過時間が大きくなると SPL の増分も大きくなる傾向があった。

#### 4.3.6. 騒音・振動調査

実験で用いたライジングボラードは、空気を送り込むことでボラードを上昇させる圧縮空気駆動方式を採用しているため、制御盤内にエアコンプレッサーを配置している。通常時は空気を送り込むだけであるが、タンク内の空気が減少すると自動でエア充填を開始する。

本調査ではコンプレッサーの充填時の騒音・振動の平均的な値と充填音の発生頻度を調査した。観測地点はコンプレッサーと人の距離が最も近くなる歩道部で行った。

(図 4-32)

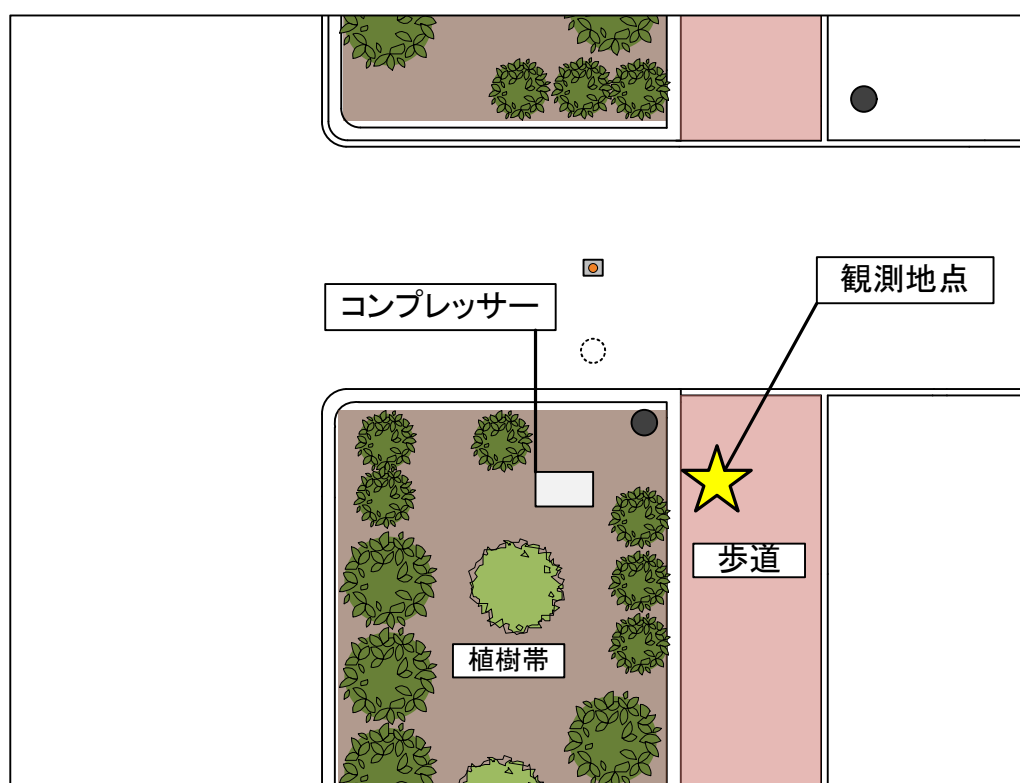


図 4-32 観測地点

### (1) 騒音・振動調査結果

調査では、エアコンプレッサーの空気充填時の騒音・振動を計測した。コンプレッサーは制御盤キャビネット内にあるため、キャビネットのドア開閉時別で騒音・振動値を記録した。事前に調査した空気充填頻度は上昇と降下を1セットとすると2~2.5セットに1回の間隔で空気の充填を行っていた。

なお環境省の設定した騒音・振動の規制基準<sup>6</sup>は表 4-8、表 4-9 の通りである。騒音基準については、地域の類型としては生活道路を想定して「専ら住居の用に供される地域」とする A 型、「主として住居の用に供される地域」とする B 型を対象とする「A および B」の類型を基準とする。振動基準は同様の理由から「第 2 種区域」を対象とする。

測定日は1月 21、23、25、26、27 日の 5 日間、各 2 時間程度の実験中に行った。天候はすべて晴れである。測定記録は表 4-8、表 4-9 の通りである。

測定の結果、ドアが開いた状態での騒音平均値は 64.8db、振動平均値は 41.6db となった。次にドアが閉まった状態での騒音平均値は 55.5db、振動平均値は 42.0db であった。

表 4-8 騒音規制基準

地域の類型	騒音基準値	
	昼間	夜間
AA	50 デシベル以下	40 デシベル以下
A および B	55 デシベル以下	45 デシベル以下
C	60 デシベル以下	50 デシベル以下

表 4-9 振動規制基準

区分	振動基準値	
	昼間 8 時から 19 時まで	夜間 19 時から翌日の 8 時まで
第 1 種区域	65 デシベル	60 デシベル
第 2 種区域	70 デシベル	65 デシベル

表 4-10 キャビネットのドア開閉時別騒音・振動記録表

	No..	ドア開		ドア閉	
		騒音(db)	振動(db)	騒音(db)	振動(db)
1月21日	1	66.3	41.3	57.1	41.5
	2	65.7	41.3	55.3	42.5
	3	66.9	41.5	56.5	41.7
	4	68.0	40.7	56.7	41.6
	5	63.1	40.3	54.6	41.2
1月23日	6	64.8	42.1	53.0	43.0
	7	65.5	42.0	54.8	42.6
	8	62.7	41.9	54.3	41.9
	9	67.4	40.2	57.1	42.3
	10	66.8	43.9	54.7	41.5
1月25日	11	61.8	42.6	54.5	43.0
	12	63.7	42.8	54.5	43.0
	13	63.7	41.1	57.0	41.9
	14	65.0	41.3	55.3	42.0
	15	66.3	41.3	56.0	41.7
	16	65.0	40.9	55.4	42.0
	17	63.5	41.0	57.0	41.9
1月26日	18	63.8	42.1	56.3	42.3
	19	65.5	41.7	56.3	42.8
	20	66.0	43.5	55.7	43.8
	21	64.8	42.1	56.3	44.4
	22	64.7	42.0	57.7	43.2
1月27日	23	64.3	41.3	56.0	40.3
	24	64.0	42.5	55.5	42.8
	25	65.6	42.2	55.0	41.8
	26	62.8	41.6	54.6	41.7
	27	63.8	41.4	55.1	41.4
	28	60.6	41.6	53.7	41.3
	29	65.7	40.7	53.9	41.0
	30	64.9	41.0	54.8	40.8
	31	65.9	41.1	55.6	40.4
	平均値	64.8	41.6	55.5	42.0

## (2) 騒音・振動調査まとめ

調査結果のまとめを以下に述べる。

- 騒音平均値はドア開閉時別で約 10db 差があり、ドア解放時の方が騒音が大きかった。
- 振動平均値はドア開閉時別で大きな差はなかった。
- 観測地点でのドア開閉時両者とも騒音基準よりも平均値が高かった。
- 振動平均値はドアの開閉に関係なく基準値を下回っていた。

騒音平均値に関しては、測定位置がキャビネットから 1m 未満の位置で測定したことから基準値を上回ったと考えられる。キャビネットのドアは通常時は締め切っていることを考えれば、キャビネットから住居までの距離を十分確保した状態では基準値を下回るのではないかと予想される。また空気充填時以外の通常時は規制基準を下回っている（ほぼ無音である）ことから騒音問題が発生する可能性は低いのではないかと考えられる。

以上のことから、本調査ではエアコンプレッサーの騒音・振動に関して、通常時の作動では騒音・振動値に問題はないが、空気充填時の騒音・振動では沿道住民の住む距離から 1m 未満の位置にコンプレッサーを設置すると騒音のみ規制基準を上回ることがわかった。

#### 4.3.7. 路面標示の有効性検証

本調査では、ライジングボラード付近にボラードの存在を知らせるような路面標示を施すことで、歩行者の歩行挙動が通常時で変化するか、またどのように変化するかを調査した。設置路面標示は2種類実施し、白色テープで表示した。

また路面標示パターンはイギリス・オランダの例を参考に以下のように表示した。

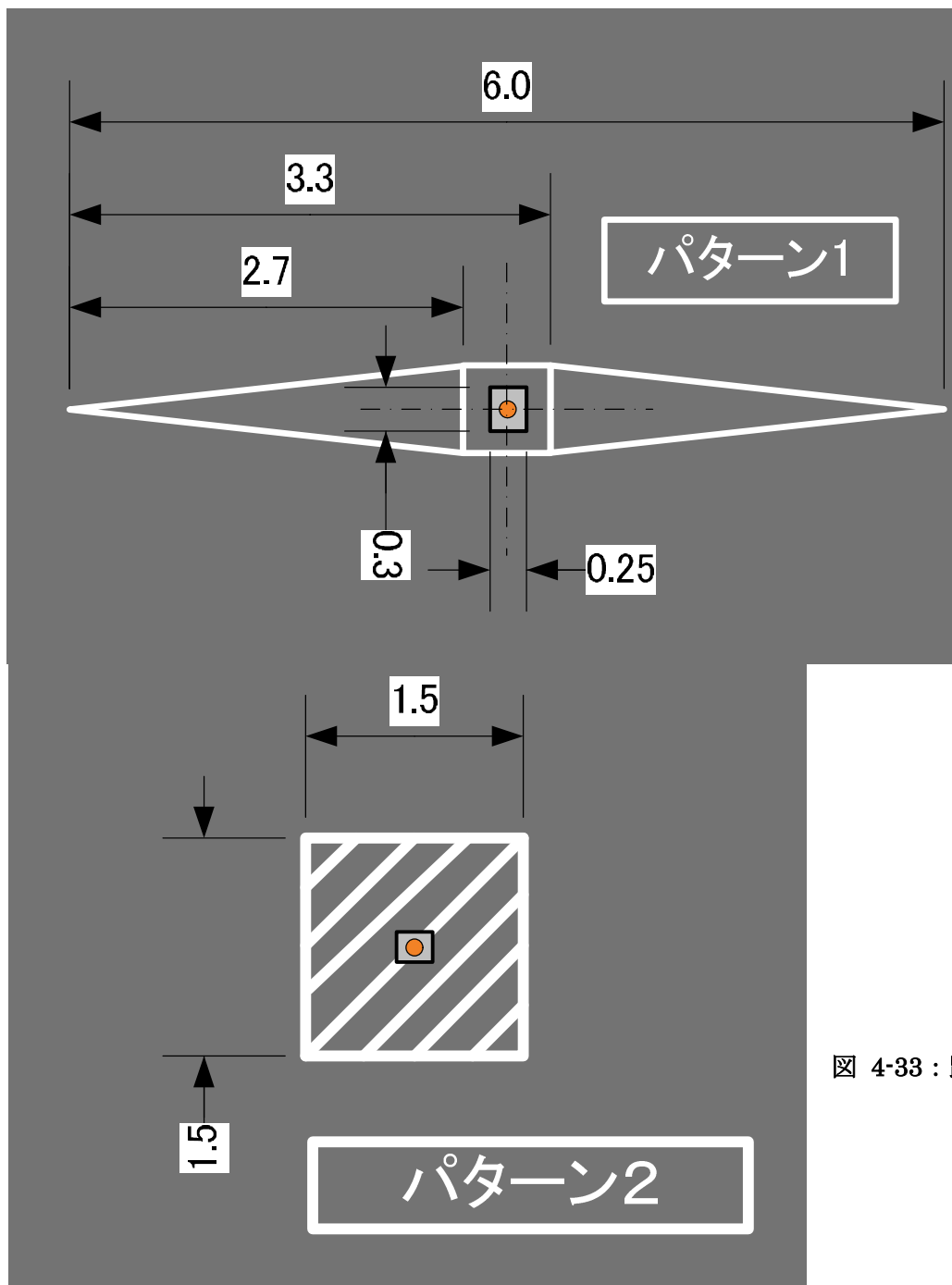


図 4-33 : 路面標示例

### (1) 路面標示の有効性調査結果

本調査では写真のような路面標示をそれぞれパターン1、パターン2とし、この路面標示の設置時と表示なしの時でのボラード上通過人数を観測し比較した。

調査日時は1月30日、2月4日、2月5日の3日間で行いいずれも11:30~13:00の2時間の調査である。観測結果を表4-11に示す



写真 4-9 路面標示パターン1



写真 4-10 路面標示パターン2

表 4-11 表示パターン別歩行者挙動観測結果

日付	歩行者挙動	表示なし	表示パターン 1	表示パターン 2
1/30	総通行人数	324	350	230
2/4	ボラード上通過人数	79	61	43
2/5	非通行人数	245	289	187
	ボラード上通過率	24.4%	17.4%	18.7%

歩行者挙動では、表示なしのときのボラード上通過率は 24.4%、表示パターン 1 のときは 17.4%、パターン 2 では 18.7%であった。

比率の差の検定を行った結果、パターン 1 では p 値=0.00261 となり有意差が認められ、パターン 2 では有意差は認められなかった。

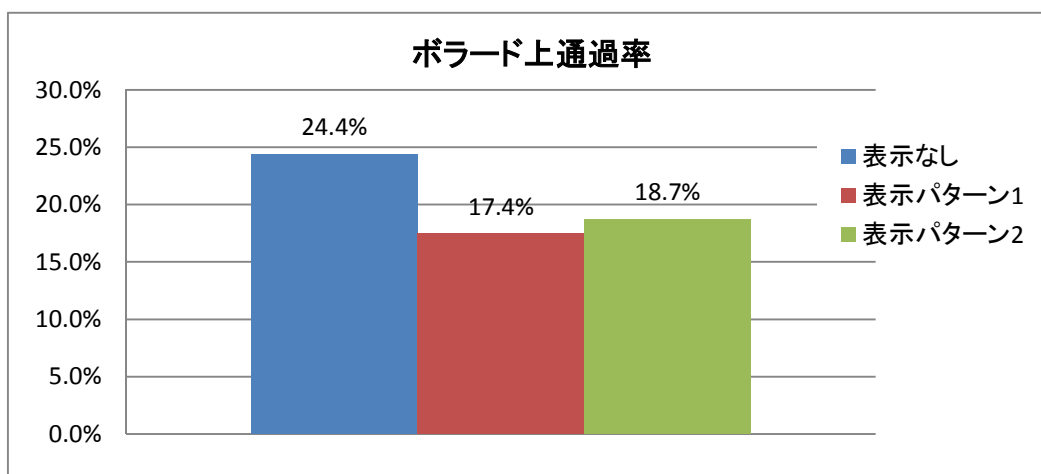


図 4-34 パターン別ボラード上通過率

## (2) 路面標示の有効性検証まとめ

今回の調査では、路面標示を施した場合としていない場合でのボラードの真上を通過した人数の割合は施した場合の方が小さかったが、有意な差がみられたのは表示パターン 1 の時のみだった。

これは表示パターン比較して、正方形のパターン 2 に対しひし形のパターン 1 は日本の道路標示でも見ない形であることから効果に差出たのではないかと考えられる。

以上の結果から、路面標示パターン 1 (ひし形) は、歩行者がライジングボラード上を避けて通行する挙動に有効性があると考えられる。



#### 4.3.8. 可倒性・耐久性検証

本実験で用いたゴム製ライジングボラードは、日本導入時に不安視されてきた安全性の問題の解決に大きく前進するデバイスと考えられており、本実験では緊急時の車両通行を想定して、車両がボラード部分を押し倒して通行ができるかを検証した。また押し倒し通行後に正常に作動ができるか耐久性も合わせて検証した。

踏み倒しの通行実験は①直進徐行、②直進、③右折での進入時、④左折での進入時、⑤後退、の全5パターンで実施した。

### (1) 検証結果

本実験で用いたソフトライジングボラードを全5種（①直進徐行、②直進、③右折進入、④左折進入、⑤後退）のパターンで踏み倒した。以下の写真は踏み倒し時の様子である。



写真 4-11 車両によるボラード踏み倒しの様子



写真 4-12 車両によるボラード踏み倒しの様子



写真 4-13 車両通過後のボラード

踏み倒しを全 5 パターン計 8 回実施後、ライジングボラードの作動性を確認したところ、昇降時間にも変化はなく正常に動作が完了しシステムへの影響はなかった。またボラード本体部も車両による汚れと表面に小さな傷はついたが大きなダメージは見当たらなかった。



写真 4-14 踏み倒し後のボラード

## (2) 可倒性・耐久性まとめ

検証のまとめとして、今回実験で用いたゴム製ライジングボラードは緊急車両などの車両がやむを得ずボラードを踏み倒して通行することを許容できることが確認され、可倒性があると判断できる。また、複数回に及ぶ踏み倒し試験後にも正常に稼働したことから、耐久性にも問題はないと考えられる。

よって、ゴム製ライジングボラードは緊急車両の踏み倒し走行に対して可倒性・耐久性があり、公道での導入にも適応できると考えられる。

#### 4.4. 実験のまとめ

本実験では、わが国における生活道路の問題点とこれまで行ってきた整備事業を整理した上で、生活道路内の抜け道交通を取り除く新しい手段として、ヨーロッパで普及が進み日本の公道では未導入のライジングボラードというツールに着目し、導入に至っていない要因の一つである安全性の向上を図った新たな「ソフトライジングボラード」を用いることで、安全性の検証、作動性、車両挙動、耐久性の検証など公道設置による効果実証実験を見据えた基礎研究として、有益な情報、研究成果の蓄積に努めた。

以下では実験結果をまとめる。

1. ライジングボラード・システムの作動は、電源の供給環境の安定を前提とし十分に行動に導入できる。
2. 追従車両を適切に規制するための車頭時間とボラード上昇開始時間

車頭時間	ボラード上昇開始時間（先行車両通過後から）
3秒	0秒
4秒	0、1秒
5秒	0、1、2秒
6秒	0、1、2、3秒

3. ボラードの存在を知った状態では知る前よりも減速する傾向がある。
4. 右ハンドル車両では右折と左折ではボラードの視認環境は右折の方が良い。
5. ボラードを初見した運転者には少なからず精神的動揺がみられる
6. 普通乗用車での適正停止位置はボラード手前 4.5m~5.0m である。
7. 降下時間中、運転者には潜在的にストレスがかかっており、待機時間が長ければ長いほどストレスも増加する傾向にある。
8. エアコンプレッサーの騒音・振動は、通常時の作動では騒音・振動値に問題はないが、空気充填時の騒音・振動では沿道住民の住む距離から 1m 未満の位置にコンプレッサーを設置すると騒音のみ規制基準を上回る。
9. 路面標示では、路面標示パターン 1（ひし形）が歩行者のライジングボラードを避ける行動に有効である。
10. 実験で使用したライジングボラードは緊急車両の踏み倒し走行に対して可倒性・耐久性があり、公道での導入にも適応できる。

以上のように本研究は、公道展開を見据えた基礎的研究として様々な調査項目の検証を行い、公道導入の可能性の探求を行ってきた。安全性、作動性の検証によりシステムの適応性と耐久性は十分に実証できたといえよう。今後、公道での適用を目指すためには、車両の通過を検知するセンサーや電光表示など、実際の導入に向けて必要となるデ

バイスについて検討することや、規制除外車両等の扱いなどについて詳細に検討するなど、実務上の課題を解消することが必要である。

#### 参考文献

---

- 1) Department of Transport: Traffic Advisory Leaflet 「Rising bollards」、Traffic Management Division、 1997
- 2) HIGHWAYS AGENCY : Performance Specification for Rising Bollards Control Systems、TR2510 Issue A、 2005
- 3) LARBUG: 「RISING BOLLARD SYSTEMS DESIGN、 USE AND OPERATIONAL GUIDE」
- 4) OAP's car stuck on bollard (From South Wales Argus) 2013/2/5 アクセス  
[http://www.southwalesargus.co.uk/news/9168368.OAP\\_s\\_car\\_stuck\\_on\\_bollard/](http://www.southwalesargus.co.uk/news/9168368.OAP_s_car_stuck_on_bollard/)
- 5) 札本太一, 小嶋文, 久保田尚 : 歩行者の外形的な特徴に着目した歩行環境の評価手法の提案, 土木学会論文集 D3,67(5) 2012
- 6) 環境省 HP 環境基準と調査結果 騒音と振動について 2013/2/5 アクセス  
<http://www.city.suzuka.lg.jp/gyosei/plan/kankyoushisei/data/kijun/index4.html>



公益財団法人 国際交通安全学会

International Association of Traffic and Safety Sciences