

2019 年度 博士論文

指導教員 新垣紀子教授

人と環境に適応したインタフェース設計の研究
－移動システムを事例として－

成城大学大学院

社会イノベーション研究科

社会イノベーション専攻

学籍番号 16P1001

氏名 城戸 恵美子

2019年度 博士論文

人と環境に適応したインタフェース設計の研究 –移動システムを事例として–

城戸 恵美子

目次

目次	i
図目次	v
表目次	viii
第1章 序論	1
1.1 背景.....	1
1.2 本研究の課題.....	2
1.3 本研究の目的.....	4
1.4 関連研究.....	6
1.4.1 モデル研究.....	8
1.4.2 ユーザビリティ	9
1.4.3 ユーザエクスペリエンスデザイン	9
1.4.4 人間中心設計.....	10
1.4.5 第3の人工物と自動化.....	11
1.5 本論文の構成.....	14
第2章 運転者状態と環境情報を利用するカーナビゲーションシステムの道案内の研究	16
2.1 本章の位置づけ	16
2.2 はじめに	18
2.3 方法.....	19
2.3.1 実験の目的.....	19
2.3.2 実験参加者.....	19
2.3.3 使用機材	20
2.3.4 走行経路の設定	20

2.3.5	手続き	22
2.3.5.1	案内者の走行経路学習	22
2.3.5.2	カーナビ走行タスク	23
2.3.5.3	案内者走行タスク	23
2.3.5.4	主観評価	23
2.3.5.5	振り返りインタビュー	23
2.4	結果	24
2.4.1	走行経路からの逸脱	24
2.4.2	主観評価結果	25
2.4.3	振り返りインタビュー結果	27
2.4.3.1	運転者が感じた人とカーナビによる道案内の違い	27
2.4.3.2	案内者が案内する際に気を付けたこと	27
2.4.4	観察結果	28
2.4.4.1	事例(1) わかりにくい分岐	29
2.4.4.2	事例(2) 見通しの悪い交差点	34
2.4.4.3	案内方法の特徴	36
2.5	考察	42
2.6	結論	46
2.7	本章のまとめ	46
第3章	市街地における運転者・歩行者の不安感を考慮した自動運転の研究	49
3.1	本章の位置づけ	49
3.2	はじめに	50
3.3	方法	55
3.3.1	目的	55
3.3.2	実験参加者	55
3.3.3	実験車両	55
3.3.4	実験条件	57
3.3.5	自動運転の走行体験	58
3.3.6	主観評価	60
3.3.7	統計分析	61
3.4	結果	61

3.4.1	回避距離に対する不安感の違い.....	61
3.4.2	不安を与えないという観点での距離感覚.....	64
3.4.3	日常における距離感覚との比較.....	66
3.4.4	不安を与えないという観点での距離感覚と日常における距離感覚との比較の関 係.....	69
3.4.5	回避距離に対する許容度合いの違い.....	69
3.4.6	不安を感じさせない回避距離指針の検討.....	70
3.5	考察.....	73
3.5.1	回避距離に対する不安感.....	73
3.5.2	不安を感じさせない回避距離指針の必要性.....	74
3.5.3	自動運転の模擬環境への気付きの影響.....	74
3.6	おわりに.....	75
3.7	本章のまとめ.....	75
第4章 多様な身体障がい者の移動負荷を軽減するエレベーター行先予報システムの研究		78
4.1	本章の位置づけ.....	78
4.2	はじめに.....	80
4.3	予備調査.....	83
4.3.1	目的.....	83
4.3.2	調査参加者.....	83
4.3.3	装置.....	84
4.3.4	手続き.....	84
4.3.5	結果と考察.....	85
4.3.5.1	かご割り当て条件の優先順位.....	85
4.3.5.2	身体障がい属性別コメント.....	86
4.3.5.3	考察.....	87
4.4	実験.....	87
4.4.1	目的.....	87
4.4.2	実験参加者.....	88
4.4.3	装置.....	89
4.4.4	実験条件.....	89
4.4.4.1	位置関係.....	89

4.4.4.2	乗車率.....	90
4.4.4.3	待ち時間.....	90
4.4.5	状況設定とタスク.....	91
4.4.5.1	位置関係.....	91
4.4.5.2	乗車率.....	91
4.4.5.3	待ち時間.....	92
4.4.6	主観評価.....	92
4.4.6.1	位置関係.....	93
4.4.6.2	乗車率.....	93
4.4.6.3	待ち時間.....	93
4.4.7	統計解析.....	94
4.4.8	結果.....	94
4.4.8.1	位置関係.....	94
4.4.8.2	乗車率.....	97
4.4.8.3	待ち時間.....	101
4.5	総合考察.....	104
4.5.1	かごの割り当て位置について.....	104
4.5.2	乗車率について.....	105
4.5.3	待ち時間について.....	105
4.5.4	制御方法のカスタマイズについて.....	106
4.5.5	従来方式のエレベーターとの比較.....	106
4.5.6	エレベーター行先予報システムにおける課題.....	106
4.6	本章のまとめ.....	107
第5章	総括.....	110
5.1	本研究のまとめ.....	110
5.2	今後の研究課題.....	113
参考文献		115
業績一覧		124

図目次

図 1.1	SDGs 世界を変えるための 17 の目標	1
図 1.2	インタフェース・ユーザビリティ・ユニバーサルデザイン(若松,2005,p.32, 図 2.2).....	3
図 1.3	従来の移動体を取り巻く移動空間の構成要素と関係性	5
図 1.4	視点の違いによる概念モデルの違い.....	7
図 1.5	人間中心設計活動のプロセス (JIS Z 8530:2019, p.11, 図 1)	11
図 2.1	従来のカーナビゲーションシステムを取り巻く移動空間の構成要素と関係性.....	17
図 2.2	走行経路 (a)カーナビ走行, (b)案内者走行.....	21
図 2.3	実施手順.....	22
図 2.4	運転時の不安感に関する主観評価尺度.....	24
図 2.5	走行経路からの逸脱発生頻度.....	25
図 2.6	運転時の不安感に関する主観評価結果.....	25
図 2.7	案内者の視線映像.....	28
図 2.8	事例(1)五叉路におけるカーナビ 走行(1 回目).....	29
図 2.9	事例(1)五叉路におけるカーナビ 走行(2 回目).....	29
図 2.10	事例(1)五叉路における案内者走行.....	30
図 2.11	案内者が左折路を指さした場面.....	32
図 2.12	案内者が前走車の進路を目印にした場面.....	32
図 2.13	事例(2)見通しの悪い交差点におけるカーナビ走行.....	35
図 2.14	事例(2)見通しの悪い交差点における案内者走行.....	35
図 2.15	案内のタイミング.....	37
図 2.16	案内者が交差点で直進を案内した例.....	41
図 2.17	運転者が直進を確認した例(1).....	41

図 2.18	運転者が直進を確認した例(2)	41
図 2.19	運転者状態と環境情報を利用したカーナビゲーションシステムを取り巻く移動空間の構成要素と関係性	47
図 3.1	従来の自動車を取り巻く移動空間の構成要素と関係性	50
図 3.2	自動運転模擬車両の運転席	56
図 3.3	自動運転車両, 障害物, 歩行者の位置関係	58
図 3.4	右折シーン	58
図 3.5	主観評価尺度(運転者の視点)	60
図 3.6	運転の自信の有無別の運転者と歩行者の不安感の違い	62
図 3.7	運転の自信の有無別の運転者と歩行者の不安を与えないという観点での距離感の平均値	65
図 3.8	運転の自信の有無別の運転者と歩行者の日常における距離感覚との比較の平均値	68
図 3.9	運転者と歩行者の回避距離の許容度合いの度数分布	70
図 3.10	不安を感じさせない回避距離の目安	72
図 3.11	自動運転システムを取り巻く移動空間の構成要素と関係性	76
図 4.1	従来のエレベーターを取り巻く移動空間の構成要素と関係性	79
図 4.2	予備調査におけるエレベーターホールのレイアウト	84
図 4.3	実験におけるエレベーターホールのレイアウト	89
図 4.4	乗車率別かご内における他の利用者の配置	90
図 4.5	主観評価尺度の例	92
図 4.6	位置関係と移動のしやすさ	95
図 4.7	位置関係の許容度合い	96
図 4.8	乗車率別の混雑感(乗車前)	98
図 4.9	乗車率別の混雑感(乗車中)	98
図 4.10	乗車率別の許容度合い	99
図 4.11	乗車率 50%における身体障がい属性別の乗車行動の事例	100
図 4.12	待ったと感じたか	102
図 4.13	待ち時間別の許容度合い	102
図 4.14	待ち時間の回帰分析	104
図 4.15	エレベーター行先予報システムを取り巻く移動空間の構成要素と関係性	108

図 5.1 第 3 の人工物である自動化された移動システムを取り巻く移動空間の 構成要素 と関係性.....	112
---	-----

表目次

表 1.1	運転自動化レベルの定義 (JASO TP 18004:2018, p.19, 表 1 より抜粋)	13
表 1.2	本論文のもとになっている論稿	15
表 2.1	カーナビ走行における逸脱状況	26
表 2.2	案内者走行における逸脱状況	27
表 2.3	案内者走行における案内の特徴(1)	33
表 2.4	案内者走行における案内の特徴(2)	36
表 2.5	予告型案内の例	38
表 2.6	案内者走行における地点特定情報	39
表 3.1	運転の不安要素の因子分析結果	54
表 3.2	回避距離に対する不安感の平均値	62
表 3.3	不安を与えないという観点での距離感覚の平均値	65
表 3.4	日常における距離感覚との比較の平均値	68
表 3.5	不安を与えないという観点での距離感覚と 日常における距離感覚との比較との 相関係数	69
表 4.1	かご割り当て条件の優先順位	86
表 4.2	実験参加者	88

第1章 序論

1.1 背景

2015年9月に開催された国連サミットで「持続可能な開発のための2030アジェンダ」、Sustainable Development Goals (SDGs)が採択された(外務省 HP, 2019-07-07 参照)。SDGsでは、世界を変えるための17の目標が策定された(図 1.1 参照)。その中には、「産業と技術革新の基盤をつくろう」「人や国の不平等をなくそう」「住み続けられるまちづくりを」「働きがいも経済成長も」といった目標が含まれる。これらが示すように、持続可能な社会を実現するためには、多様な人が容易にかつ安全に不安なく街に出かけ仕事をし、社会に参加できるような仕組みを整えていく必要がある。都市間や街中における人々の移動を支援する、自動車や鉄道といった移動体を始めとして、ビル内で人々が移動することを支援するエ



私たちは持続可能な開発目標 (SDGs) を支援しています

出典：国際連合広報センター, https://www.unic.or.jp/files/sdg_poster_ja.pdf (2019-11-28 参照)

図 1.1 SDGs 世界を変えるための17の目標

エレベーターやエスカレーターといった移動体も重要な社会インフラである。こうした移動体が技術の進展により高度化し、機械やシステムの自動化が実現しつつある。自動化とは、これまで人が操作していた機能の一部またはすべてを、機械やシステムが肩代わりするものである(Parasuraman, Sheridan, & Wickens, 2000)。自動化された移動システムが社会に普及し、人々に受け入れられるようにするために、持続可能な社会の実現に向けた課題解決としてのイノベーションが求められている。

新しい技術である自動化された移動システムにおいては、技術開発の上流段階(upper process)から、多様な人が利用することを意識したインタフェース設計とすることに取り組むことが重要である。SDGsの考え方と親和性が高い概念に、ユニバーサルデザイン(universal design)がある(西山, 2019)。ユニバーサルデザインは、米国の建築家であったロナルド・メイス(Mace, Ronald L.)によって1985年に定義された。性別、年齢、障がいの有無にかかわらず、あらゆる人が可能な限り使用できるように、余計なコストをかけず製品やサービス、環境をデザインすることである(Mace, 1985; The Center for Universal Design, 1997; Ostroff, 2010)。開発のはじめの段階からユニバーサルデザインに配慮することで、開発コストが削減され、かつ、より多くの人々に利益をもたらすことができる(Story & Mueller, 2010)。

新しい技術の開発こそユニバーサルデザイン対応の好機である。例えば、高橋・國松(2019)は、自動運転のユニバーサルデザイン対応の必要性について、次のことを主張している。自動運転が一般に普及してから、最後に視覚障がい者に利用させるのではなく、視覚障がい者を自動運転の第一の研究対象とするべきであること。自動運転は、移動弱者である視覚障がい者の自律した移動、および、就労を可能とするものであり、視覚障がい者が安全に移動できるようになれば、誰もが安全に移動しやすい社会となることが期待できること。つまり、自動化された移動システムについても、健常者だけでなく、視覚障がい者や肢体不自由者、聴覚障がい者など、多様な身体障がい者に利用できるインタフェースとすることが重要である。

1.2 本研究の課題

人工物(artifacts)とは、人が使うために作成したあらゆるものを指す。石器やナイフなどの道具、建物や環境、空間、そして、家電製品やコンピュータなどの機械やシステム、サービスや制度などである(黒須・伊東・時津, 1999; 若松, 2005)。図1.2(若松, 2005)に示すように、人と人工物のやりとり、相互作用の場のことを、ヒューマンインタフェース(human interface)、ないし、インタフェース(interface)と言う。機械やシステムを利用する人のことをユーザ(user)と言う(海保・黒須・原田, 1991)。機械やシステムとユーザとのやりとりの

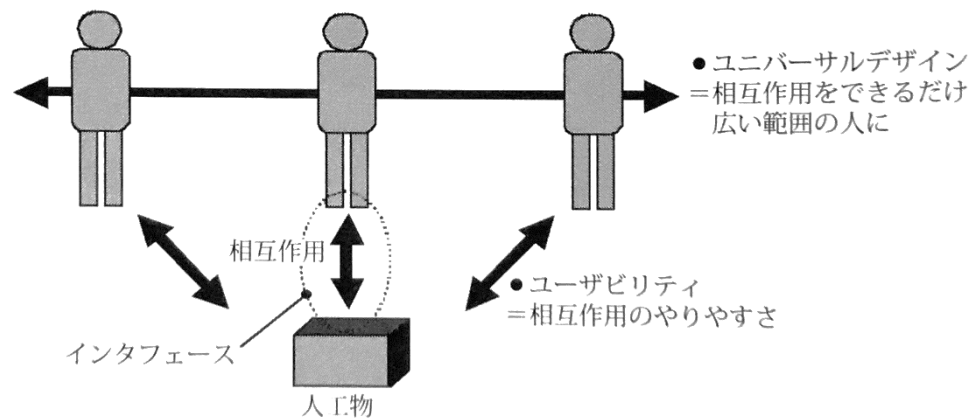


図 1.2 インタフェース・ユーザビリティ・ユニバーサルデザイン(若松,2005,p.32, 図 2.2)

しやすさ、使いやすさをユーザビリティ(usability)と言う(黒須ら, 1999; 若松, 2005)。ユーザビリティは、機械やシステムの典型的なユーザにとっての使いやすさを確保するとの考えに基づく(ISO 9241-11:2018)。先に挙げたユニバーサルデザインは、典型的なユーザのみならず、ユーザビリティを享受できる人の範囲を広くしようとする活動である(若松, 2005)。

自動化システムにおいては、システムによるふるまいがユーザにとって快適で受け入れやすいことが重要である。自動化システムは「第3の人工物」と呼ばれている(前東・三輪・寺井, 2014)。石器やナイフといった道具としての人工物に対して、電卓やコンピュータ、携帯電話などは人の情報処理活動を支援するもので、認知的な人工物(cognitive artifacts)と呼ばれている(Norman, 1991)。言わば前者は第1の人工物、後者は第2の人工物である。

第2の人工物である認知的な人工物は、技術の進展によりシステムのブラックボックス化が進んだ。システムが内部でどのような意図を持ち、どのような処理をしているのかが、ユーザからは見えにくい。開発者は機械やシステムを使う際の手順をマニュアルに記すことにより、スムーズな使用を促すことを試みた。しかし、すべてのユーザがマニュアルを読む訳ではない(Retting, 1991; Nielsen, 1993)。そのため、一般ユーザを対象とした場合、マニュアルを読むことなく使用できるインタフェース設計とすることが開発の目標となった。そこで、開発者たちは典型的なユーザにとってのユーザビリティ向上を目指し、製品やプロトタイプ(prototype)をターゲットとなるモデルユーザ(model users)に使用させ、その様子を観察。逡巡動作や問題行動、および、発話内容を分析し、改善の方向性を検討して来た(Nielsen, 1993)。

ユーザにとって、機器やシステムの操作ができなかった、わかりづらかったなど、言わばエラー、または、エラーを引き起こす可能性が注目されて来た。第2の人工物である認知的な人工物においては、ユーザが主体となって機械やシステムを操作していた。そのため、ユーザと機械やシステムの関係性（使いやすさ）を検討すればよいだけであった。

一方、第3の人工物である自動化された移動システムにおいては、システムのふるまいをユーザに受け入れやすいようにするために、移動空間におけるユーザやシステム、および、それらを取り巻く環境や構成要素に注目し、それぞれの関係性や要因について検討する必要がある。第3の人工物である自動化された移動システムにおいては、ユーザがシステムを制御せず、システムが課題を実行するため（前東・三輪・青山・鈴木，2018），従来の研究手法である人と人工物の関係性のみを検討する手法は適さない。

1.3 本研究の目的

本研究は、屋外/屋内を問わず、多様な人にとって移動しやすい社会を実現することを目標として、第3の人工物である自動化された移動システムのふるまいをユーザにとって受け入れやすいものとするために、移動システムのインタフェースの設計要件を検討することを目的とする。そのために、移動空間におけるユーザやシステム、それらを取り巻く環境や構成要素、および、それぞれの関係性と受け入れやすさの要因を明らかにする。

ここでの自動化とは、人の情報処理過程(human information processing)の一部またはすべての機能を、システムが肩代わりするものとする(Parasuraman et al., 2000; 高橋, 2011; 篠原, 2017)。また、ここでの受け入れやすさとは、これから何かが起きて、ユーザ自身に身体的、心理的に不利益になるような状態を予感させる不安定さに対する不安感(海保・原田・黒須, 1991)を抱かせない、快適な状況であることを指す。

図1.3は、従来の移動体を取り巻く移動空間の構成要素とそれぞれの関係性である。青色の矢印は情報の流れを示す。従来の移動空間における構成要素は、移動主体、移動体、他の移動体、および、周囲の環境である。移動主体とは人であり、移動体を主体的に使用または利用するユーザを指す。移動体とは、移動主体であるユーザが移動時に使用または利用する、自動車やエレベーターなどの人工物である。他の移動体とは、同じ移動空間にあって、移動主体や移動体の周囲に存在する、移動主体以外の人や、移動主体以外の人で使用または利用する移動体を指す。具体的には、歩行者や他の利用者、他の車両である。周囲の環境とは、移動主体が存在する移動空間にある、道路や交差点、信号や建物、エレベーターホールなどの環境を構成する要素を指す。これらは、従来のインタフェース研究で対象とされて来た、第

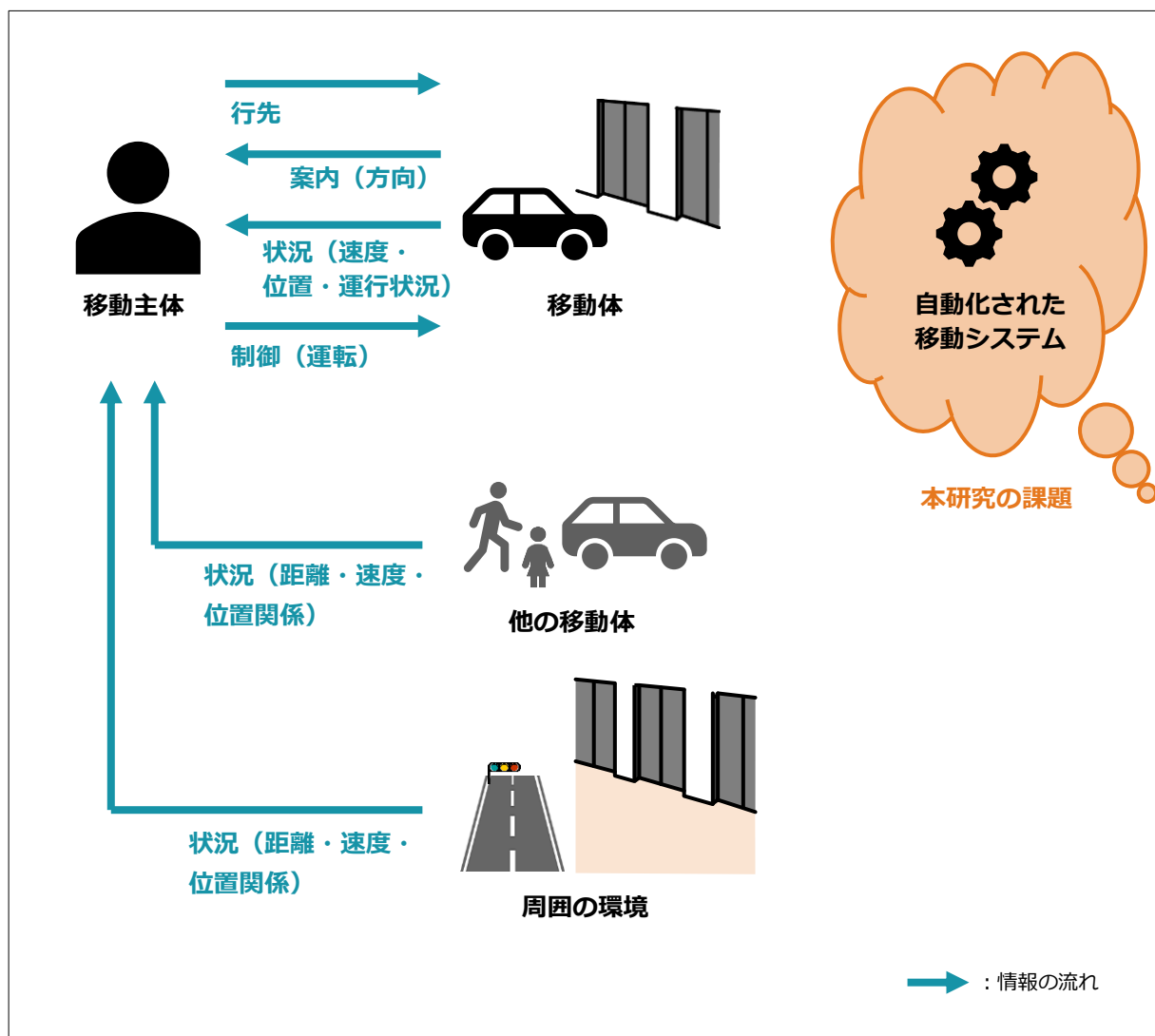


図 1.3 従来の移動体を取り巻く移動空間の構成要素と関係性

2の人工物である認知的な人工物である。第2の人工物である認知的な人工物においては、主に、移動主体と移動体の関係性が検討されて来た。図1.3に示した移動空間における情報の流れのうち、自動車の経路走行における例を示す。移動主体である運転者が、移動体に搭載されたカーナビゲーションシステムに行先を入力する。運転者にはカーナビゲーションシステムから現在の位置や次に進む方向、経路上の渋滞情報といった状況が案内される。運転者は自ら入手した他の車両や歩行者といった他の移動体の速度や位置関係、および、道路や

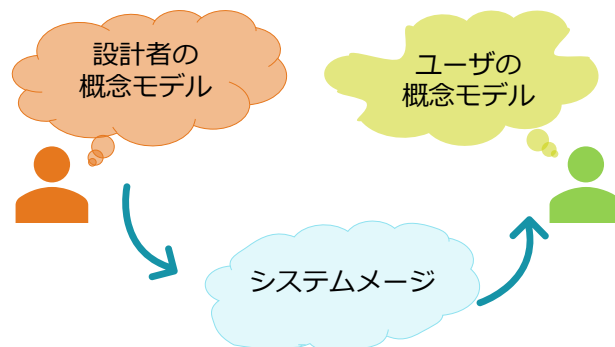
交差点、信号などの周囲の環境の状況といった情報も加味して経路走行をおこなう。これまでは、運転者がカーナビゲーションシステムに行先を登録する際の使いやすさ・わかりやすさといった、移動主体と移動体のやりとりのしやすさが検討されて来た（例えば、若松・澤田・野本, 2002）。

本研究の課題は、人に代わって移動するための案内情報を提供したり、移動体を制御したりする自動化された移動システムが、図 1.3 に示した移動空間に新しく加わったときに、そのシステムによるふるまいをユーザにとって受け入れやすいものとするために、移動空間における構成要素やそれぞれの関係性、および、新しい情報の流れを検討することである。本研究で事例として用いる第 3 の人工物である自動化された移動システムは、高度なセンシング技術で取得した情報に基づいて、ユーザに道案内のための情報を提供するカーナビゲーションシステム、および、ユーザに代わって移動体を制御する自動運転システムやエレベーター行先予報システムである。

図 1.3 における移動空間における構成要素を考えるにあたり、西村（2015）が提案する自動運転システムを取り巻く環境を参考とした。西村（2015）は自動車の安全を考える上では、それを取り巻く環境を含めたシステム全体で検討すべきであること、自動運転システムの構成要素として、運転者、運転者が乗車する自動運転車両、自動運転システム、周辺の車両や歩行者、および、ICT(Information and Communication Technology)システムや交通インフラがあること、各構成要素の相互作用を分析し自走運転システムの実現に向けた安全上の課題を検討することを提案している。これらのうち、ICT システムや交通インフラは本研究の対象から外した。なぜならば、本研究においては人と環境に適応するインタフェース設計を検討するため、人が関与する範囲、人が知覚する範囲のみを対象とするからである。

1.4 関連研究

図 1.4 は Norman(2013)による、設計者とユーザの概念モデルの違いを表すモデルである。設計者は自分が抱く概念モデルに沿ってシステムを設計する。ユーザはシステム本体や付随するマニュアル等から得られたイメージに基づいて自身の概念モデルを構築し、システムを操作する。しかし、設計者の概念モデルとユーザの概念モデルは必ずしも一致するものではなく、その食い違いによりユーザはそのシステムが使いにくいと感じる。人が頭の中に持つシステムの動作イメージをメンタルモデル(mental model)という (Norman, 2013)。ユーザが使いにくいと感じる要因には、設計者とユーザのメンタルモデルの違いの他、人工物がユーザの身体寸法に合わないこともある。使いやすくなくては、せっかくの機能や性能が活かさ



Norman(2013)に基づき著者作成

図 1.4 視点の違いによる概念モデルの違い

れない。ユーザが努力して人工物に合わせるのではなく、人工物をユーザの身体特性やメンタルモデルに合わせるようにインタフェースを設計すべきである。イノベーションをもたらす新しい人工物の開発においてもそれは同様であり、ユーザ視点によるインタフェース設計が重要である。これは移動のための機械やシステムや、それらを取り巻く空間においても同様である。

本研究の目的は、第 3 の人工物である自動化された移動システムによるふるまいを、ユーザにとって受け入れやすいものとするために、インタフェースの設計要件を検討することである。本項では、第 1 の人工物、および、第 2 の人工物をユーザにとって受け入れやすいものとするための先行研究について概観する。さらに、第 3 の人工物である自動化された移動システムと人のインタフェース設計に関する先行研究、および、その重要性について概観する。

第 1 の人工物とは、石器やナイフなどの道具、建物や環境、空間のことを指す。例えば、ユーザの身体寸法に合うかといった、人間工学的な視点での研究がある。古来より使用されて来た鉞（なた）や鎌（かま）などの道具も、人が手で握って作業をするのに適した刃の角度や握りの径で作られていたことが明らかとなっている（前田・梁瀬・花岡, 1969）。現在では、開発者が各々人体寸法を計測せずともインタフェースの設計ができるように、人体寸法データベースが用意されている（河内, 2014）。

第 2 の人工物である家電製品やコンピュータなどの認知的な人工物を、ユーザに最適化するために、人のふるまいを一般的なモデルとして記述する方法が数多く提唱された。また、

ユーザにとって使いやすくわかりやすく作られているかを評価し、ユーザビリティを改善することが提案された(Nielsen,1993; 篠原監訳・三好訳, 2002).

1.4.1 モデル研究

ここでは従来のインタフェース研究で主に実施されて来た、認知モデルに関する研究事例について言及する。Card, Moran, & Newell (1983)は人の情報処理プロセスに着目した、モデルヒューマンプロセッサを提唱した。人の情報処理機構を知覚プロセッサ、運動プロセッサ、認知プロセッサの3つに分けて、それぞれにかかる処理時間や記憶容量の特性を示した。GOMSモデルでは、人の認知構造を示すGoals, Operators, Methods, Selection Rulesの4つの要素により、目標とするタスクについて、階層ごとにタスクを達成するまでの一連の操作を記述することが可能である。KLM (Keystroke Level Model)では、操作時の手の動きに要する時間や機器の動作に必要な時間などの課題遂行時間を示した。これらを組み合わせることでシステムを実際に作成する前から、システムに熟知したユーザの操作時間が予測可能となった。

Norman(1986, 2013)は、人とシステムのインタフェースに着目した7段階モデルを提案した。人の行為を実行と評価の2つ分けた。実行の隔たり(execution bridge)では、ゴール(目標)に対してまずプランを立てて、行動を詳細化し実行する。評価の隔たり(evaluation bridge)では、ゴールに対する結果を知覚しその内容を解釈する。それがゴール(期待)と一致しているか比較する。本モデルはヒューマンエラーの分析に用いられ、インタフェース上の問題点を発見し、要因を分析した上で改善の方向性を検討することが可能である。

Endsley(1995)により考案された状況認識(situation awareness: SA)モデルは、動的な環境における意思決定と状況認識の関係を示すものである。人は環境要因、タスクやシステム側の要因、および、人側の要因に基づいて状況を認識し、意思決定をして行為を実行する。状況認識は状況の知覚、状況の理解、および、将来状況の予測の3つのレベルに分けられるとしている。人は動的に環境が変化する状況下では外部からの影響を受けやすく、意思決定に問題が発生したときに何に起因するエラーかを特定することが難しい。このモデルを使用することで発生した問題の要因を容易に特定し、行為の実行時のエラーを防ぐことが期待される。

上記2つのモデルは、第2の人工物である認知的インタフェースの操作性改善に用いることができる。一方、SAモデルは行為を実行時のエラー防止策を講じることができる。しかし、いずれも第3の人工物である自動化された移動システムのふるまいをユーザに受け入れられるインタフェースとするための設計要件を検討することはできない。

1.4.2 ユーザビリティ

ユーザビリティの概念を規定した ISO 9241-11:2018 では、ユーザビリティを、「ある製品が、指定されたユーザによって、指定された利用状況下で、指定された目標を達成するために用いられる際の、有効さ、効率及びユーザの満足度の度合い」と定義している。そして、有効さ(effectiveness)は、「ユーザが指定された目標を達成する上での正確さ及び完全さ」、効率(eficiency)は、「ユーザが目標を達成する際に正確さと完全さに関連して費やされた資源」、満足度(satisfaction)は、「不快さのないこと、及び製品使用に対しての肯定的な態度」、利用の状況(context of use)は、「ユーザ、仕事、装置(ハードウェア、ソフトウェア及び資材)、並びに製品が使用される物理的及び社会的環境」と定義されている。製品を開発する際に、まず、どのような属性のユーザが、どのような操作を達成することを目標として、どのような状況で利用するかを明らかにする。そして、そのユーザ属性が、目標とした操作ができたかどうか、どのぐらいの時間で操作できたか、その結果ユーザが満足できたかで、ユーザビリティのよし悪しを評価する。

一方、Nielsen(1993)；篠原監訳・三好訳(2002)は、ユーザインタフェースのユーザビリティは、学習しやすさ、効率性、記憶しやすさ、エラー発生率、主観的満足度という5つの構成要素から成り立っていると定義している。それぞれ、初心者がすぐに使えるようにすること、習熟後は効率的に使えること、しばらく使わずとも使用方法を忘れないこと、エラーを起こしにくく、かつ、エラーを起こすことを前提に作ること、ユーザが個人的に楽しく使用できることを求めている。そして、ユーザを対象としたユーザビリティ評価により問題点を抽出し、改善することが重要であることを説いている。

従来のユーザビリティ研究では、ユーザの操作行動に焦点を当てて、ユーザにとって操作しやすいかどうかを顕在化させた。しかし、第3の人工物である自動化された移動システムによるふるまいが、人にとって快適かどうかについての考慮はしていない。

1.4.3 ユーザエクスペリエンスデザイン

技術の進展に伴い、人工物の機能や性能に大きな差がなくなって来た。2000年頃までの機能・性能中心の開発から、2000年代に入ってユーザの体験価値を重視した開発に移行した。ユーザエクスペリエンスデザイン(UX: user experience design)という概念である(黒須, 2013)。ユーザビリティは使いにくいというマイナスの価値をゼロに引き上げる活動である(黒須ら, 1999)。一方、ユーザエクスペリエンスデザインは使いやすさを前提とした概念であり、それに加えて、購入前の検討段階から長期的利用を経た製品やサービスに対するうれしさや満足

といった気持ちなど、ユーザの体験価値をより高く引き上げるための活動である(Roto, Law, Vermeeren, & Hoonhout, 2011).

第3の人工物である自動化された移動システムのふるまいをユーザに受け入れられるインタフェースとすることは、まさにユーザエクスペリエンスデザインの活動であると言える。しかし、自動化システムのふるまいについて、人の快適性を考慮することは検討されていない。

1.4.4 人間中心設計

ユーザビリティやユーザエクスペリエンスデザインは、商品開発において実現すべき目標や特性のひとつであるのに対し、人間中心設計(HCD: Human-Centered Design)は、ユーザビリティやユーザエクスペリエンスデザインを実現するための設計プロセスを定めた取り組みである(黒須, 2013)。1999年にインタラクティブシステムの人間中心設計のプロセスに関する国際規格であるISO 13407:1999 Human-centred design process for Interactive systemsが発行された。2010年にその改訂版であるISO 9241-210:2010 Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systemsが発行され、その後、2019年に再改訂されたISO 9241-210:2019 Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systemsが発行された。日本では、2000年にISO 13407:1999の翻訳版であるJIS Z 8530:2000 人間工学 — インタラクティブシステムの人間中心設計プロセスが発行され、現在はISO 9241-210:2010の翻訳版であるJIS Z 8530:2019 人間工学 — インタラクティブシステムの人間中心設計が最新版となっている。

図1.5に示したように、この規格では、「利用状況の把握および明示」「ユーザ要求事項の明示」「ユーザ要求事項を満たす設計案の作成」「要求事項に対する設計の評価」というプロセスを繰り返しおこない、「設計案がユーザ要求事項を満たす設計」となるように規定している。本プロセスにおいては、4つの手順を順番に実施するのではなく、そのときどきで適切なプロセスを選択するように記しており、評価で十分な結果が得られなければ、必要なプロセスから再度繰り返し、ユーザの要求が十分満たされたという評価が得られた時点で市場に出す。さらに、「設計はユーザエクスペリエンスデザインの全体に焦点をあてる」こと、「設計チームには多様な専門領域の技能と見方を取り込む」ことが原則に追加された(黒須, 2013)。

人間中心設計は設計プロセスの指針を示すものであり、第3の人工物である自動化された移動システムのふるまいをユーザに受け入れられるインタフェースとするための設計要件を規定するものではない。

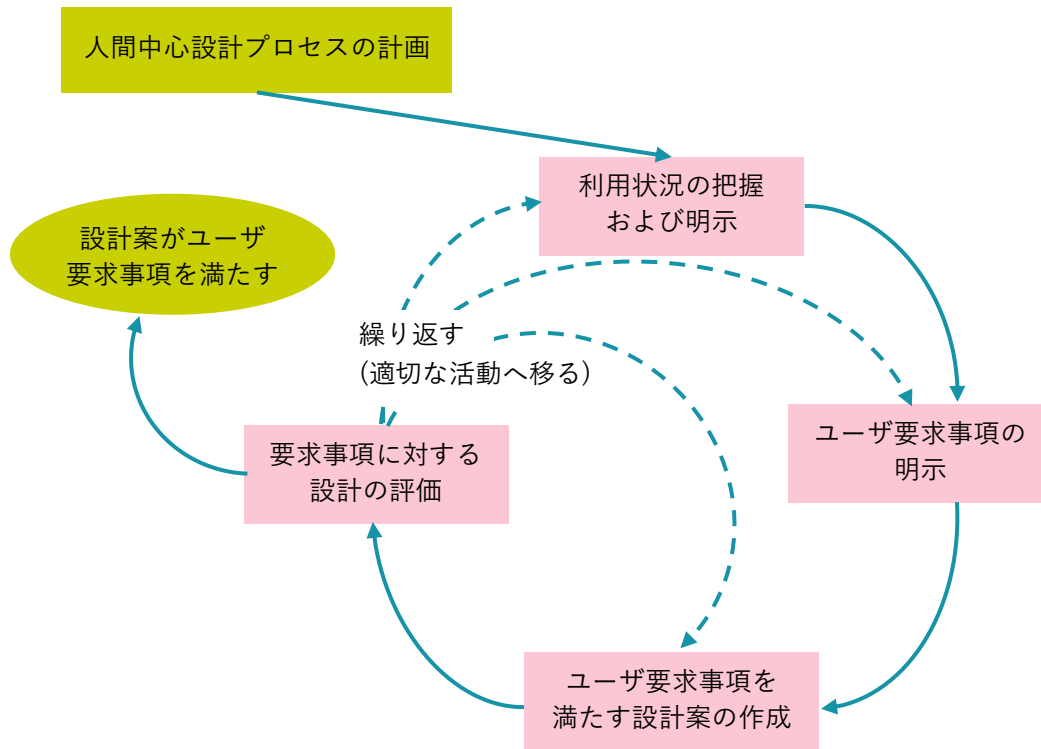


図 1.5 人間中心設計活動のプロセス (JIS Z 8530:2019, p.11, 図 1)

1.4.5 第 3 の人工物と自動化

(1) 4 つの自動化システム

Parasuraman et al.(2000) は自動化システムの分類方法を提案した。情報の取得 (information acquisition), 情報の分析 (information analysis), 判断および行為の選択 (decision and action selection), 行為の実行 (action implementation) の 4 つである。それぞれ、人の情報処理過程を単純化した 4 段階モデルである、知覚 (sensory processing), 認知 (perception/working memory), 判断 (decision making), 動作 (response selection) に対応している。それぞれ高いレベルから低いレベルの自動化が存在し、これらを組み合わせることにより、さまざまな自動化システムの設計が可能となる。

(2) 自動化システムのインタフェースの研究

自動化システムの安全性向上に関する、さまざまな研究がおこなわれている (Lee, & Moray, 1992; Parasuraman, & Riley, 1997; Inagaki, Moray, & Itoh, 1998; 稲垣, 2007, 2008, 2010, 2019; 前東・三輪・寺井, 2014; 船引, 2019)。これまで、プラントの監視システムや航空機のコックピットなどの制御の自動化が進められて来た。いずれも徹底的な教育訓練を受けたオペレータが監視し、緊急事態が発生した場合に、機械から人へ権限が委譲され、オペレータが制御をおこなう。その一方で、監視は単純作業であることから、意識の低下を招く、経験の不足から緊急時に対応する技量が不足するといった問題が発生している。また、自動化システムにおいて、緊急を知らせる警告で誤報が続くとシステムへの不信を招く。逆に、無事故が続くと今度は今日も問題は発生しないだろうと考え、システムに対する過信を生むこともある。

こうした監視システムの自動化は、高度な訓練を受けた専門家が対象となることが前提とされており、一般ユーザや多様なユーザを対象とした本研究とは異なる。

一方、現在自動車分野における自動運転システムの開発が注目を集めている。表 1.1 は、公益社団法人自動車技術会が発行する JASO テクニカルペーパー「自動車用運転自動化システムのレベル分類及び定義」(JASO TP 18004:2018)で定義されている、自動運転システムのレベル分けである。これは、米国自動車技術会 (SAE: Society of Automotive Engineers) が 2016 年に発行した SAE J3016:SEP2016 の日本語参考訳である。2018 年にその改訂版である SAE J3016(201806 改訂)が発行されている。表 1.1 によると、レベル 0 は従来の手動運転である。レベル 1 およびレベル 2 は制御の一部をシステムが負うもので、責任は運転者にある。レベル 3 以降では加速・操舵・減速の制御すべてを自動運転システムが負うものである。レベル 1 においては、例えば前の車に追従走行する ACC(Adaptive Cruise Control)機能がある。ACC の利用により運転者の認知的な余裕度は高まることが報告されている (De Winter, Happee, Martens, & Stanton, 2014; Ma, & Kaber, 2005; 篠原, 2017)。レベル 2 では縦方向・横方向両方の制御をシステムが負うもので、先に挙げた ACC 機能と車線の逸脱防止を支援する LKA(Lane Keeping Assistance System)機能の組み合わせが考えられる。鈴木・小田・見市 (2015)はこの複合システムを搭載することにより、運転以外のタスクに注意配分する傾向があること、支援レベルが上がることによる過度な依存は発生しなかったことを報告している。レベル 3 またはレベル 4 においては、自動化システム限界により人への権限委譲が発生する。運転交代要請 (RTI: request to intervene) の最適時間や運転交代要請のインタフェースの研究がある (Melcher, Rauh, Diederichs, Widlroither, & Bauer, 2015; 本間・若杉・小高, 2016,

表 1.1 運転自動化レベルの定義 (JASO TP 18004:2018, p.19, 表 1 より抜粋)

レベル	名称	定義
運転者が一部またはすべての動的運転タスクを実行		
レベル 0	運転自動化なし	運転者がすべての動的運転タスクを実行。 (予防安全システムによって支援されている場合も含む)
レベル 1	運転支援	運転自動化システムが動的運転タスクの縦方向または横方向のいずれか (両方同時ではない) の車両運転制御のサブタスクを特定の限定領域において持続的に実行。 この際、運転者は残りの動的運転タスクを実行することが期待される。
レベル 2	部分運転自動化	運転自動化システムが動的運転タスクの縦方向および横方向両方の車両運転制御のサブタスクを特定の限定領域において持続的に実行。 この際、運転者は動的運転タスクのサブタスクである対象物・事象の検知および応答を完了し、システムを監督することを期待される。
自動運転システムが (作動時は) すべての動的運転タスクを実行		
レベル 3	条件付運転自動化	運転自動化システムがすべての動的運転タスクを限定領域において持続的に実行。 この際、作動継続が困難な場合への応答準備ができていない利用者は、他の車両のシステムにおける動的運転タスク実行システムに関連するシステム故障だけでなく、自動運転システムが出した介入の要求を受け容れ、適切に応答することが期待される。
レベル 4	高度運転自動化	運転自動化システムがすべての動的運転タスクおよび作動継続が困難な場合への応答を限定領域において持続的に実行。 作動継続が困難な場合、利用者が介入の要求に応答することは期待されない。
レベル 5	完全運転自動化	運転自動化システムがすべての動的運転タスクおよび作動継続が困難な場合への応答を持続的かつ無制限に (すなわち、限定領域内ではない) 実行。 作動継続が困難な場合、利用者が介入の要求に応答することは期待されない。

2017a, 2017b, 2018, 2019; 岸・赤松・遠藤, 2017; 児島・波多野, 2019; 佐生・遠藤・大門・水野・吉澤, 2019; Li, Blythe, Guo, & Namdeo, 2019) .

自動運転システムの研究においては、人の限界について調査し安全性を担保するためのし

きい値を明らかにする研究はなされているが、自動化システムのふるまいについて、人の快適性を考慮することは検討されていない。

ユーザが主体となって操作する第2の人工物である従来の認知的人工物の研究においては、ユーザと機械やシステムの関係性を検討すればよかった。一方、自動化システムにおいては、システムによるふるまいがユーザにとって快適で受け入れやすいことが重要である。自動化された移動システムにおいては、移動空間におけるユーザとシステムの関係性だけでなく、他の移動体や周囲の環境といった要素も考慮する必要がある。以上をふまえて、本研究では、屋外/屋内を問わず多様な人にとって移動しやすい社会を実現することを目標として、第3の人工物である自動化された移動システムのふるまいをユーザにとって受け入れやすいものとするために、移動システムのインタフェースの設計要件について検討する。

1.5 本論文の構成

本論文は、以下の構成からなる。

第1章では、本論文の位置づけや価値について検討した。

第2章では、ユーザに道案内のための情報を提供するカーナビゲーションシステムを事例とする。第3の人工物である自動化された移動システムが運転者に提供する道案内を、運転者にとってわかりやすいインタフェースとするための設計要件について検討する。移動空間における運転者や車両、カーナビゲーションシステム、それらを取り巻く環境や構成要素、および、それぞれの関係性と受け入れやすさの要因を明らかにする。

第3章では、運転者に代わって自動運転車両を制御する自動運転システムを事例とする。第3の人工物である自動化された移動システムによるふるまいを、運転者や歩行者にとって不安を感じさせないインタフェースとするための設計要件について検討する。移動空間における運転者や自動運転車両、および、自動運転システムを取り巻く環境や構成要素、および、それぞれの関係性と受け入れやすさの要因を明らかにする。

第4章では、第3の人工物である自動化された移動システムである、エレベーターを制御するエレベーター行先予報システムを事例として、多様な人にとって身体的負荷を軽減するインタフェースとするための設計要件について検討する。移動空間における多様な利用者やエレベーター、および、エレベーター行先予報システムを取り巻く環境や構成要素、および、それぞれの関係性と受け入れやすさの要因を明らかにする。

第5章では、まとめとして本論文の結論について述べる。第3の人工物である自動化された移動システムのふるまいを人にとって受け入れやすいものとするために、第2章から第4

章の事例から、移動空間における構成要素の関係性と受け入れやすさの要因について検討する。

なお、本論文のもとになっている論稿は、表 1.2 に示したとおりである。第 1 章、および、第 5 章は書き下ろしである。第 2 章から第 4 章は、自動化された移動システムに関する事例研究である。第 2 章は運転者に道案内のための情報を提供するカーナビゲーションシステムを事例とした研究、第 3 章は自動運転車両を制御する自動運転システムを事例とした研究、第 4 章はエレベーターを制御するエレベーター行先予報システムを事例とした研究である。

表 1.2 本論文のもとになっている論稿

章	論稿
第 1 章	書き下ろし
第 2 章	城戸恵美子・新垣紀子・青山征彦・古本友紀 (2017). 運転者状態と環境情報を利用する道案内: 人による道案内とカーナビゲーションシステムによる道案内の比較から. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 19 , 319-332.
第 3 章	城戸恵美子・新垣紀子・青山征彦・朴信映・河原健太 (2018). 市街地における運転者・歩行者の不安感を考慮した自動運転の検討. 認知科学, 25 , 293-309. ※2018 年度日本認知科学会奨励論文賞受賞 城戸恵美子・新垣紀子・青山征彦・朴信映・河原健太 (2017). 車の運転中に感じる不安要素. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017 論文集, 269-272.
第 4 章	城戸恵美子・新垣紀子・青山征彦・谷川健二 (2019). エレベーター行先予報システムのユニバーサルデザイン. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 21 , 211-224.
第 5 章	書き下ろし

第2章 運転者状態と環境情報を利用するカーナビゲーションシステムの道案内の研究

2.1 本章の位置づけ

本研究の目的は、第3の人工物である自動化された移動システムが提供する情報を、ユーザにとって受け入れやすいものとするために、インタフェースの設計要件を検討することである。本論文で扱う自動化は、人の情報処理過程4段階モデルのうち、情報の取得、および、情報の分析の機能を自動化することで、ユーザによる判断および行為の選択を支援するものである。本章で扱う移動システムは、高度なセンシング技術で得た情報に基づいて、ユーザである運転者に道案内のための情報を提供するカーナビゲーションシステムである。表1.1に示したレベル5の完全自動運転システムによるが実現するまでには、機能限界や非対象エリア走行時にシステムから運転者への権限委譲が発生し、センサ類によって得たデータによるスムーズな道案内が必要とされるであろう。そのためには、運転者に受け入れやすい道案内について検討する必要がある。

運転者にとっての受け入れやすさとは、カーナビゲーションシステムから提供された道案内の情報に基づいて解釈した走行経路が、例えば、実は1つ前の交差点を右折すべきだったのではないかといった、走行経路の選択に対する不安感を、運転者に抱かせない、快適なインタフェースであることを指す。

従来のカーナビゲーションシステムは、地図情報およびGPSによる位置情報に基づいて、運転者に道案内情報を提供するものであった。図2.1は、従来のカーナビゲーションシステムを取り巻く移動空間の構成要素と、それぞれの関係性である。矢印は情報の流れを示す。構成要素は、移動主体である運転者、移動体である車両、他の移動体である歩行者や他の車両、および、周囲の環境である道路や交差点、信号や建物である。構成要素の関係性は次のとおりである。移動主体である運転者が、移動体に内蔵されたカーナビゲーションシステムに行先情報を入力する。移動体はGPSにより自車の位置を把握する。移動体は移動主体に対して、GPSによる位置情報に基づいて道案内の情報を提供する。移動主体は、移動体による道案内と速度情報、自ら把握した他の移動体である歩行者や他の車両との距離や速度、位置関係といった状況、および、周囲の環境である道路や交差点、信号、建物などとの距離や速度、位置関係といった状況から得た情報に基づいて、移動体を運転する。

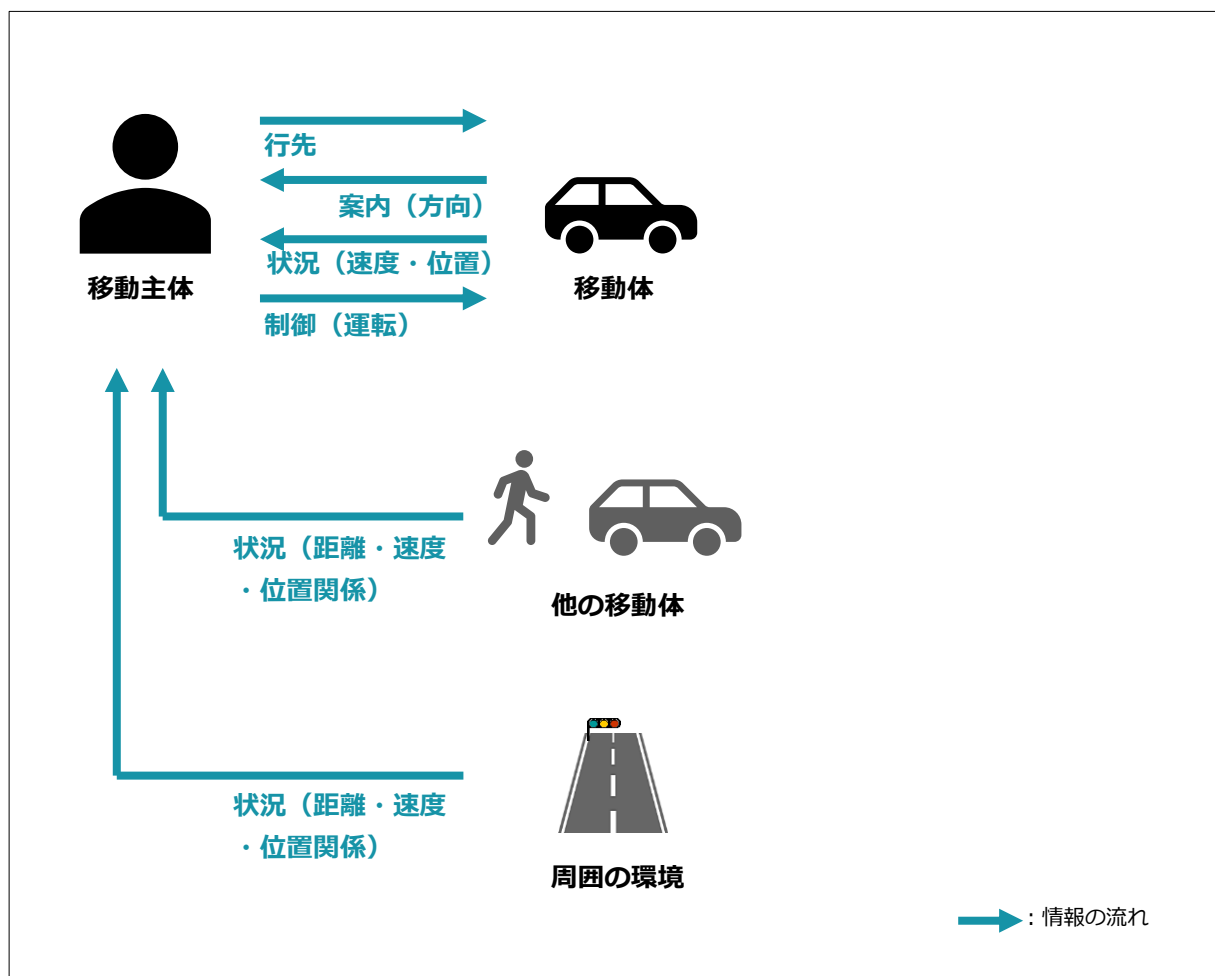


図 2.1 従来のカーナビゲーションシステムを取り巻く移動空間の構成要素と関係性

一方、本章で扱う自動化された移動システムであるカーナビゲーションシステムは、自動運転車両に搭載される高度なセンサやレーダなどにより、運転者の状態や周囲の状況の情報を取得し、かつ、いつどのように道案内情報を運転者に提供すればよいかについて分析もおこなう、従来よりも高度な自動化システムである。

本章では、公道における運転者および案内者による走行実験を実施し、カーナビゲーションシステムによる道案内と人による道案内を比較する。その結果から、カーナビゲーションシステムが高度なセンシング技術によって得た周囲の情報をを用いて、運転者にとって走行経路を選択/決定しやすい道案内情報を提供する、カーナビゲーションシステムのインターフェースの設計要件を検討する。そのために、カーナビゲーションシステムを取り巻く移動空間に

おける環境や構成要素、および、それぞれの関係性と、運転者にとっての受け入れやすさの要因を明らかにする。

2.2 はじめに

カーナビゲーションシステム（以下、カーナビと呼ぶ）は、地図情報とGPSによる位置情報に基づいて、運転者に道案内をおこなうシステムである。運転者は車内のダッシュボード等に設置されたカーナビのモニタ（以下、ナビ画面と呼ぶ）に表示されている地図上の現在地と進路情報、カーナビの音声案内、および、車外の風景等の環境情報を使って総合的に走行経路を判断している。走行経路の理解のためには、多くの場合、ナビ画面を見る必要が生じ、前方視界からの視線移動がドライバディストラクションの要因となる。

近年走行経路に関わる情報をヘッドアップディスプレイに表示することにより、運転者の視線移動負荷を低減する取り組みも注目を浴びているが、走行経路を理解する負荷を減らす根本的な解決にはなっていない。

現在開発が進められている自動運転車両には、車内外の状況を把握するために、多数のセンサやレーダ、カメラが搭載される（中村・後呂，2017；菅沼・米陀，2017；赤松・北崎，2015）。それらによって得られる運転者状態や環境情報を用いて、運転者にとって走行経路を理解する負荷が少なく、ナビ画面の視認が不要な道案内の実現を目指すこととした。

新垣・野島(2002)は、人が自らナビゲーションをおこなっている際には、人が予め持っている経路に関する知識(認知地図)と、動的に環境から得られる情報を利用して経路を判断していると報告している。人による道案内をカーナビによる道案内と比較分析することが、運転者に対してどのようなタイミングで、どのような情報を、どのような表現で提供すべきか検討するために有効なのではないかと考えた。

これまで、人間同士が双方向におこなう道案内の教示に着目し、カーナビによる道案内と人による道案内を比較した研究（田平・峯，2004）がある。この研究においては、行動地点を特定するために用いられる情報や、それらが使用される場面の事例などが示されている。しかし、各1組の実験結果による事例であり、カーナビの音声案内の改善方法を示す基礎的知見は示されているものの、一般化された知見は示されていない。また、運転の満足度を高めるために、運転者にとって有益な情報を明らかにすることを目的とした研究（簗輪・稲垣・梶川・北島・赤松・北崎・黒田・丸山，2008；丸山・黒田・加藤・北崎・簗輪・稲垣・梶川・北島・赤松，2009；黒田・丸山・大森・北崎・簗輪・稲垣・梶川・北島・赤松，2012）がおこなわれている。これらの研究においては、実走行中の道案内における案内者と運転者との

間で交わされた発話の内容やタイミングを分析することにより、人が動的な環境情報をうまく利用した道案内をおこなっていることが報告されている。しかし、経路走行のための道案内の改善という視点での有益性の検討はされていない。

本研究では、カーナビの道案内に従って走行する場合（以下、カーナビ走行と呼ぶ）と、人の道案内に従って走行する場合（以下、案内者走行と呼ぶ）において、運転者とやり取りする情報や表現、タイミングの違いを、公道における 12 組の実験参加者による実験結果を分析することにより、運転者が経路走行する上でどのような情報が有益であるかを明らかにすることを目的とする。そして、カーナビによる道案内と人による道案内の相違点を踏まえて、高度なセンシング技術を用いたカーナビによる快適な道案内の可能性について考察する。

2.3 方法

2.3.1 実験の目的

運転者の状況や環境情報から得られる、経路走行に有用な道案内情報の特性を明らかにするために、一般道において、人による道案内、および、カーナビによる道案内により指示された経路を運転者に走行させ、両者から与えられた情報や、それらに対する運転者の発話や運転行動などを、以下の点に着目して比較する。

- (1) 案内はいつなされたか。
- (2) 右左折や分岐、合流すべき地点（以下、行動地点と呼ぶ）を特定するために、どのような情報が使われたか。
- (3) 進行方向をどのように表現したか。
- (4) 運転者に与えられた情報量はどのようであったか。
- (5) コミュニケーションは一方向であったか、双方向であったか。

2.3.2 実験参加者

実験参加者は、普通免許を持つ 20 代～40 代の男女 24 名で、初対面の案内者と運転者各 1 名の 12 組とした。男性 16 名、女性 8 名、平均年齢 30.0 歳 ($SD=6.1$)、平均運転年数 8.7 年 ($SD=6.5$)であった。運転者は、運転頻度がほぼ毎日 2 名、週に 2～4 日 2 名、週に 1 日 3 名、1 か月に 2～3 日 4 名、それ以下 1 名で、走行経路のある兵庫県三田市に土地勘がある者 1 名、ない者 11 名であった。案内者は、案内頻度がたまにする 6 名、あまりしない 3 名、ほと

んどしない3名で、土地勘のある者6名、ない者6名であった。実験は、内容の事前説明とインフォームドコンセントをおこなった上で実施した。

2.3.3 使用機材

車両は経路走行タスク用、および、走行経路学習用の2台を用意した。いずれもワンボックスカーであった。経路走行タスク用車両にはカメラを4台取り付け、前方視界、案内者、運転者、ナビ画面を撮影した。また、案内者には、いつどこで何を見て道案内したかを記録するために、ウェアラブルアイトラッキング装置を装着させた。

2.3.4 走行経路の設定

走行経路は三田市周辺の一般道とした。同じ運転者にカーナビ走行、案内者走行とも経験させるため、それぞれ異なる走行経路を設定した(図2.2参照)。一般道という限定された条件下で、両者の走行条件ができるだけ等しくなるよう努めた。走行距離と走行に必要な時間は、カーナビ走行で6.0km、約24分間、案内者走行で7.8km、約25分間であった。カーナビ走行では右折9回、左折7回、幹線沿いの駐車場に入る2回、案内者走行では右折8回、左折7回、分岐1回、合流1回、幹線沿いの駐車場に入る1回がそれぞれ含まれた。両条件とも車線変更の他、狭い住宅街、交差点が短い距離で連続しているか、右折(左折)側に道が複数ある道、しばらく道なりに進む道も走行させた。難易度の高い経路として、わかりにくい分岐、および、見通しの悪い交差点での右左折を設定した。“わかりにくい分岐”とは進行方向に複数の進路がある分岐点のことで、カーナビ走行では、進行方向が2本に分岐している三叉路を1回、進行方向が4本に分岐している五叉路を2回の計3回、案内者走行では、短い距離で左側道が連続する道、進行方向が2本に分岐している三叉路、進行方向が4本に分岐している五叉路をそれぞれ1回ずつの計3回走行させた。両経路で通過する五叉路(図2.2(a)の地点②③と(b)の地点③)は、同じ五叉路であった。“見通しの悪い交差点”とは、直前まで接近しないと、運転者から交差点が目視できない交差点のことであり、両条件とも4回ずつ走行させた。

効率的な実験実施の都合から、カーナビ走行経路の目的地と案内者走行経路の出発地を同一としたため、全セッションともカーナビ走行、案内者走行の順で実施した。また、カーナビ走行では、意図した走行経路とするために、経由地を多く設定した。そのため、「経由地周辺です」という音声案内が入るが、走行には無関係であることを教示した。

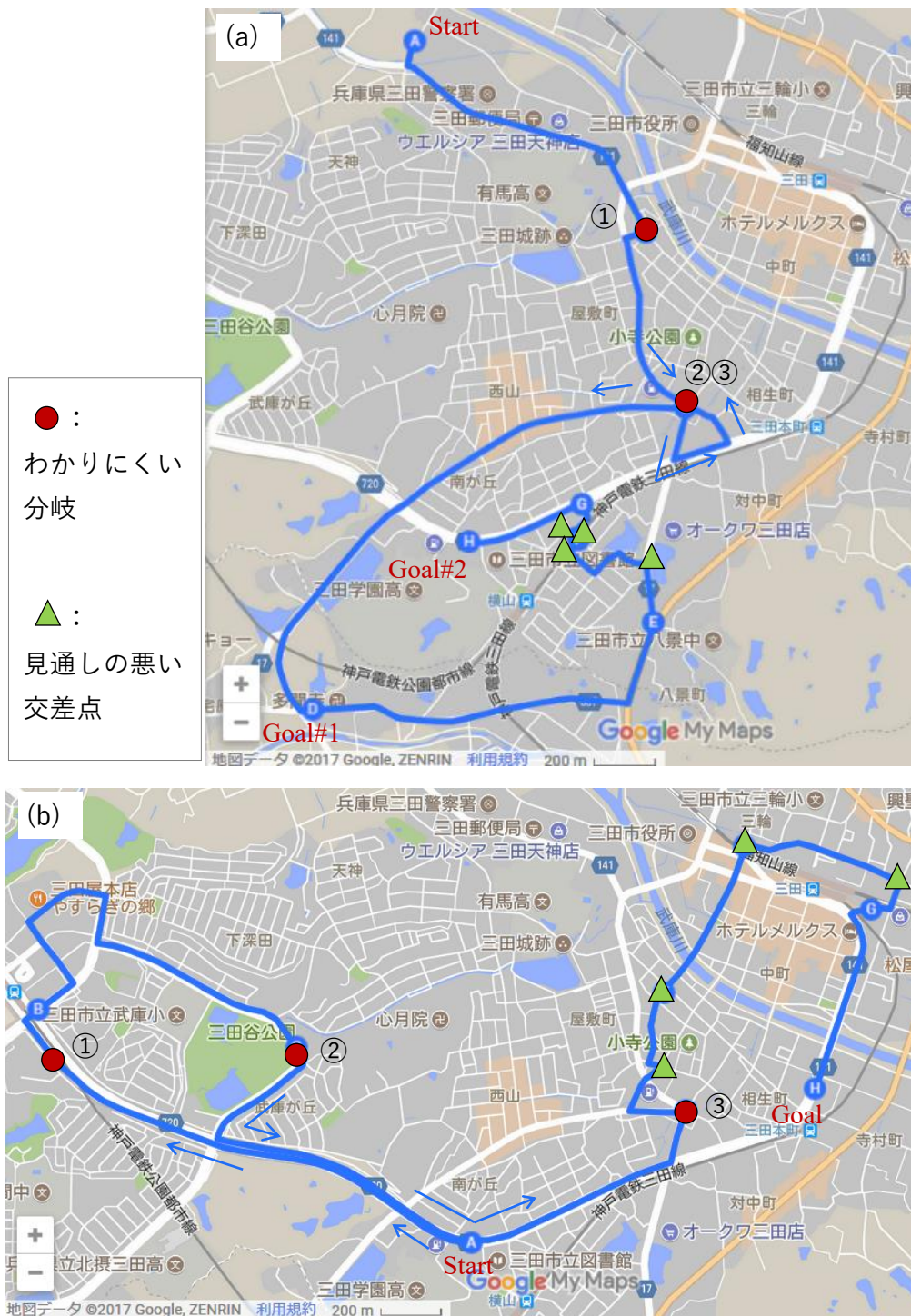


図 2.2 走行経路 (a)カーナビ走行, (b)案内者走行

2.3.5 手続き

実施手順を図 2.3 に示す。

2.3.5.1 案内者の走行経路学習

案内者には、事前教示として、案内者走行の走行経路(図 2.2(b))を 35 分間学習させた。ルートを書いた地図を提供し、メモ記入も認め、道案内をする際も参照可とした。また、走行経路を走行している車両から撮影した前方映像のビデオを見せた。後で自分が案内することを念頭に置いて、経路や周辺の景色を理解するよう促した。ビデオは繰り返し再生してもよく、ビデオの再生時間が 26 分であったため、1.5 倍速で再生することも認めた。

その後、実験スタッフが運転する車両の助手席に乗り、走行経路(b)の道案内を練習させた。誤った経路を案内した場合は、実験スタッフが訂正した。

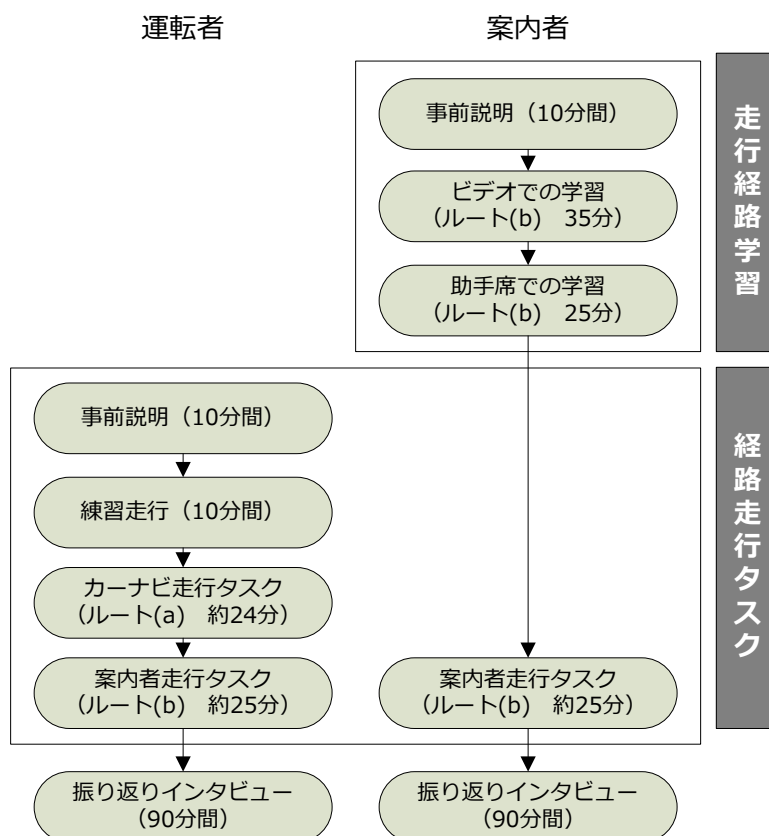


図 2.3 実施手順

2.3.5.2 カーナビ走行タスク

運転者は、実験車両に慣れるため、練習用の経路で走行練習をおこなった上で、カーナビ走行タスクを実施した。事前教示として、カーナビの案内に従って目的地まで走行すること、ナビ画面を見てもよいこと、カーナビで案内される道は黄色い線で示されることを伝えた。地図向きは各運転者がふだん使用している向きとし、縮尺は100mスケールで固定した。

2.3.5.3 案内者走行タスク

カーナビ走行タスク終了後、案内者走行タスクを実施した。車両にはナビ画面が設置されていたが、運転者、および、案内者からは見えないようにした。事前教示として、案内者の案内に従って走行すること、運転者は走行中疑問に思ったことや不安なことがあれば、案内者に対して遠慮なく質問して構わないことを伝えた。いずれの走行タスクでも、正しい経路で走行することよりも、安全運転を最優先するように伝えた。

なお、運転者が走行経路から外れたときや外れそうになったと判断したとき（以下、逸脱と呼ぶ）、機材トラブルでタスクを中断した場合に、後部座席に座る実験スタッフが介入することがあった。逸脱時は実験スタッフの指示により逸脱地点まで戻り、経路走行タスクを再開した。実験時間の都合で、経路まで戻る時間が不足した場合は、一部経路をスキップした。運転者、案内者ともに、中断区間の走行は実験の対象外とすることを伝えた。

2.3.5.4 主観評価

人による道案内、および、カーナビによる道案内に対する運転者の不安感を明らかにするために、各経路走行タスク直後に図2.4を示して、走行中の道案内に対する気持ちについて、「1点：とても不安」から「7点：とても安心」の7段階で運転者に評価させた。

2.3.5.5 振り返りインタビュー

走行中の道案内に対して運転者が感じたことや、案内者がとった案内方法の理由を把握するための参考として、12組から3組の運転者と案内者を無作為に選んで、実験後に振り返りインタビューを実施した。経路走行タスクで収録した映像を再生し、走行の様子を振り返りながら、そのときの気持ちや考えを聞いた。

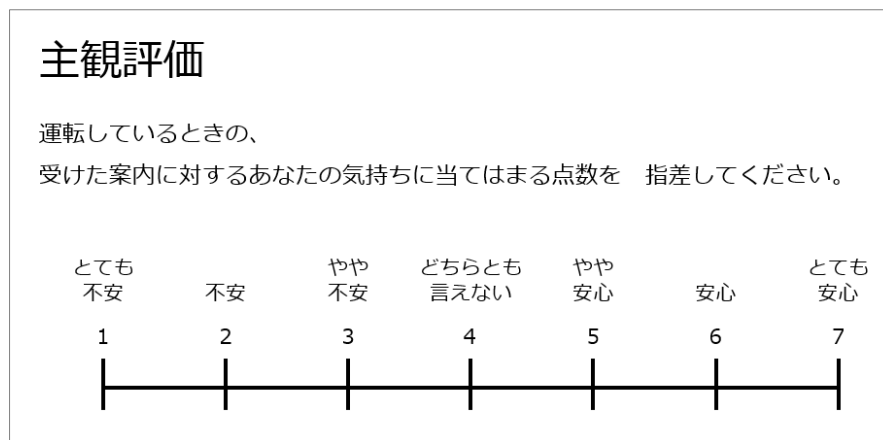


図 2.4 運転時の不安感に関する主観評価尺度

2.4 結果

2.4.1 走行経路からの逸脱

人とカーナビの道案内による走行経路の判断のしやすさの違いを、客観的指標として、走行経路からの逸脱発生頻度を用いて比較した。図 2.5 に走行経路からの逸脱発生頻度を、表 2.1、および、表 2.2 に、それぞれの走行経路からの逸脱状況を示す。カーナビ走行では 9 箇所延べ 23 回逸脱が発生したのに対し、案内者走行では 2 箇所延べ 2 回発生した。カーナビ走行では、難易度の高い経路として設定した“わかりにくい分岐”における逸脱が 2 箇所延べ 9 回、“見通しの悪い交差点”における逸脱が 3 箇所延べ 12 回発生した。一方、案内者走行で逸脱が発生したのは、“わかりにくい分岐”2 箇所延べ 2 回のみであった。また、カーナビ走行では、行動地点を特定できずに逸脱した“地点特定誤り”が 15 回、走行経路と異なる車線を走行した“車線誤り”，および、走行経路と異なる方向に進んだ“方向誤り”による逸脱がそれぞれ 1 回発生した。一方、案内者走行においては、“地点特定誤り”と“方向誤り”が各 1 回発生したが、“車線誤り”は発生しなかった。

2.4.2 主観評価結果

カーナビ走行、および、案内者走行に対する運転者の主観得点を比較した。平均と標準偏差を図 2.6 に示す。t検定をおこなったところ有意差が認められた($t(11)=7.00, p<.01$)。運転者はカーナビの道案内に対して、人による道案内よりも有意に不安に感じたと言える。

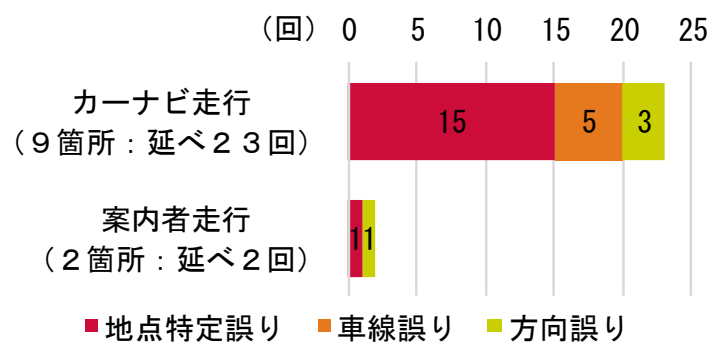
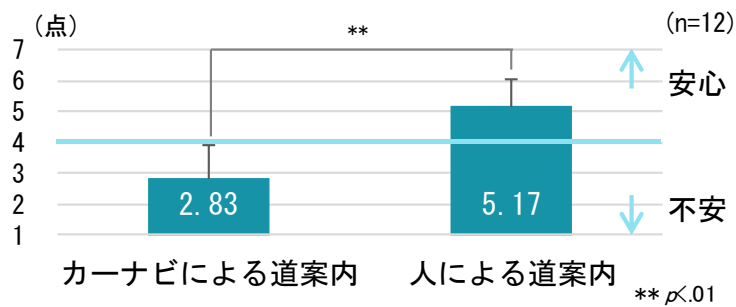


図 2.5 走行経路からの逸脱発生頻度



エラーバー：標準偏差

図 2.6 運転時の不安感に関する主観評価結果

表 2.1 カーナビ走行における逸脱状況

逸脱地点	正解タスク	逸脱行動	誤りの種類	発生率*1
1 わかりにくい 分岐(2回め)	五叉路で右車線に移動 してから右折する	・右折すべき交差点を直進した	地点特定誤り	8%
		・右折するために車線変更すべき地点で、右ウインカーを出していたにも関わらず、車線変更せずに直進しようとした	車線誤り	8%
2 左折	一車線道路から二車線 道路に左折する	・左折すべき交差点を直進した	地点特定誤り	8%
3 わかりにくい 分岐(3回め)	五叉路で右車線に車線 変更してから左斜め方 向へ進む	・車線変更せずに左斜め方向に進んだ	車線誤り	45%
		・右車線に移動したが、右折せずに直進した	方向誤り	9%
		・車線変更せずに左折した	方向誤り	9%
4 幹線沿いの駐 車場に入る(1 回め)	第1目的地*2：サンク スの駐車場に入る	・駐車場に入らず、直進した	地点特定誤り	8%
5 直進	しばらく道なりに進む (700m先を左斜め方 向へ進む)	・700m先で左斜め方向に進む という音声案内を聞いた直後 に、同じく左斜め方向に入る 脇道へ進入した	地点特定誤り	8%
6 見通しの悪い 交差点(1回め)	県道から住宅街に入る (見通しの悪いT字路 を左折する)	・左折すべき交差点を直進した	地点特定誤り	50%
		・左折すべき交差点の1つ手前 を左折した	地点特定誤り	17%
7 見通しの悪い 交差点(2回め)	住宅街で右折する	・右折すべき交差点を左折した	方向誤り	8%
8 見通しの悪い 交差点(3回め)	住宅街で右折する	・右折すべき交差点を直進した	地点特定誤り	8%
9 幹線沿いの駐 車場に入る(2 回め)	第2目的地*2：洋服の 青山の駐車場に入る	・駐車場に気付かず直進した	地点特定誤り	8%

*1 発生率とは、全12セッションにおける走行経路からの逸脱発生率を表す。一部逸脱発生により走行経路を通過しなかった場合は、11セッションにおける逸脱発生率を記した。

*2 目的地を2つ設定し、途中で休憩を取らせた。

表 2.2 案内者走行における逸脱状況

逸脱地点	正解タスク	逸脱行動	誤りの種類	発生率 ^{*1}
1 わかりにくい 分岐(1回め)	短い距離で連続する左・左側道に入らず直進した 側道に入る		地点特定誤り	8%
2 わかりにくい 分岐(2回め)	道なりに右方向へ進む・脇道に進入した (直進方向に脇道あり)		方向誤り	8%

*1 発生率とは、全 12 セッションにおける走行経路からの逸脱発生率を表す。

2.4.3 振り返りインタビュー結果

2.4.3.1 運転者が感じた人とカーナビによる道案内の違い

カーナビによる案内について、以下のコメントが示された。

- ・案内のタイミングが早すぎたり遅すぎたりすることがあった。カーナビは GPS などで仕方ない。
- ・カーナビの地図では道路形状がわかりやすいが、実際には電柱で脇道が隠れるなど、何本目を曲がればよいかかわりにくいことがあった。

一方、人による案内については、以下のコメントが示された。

- ・走行経路について確信が持てないときは聞き返せた。
- ・運転者の反応によって案内の仕方を変えてくれた。
- ・案内のタイミングが適切であった。
- ・信号や道路標識など、運転者が見ているであろう目印を使って案内してくれた。
- ・車線を案内してくれた。

2.4.3.2 案内者が案内する際に気を付けたこと

案内者が案内する際に気をつけたことについては、以下のコメントが示された。

- ・1つのことが終わるタイミングを計って、次を案内した。
- ・大事なことは、信号で停まってから案内した。
- ・断続的に見える目印を使って案内した。
- ・交差点名は読みにくいので、使わないようにした。

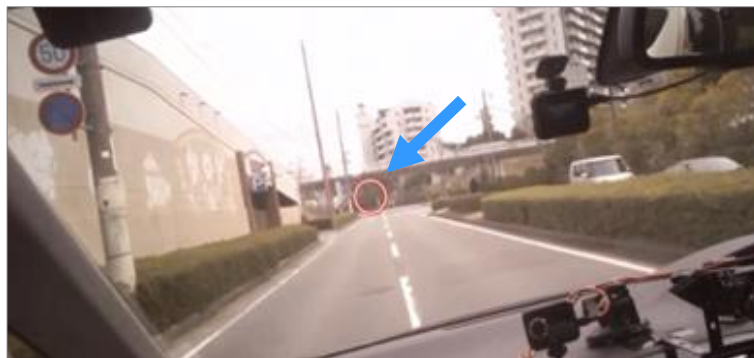
2.4.4 観察結果

走行タスク中に収録したビデオ、および、案内者の視線映像を用いて、運転者や案内者の発話内容や行動について分析した結果を示す。

カーナビ走行では、交差点までの残距離や交差点名が行動地点を知らせる目印として用いられた。音声案内が流れると運転者はナビ画面の方向に目を向け、行動地点や車線を確認する様子が観察された。

一方、案内者走行では、案内者の視線映像から、次の行動地点、あるいは、その目印となるものを目視で確認すると、距離によらず案内を開始する傾向が見られた。図 2.7 はその一例で、案内者は信号機を目視した後に、「あそこに見えている信号を左に曲がります」と案内した。また、1つ前の右左折直後や次の行動地点の直前でも案内がおこなわれた。運転者が案内者に質問をする、運転者の発話を聞いて案内者が正すといった、双方向に意思疎通を図る様子や、案内者が行動地点や進行方向を指さす様子も観察された。

以下、逸脱が多発した地点(表 2.1 の 1, 3, 6)に焦点を当てて、案内者走行ではどのようにして逸脱が回避されているのか、案内者とカーナビの道案内にはどのような違いがあるのかを、事例をもとにして検討する。



赤い丸：案内者の視点

図 2.7 案内者の視線映像

2.4.4.1 事例(1) わかりにくい分岐

わかりにくい分岐として経路設定した五叉路における，カーナビの案内と逸脱，案内者と運転者のインタラクション事例を示す．なお，同じ五叉路に対して，カーナビ走行では異なる方向から2回(図 2.8，図 2.9 参照)，案内者走行においては1回(図 2.10 参照)通過させた．

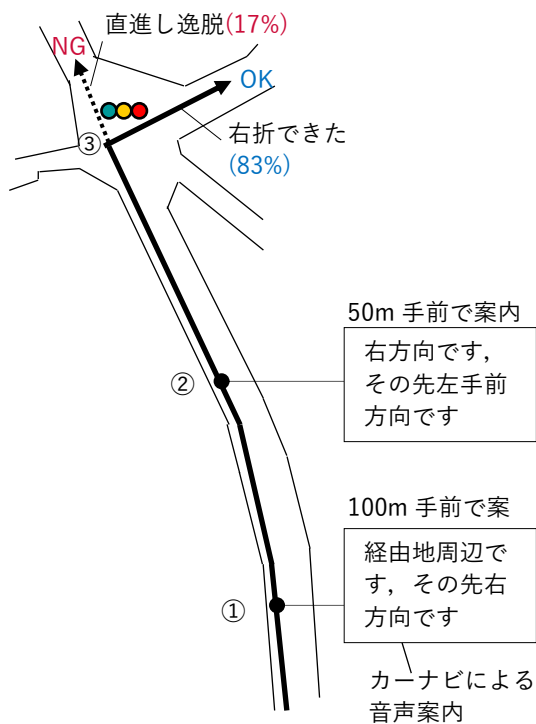


図 2.8 事例(1)五叉路におけるカーナビ
走行(1回目)

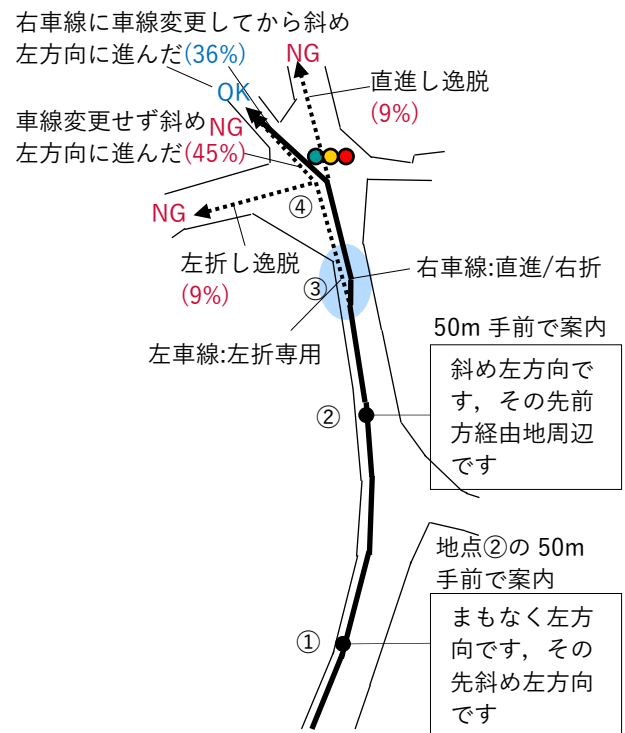
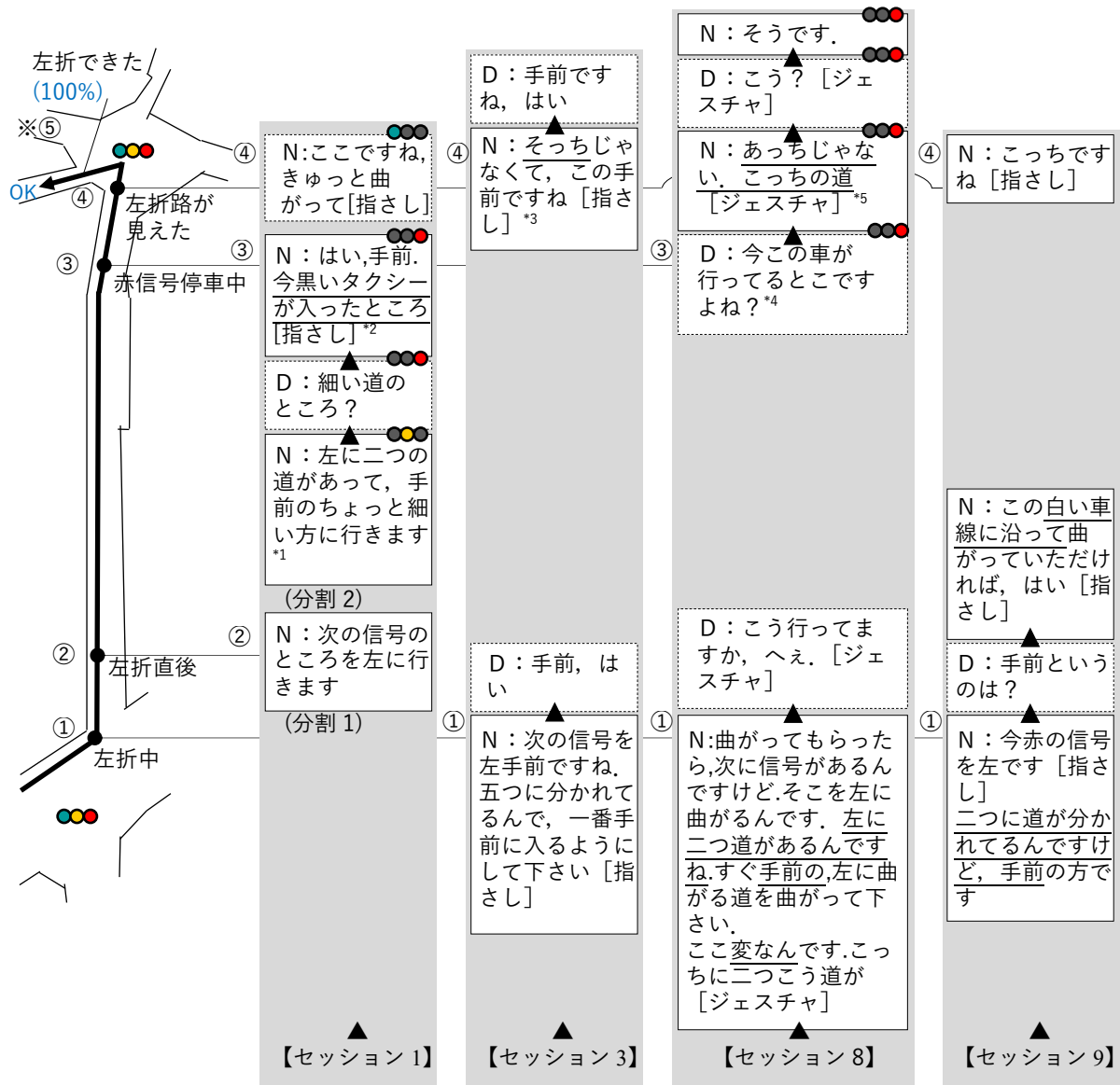


図 2.9 事例(1)五叉路におけるカーナビ
走行(2回目)



*1 信号が黄色になったのを見て案内を開始した。

*2 前走車が手前の左折路に入ったのを見て案内した。

*3 前走車が奥の左折路(※⑤)に入ったのを見て案内した。

*4 運転者が案内者に対して、右から左に進入する車を見て質問した。

*5 進入車が奥の左折路(※⑤)に入るのを見て訂正した。

※図中のNは案内者、Dは運転者を示す。

図 2.10 事例(1)五叉路における案内者走行

(1) カーナビ走行

カーナビ走行による五叉路 1 回目の通過時の交差点形状と走行経路、および、カーナビの音声案内を図 2.8 に示す。12 名中 10 名の運転者は地点③で右折できたが、2 名は経路を逸脱した。

2 回目の通過時の交差点形状と走行経路、および、カーナビの音声案内を図 2.9 に示す。交差点手前の地点③で車線が 2 つに分かれ、右に車線変更してから斜め左方向に進む必要がある。カーナビ走行では、交差点までの距離に合わせて地点①②の 2 回斜め左方向に進むことを音声で案内し、車線変更の必要性はナビ画面で示された。その結果、この前の経路で逸脱し五叉路をスキップした 1 名を除く運転者 11 名のうち 4 名は正しい経路を進むことができたが、5 名が地点③で車線変更せずに地点④で斜め左方向に進み、1 名が地点④で直進、1 名が地点④で左折して経路を逸脱した。

(2) 案内者走行

図 2.10 に、案内者走行における五叉路通過時の交差点形状と走行経路、および、4 組の道案内事例を示す。セッション 3, 8, 9 の案内者は、1 つ前の交差点(図 2.10 の地点①)で左折中、運転者がハンドルを右方向に戻し始めたときに、地点④で左折することの案内を開始した。セッション 1 の案内者は、左折直後の地点②で地点④の案内を開始し、その後前方の信号が変わったのを見て、減速/停車中に詳細情報を追加した。地点④で左折路が見えた時点で、再度「ここですね」と指さしして案内した。図 2.11 は当該案内時に案内者が指さした場面の映像である。他の案内者も含め、進行方向に複数ある進路の中から正しい経路を特定させるために、交差点形状や偶然通りがあった前走車など、目に見える目標物(目印)を使用した。図 2.12 は、セッション 1 の案内者が図 2.10 の地点③で赤信号停車中に、偶然経路に向かった前走車を見て、「今黒いタクシーが入ったところ」と指さした場面の映像である。ここで、「きゅっと曲がる」という擬態語を用いて鋭角に曲がることを表現した。手でチョキを作った案内者もいた。すべての案内者が進行方向を指で示した。運転者は案内者に対し、案内された言葉をオウム返しする、質問する、ジェスチャを交換することにより、進行方向や行動地点の確認をおこなった。案内者は運転者に誤った解釈や行動があると訂正した。運転者と案内者が双方向に情報伝達する様子が観察された。

以上から、わかりにくい分岐である五叉路における案内者走行による案内には、5 つの特徴があることがわかった。表 2.3 にそれぞれの事例と使用者率とともに示す。運転者の余裕を考慮した“運転情報に応じた案内”、行動地点と進行方向を伝えるだけでなく、交差点形状や

進入路の関係も案内した“詳細情報の追加”，道路の位置や信号など“目に見える目印を利用した案内”，指さしやジェスチャを用いた“ノンバーバルコミュニケーションによる案内”，運転者が案内者にオウム返しをしたり質問したりする“案内者と運転者の双方向コミュニケーション”である。案内者はこれらを組み合わせて案内することで，運転者が負荷なく正しい経路で走行できるように導いた。



図 2.11 案内者が左折路を指さした場面



図 2.12 案内者が前走車の進路を目印にした場面

表 2.3 案内者走行における案内の特徴(1)

	特徴	事例	使用者率*2
(1) 運転状況に応じた案内	運転者の余裕を考慮	1つ前の行動が終わってから、次の案内をした	75%
		進入路が目に入ったときに案内した	75%
		信号で減速中、または、停車中に案内した	58%
		2回に分けて案内した	25%
	注意喚起	「ここわかりにくくて」	25%
(2) 詳細情報の追加	行動地点と進行方向 + 交差点形状と進入路の関係	「次の信号のところを左に行きます。左に二つの道があって、手前のちょっと細い方に行きます」	83%
(3) 目に見える目印を利用した案内	道路の位置	「一番手前側を左」	92%
	信号	「次の信号のところを左に行きます」	83%
	道路の数	「左に二つの道」「三つぐらいに分かれてて」	67%
	角度	「鋭角に曲がる」「きゅっと曲がる」	33%
	交差点形状	「五叉路になっている」	25%
	前走車の進路	「今黒いタクシーが入ったところ」	25%
	道路幅	「ちょっと細い方」	17%
	隠れた道	「建物の陰に隠れている」	17%
	白線	「路側帯に沿って」	17%
	交差点名	「京口って交差点を左に曲がる」	8%
(4) ノンバーバルコミュニケーションによる案内	指さし	「こっちですね」と進入路を指さした	100%
	ジェスチャ	手でチョキを作り、鋭角に曲がることを表現した	58%
(5) 案内者と運転者の双方向コミュニケーション	運転者が案内者の案内をオウム返し	N:「信号をえーと、左に曲がります。左手前に曲がります」→D:「左手前」*1	58%
	運転者が案内者に質問	N:「二つに道が分かれてるんですけど、手前の方です」→D:「手前というのは？」	58%
	案内者が運転者の間違いを修正	D:「今この車が行ってる所ですよ」→N:「あっちじゃない、こっちの道」	8%

*1 表中のNは案内者、Dは運転者を示す。

*2 使用者率：案内者走行における五叉路走行時の、全セッションで各案内を使用した人の割合を表す。

2.4.4.2 事例(2) 見通しの悪い交差点

事例(1)に次いで逸脱の多かった交差点の事例を示す。これらの交差点はいずれも見通しが悪く、運転者からは交差点の位置がわかりにくい。

(1) カーナビ走行

交差点形状と走行経路、および、カーナビの音声案内を図 2.13 に示す。正しい経路である地点③で左折できた運転者は 12 名中 4 名で、6 名が地点③を直進して通り過ぎ、4 名が 1 つ手前の地点②を左折して逸脱した。

地点③を直進した運転者は、事後インタビューで「もう少し太い道があるかと思っていたら、通り過ぎていた」とコメントした。一方、手前の地点②で左折した運転者は、「左方向です。その先右方向です」と音声案内があったタイミングで地点②に差し掛かり、ナビ画面は見たものの、そこで左折して逸脱した。

(2) 案内者走行

図 2.14 に交差点形状と走行経路、および、3 組の道案内事例を示す。セッション 6 の案内者は左折する地点⑤がまだ見えない地点①で、最初の案内をおこなった。前方の大きな交差点(地点③)は右左折せずに直進することを案内した。地点⑤が遠くに見えた地点②で、2 回目の案内をおこなった。複数の目標物(地点③の信号、および、地点⑤の路肩にあった黄色い交通看板)を用いて、見通しが悪い交差点(地点⑤)の特定を促した。また、案内者は左折地点が目前に見えた地点④で「ここを左です」と左折路を指さしして再案内し、通り過ぎを防いだ。また、セッション 7 のように、左折地点を特定するための事前案内はせず、運転者に徐行を促し、直前の地点④で左折を指示した案内者もいた。

表 2.4 に、見通しの悪い交差点における案内者走行による案内の特徴を列挙した。ただし、事例(1)でも観察された特徴は除いた。環境情報を用いた案内、複数の目印を用いた地点の特定、直進の案内、運転状況に応じた案内(徐行を促した)の 4 点である。特に、「次の信号は真直ぐなんですけど」といった“直進の案内”，「あの信号を越えてもらって 1 つめを曲がり、角を左ですね」といった“複数の目印を用いた地点の特定”を使用した案内者が多かった。

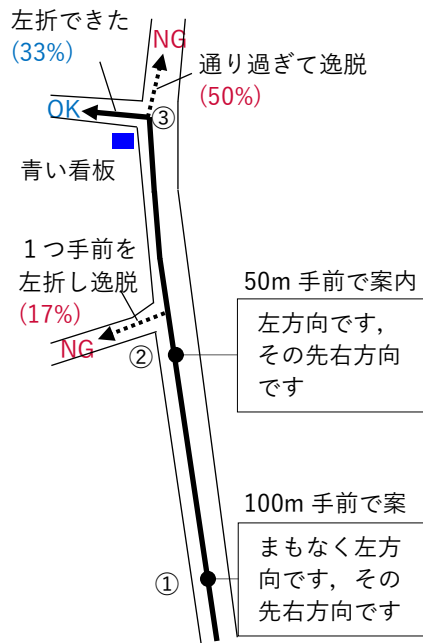
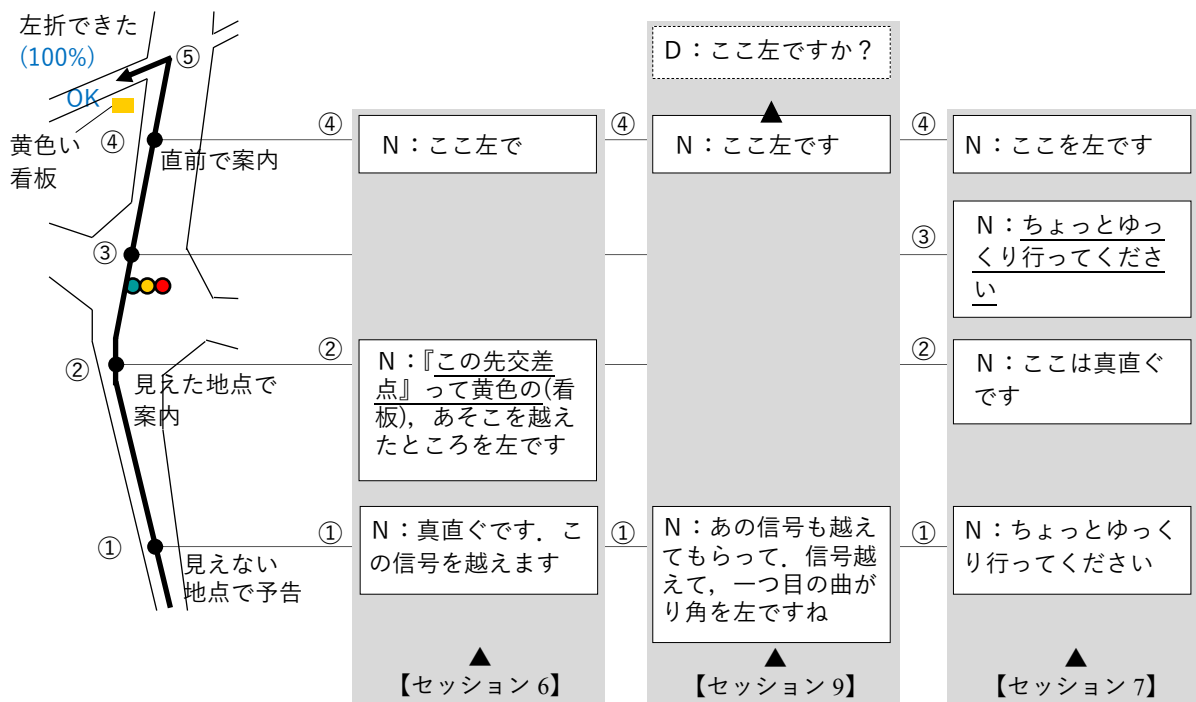


図 2.13 事例(2)見通しの悪い交差点におけるカーナビ走行



※図中の N は案内者, D は運転者を示す

図 2.14 事例(2)見通しの悪い交差点における案内者走行

表 2.4 案内者走行における案内の特徴(2)

	特徴	事例	使用者率 ^{*2}
(1) 環境情報を用いた案内	1.見えない地点で予告	「この信号をそのまま真直ぐ渡っていただいて、すぐ、えー左に入る道があるんですよ」	58%
	2.見えた地点で案内	「この、『この先交差点』って書いてあるここですね」	50%
	3.行動地点直前で再案内	「ここを左に曲がってください」	67%
(2) 複数の目印を用いた地点の特定		「あの信号を越えてもらって1つめを曲がり、角を左ですね」	83%
(3) 直進の案内		「次の信号は真直ぐなんですけど」	100%
(4) 運転状況に応じた案内	徐行を促した	「ちょっとゆっくり行ってください」	8%

*1 使用者率：案内者走行における見通しの悪い交差点走行時の、全セッションで各案内を使用した人の割合を表す。

2.4.4.3 案内方法の特徴

前項事例で記した以外の、人による道案内の特徴を示す。

(1) 案内のタイミング

図 2.15 に案内のタイミングを示す。カーナビ走行では、次の行動地点まで距離がある場面では、700m, 400m, 100m, 50m 手前の計 4 回案内があった。

これに対し、案内者走行では、次の行動地点、あるいは、その目印となるものを目視する前(予告)、目視により確認したとき(目視時)、行動地点直前の行動を開始すべきタイミング(直前)の 3 つに大別できる。表 2.5 は、予告型案内がおこなわれた地点の特徴と、その案内例、および、使用者率を示したものである。見通しの悪い交差点(表 2.5 の(1)(2)(5))、わかりにくい分岐(表 2.5 の(3)(5)(7))、しばらく直進が続いた後(表 2.5 の(2)(4)(6)(8))といった場面で、目印が目視できる前に案内を始めた案内者が多かったことがわかる。また、目印を目視できたタイミングでも、狭路で自車の近傍に歩行者や自転車、対向車がいたときや、踏切の通過時は、案内者は運転者に対して注意喚起をおこない、次の行動地点に関する案内はしなかった。連続して右左折が発生する場合は、複数の行動地点が見えていても、1つ先の右左折が完了するまでは、2つ先以降については案内しなかった。

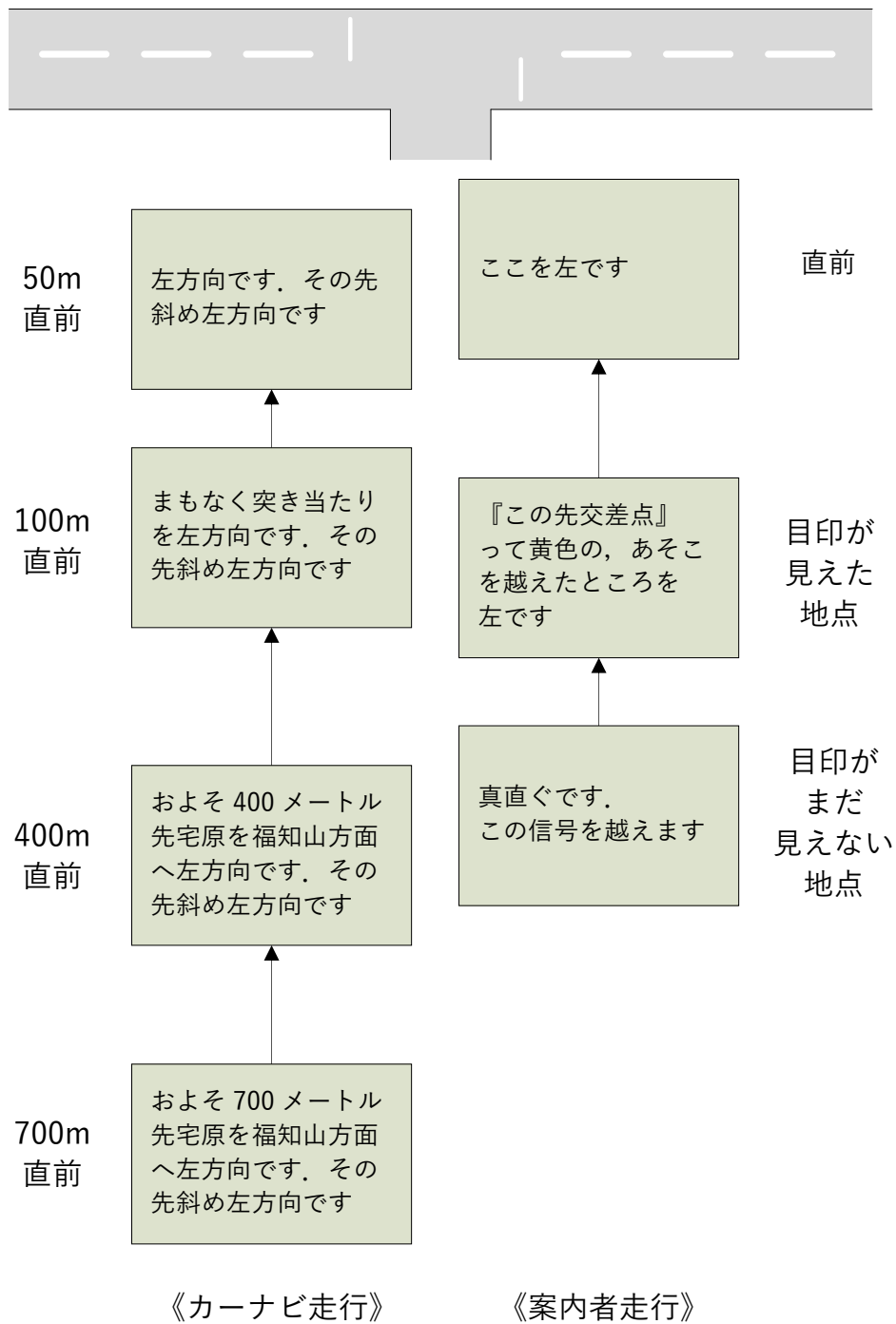


図 2.15 案内のタイミング

表 2.5 予告型案内の例

地点の特徴	案内例	使用者率*1
(1) 見通しの悪い交差点を左折	「この信号をそのまま真直ぐ渡っていただいて、すぐ左に入る道があるんですよ」	91%
(2) しばらく直進が続いた後で、カーブの先にある交差点を右折	「しばらくしたら右手にタイムズの駐車場が見えて来るので、そこを右です」	91%
(3) 突き当りを右折. 途中に続けて交差点あり	「突き当たりまで行ったら右に」	82%
(4) 見通しが悪いカーブの先にある信号を右折	「カーブ抜けたところで信号があるんですけども、そこで今度は右折して」	82%
(5) カーブの先、頭上に陸橋が連続してある. 1つめの陸橋の先にある信号を左折	「あそこの青い看板の先に上に道がありますよね. あれに乗ります. 青い先, カーブの先に信号があります. そこを左に」	82%
(6) しばらく直進が続いた後で、坂を下った先にある信号を左折	「まだ真直ぐですね. ここの坂下ったところの信号を左です」	82%
(7) 複雑な交差点(五叉路)を左折	「この次も左折なんですけど、左に曲がるときに二方向あるんですよ. 手前の方曲がって下さい」	82%
(8) しばらく直進が続いた後で、商業施設の駐車場に入る(目的地)	「次の次の信号越えたくらいに橋があるんですけど. 橋を越えていただいた後に、左側にジャパんでお店が見えて来るので、その駐車場に入って下さい」	82%

*1 使用者率：全セッションで各特徴を使用した人の割合

(2) 行動地点の案内方法

カーナビ走行では、行動地点を特定する情報として、「およそ 400m 先」「およそ 2km 先」などの次の行動地点までの残距離や、「宅原を福知山方面へ」「長尾東」などの交差点名や地名、「突き当りを左方向です」という道路形状が使われた。振り返りインタビューにおいて、「400m 手前と言われても、あとどのくらいのことかがよくわからない」という運転者のコメントがあった。逆に、「2km 先と言われると、しばらく右左折する交差点は出現しないことがわかる」と残距離による案内を評価した運転者もいた。

案内者走行にて地点特定情報として用いられた目印とその案内例を表 2.6 に示す。使用者率は、全ての案内者のうち全経路を通して各目印を地点特定のために使用した人の割合を示す。一方、全体使用率は、案内者走行の全セッション・全経路で地点を特定するために用いられた全回数に対して、各目印が使用された割合を示す。カーナビ走行と同じく残距離を使用した案内者は 1 名のみであったが、案内者走行では代わりに「しばらく」「ずっと」「ずっと」「そろそろ」といった程度副詞が最も頻繁に使われた。この他、信号、「カーブの先」「坂を上がったところ」などの道路形状、「タイムズ」「ローソン」などの固有名詞、踏切、「一時停止のところ」などの道路標識、「青い旗」「黄色い看板」「赤い看板」「白い車」などの色を目印として使用した案内者が多かった。また、カーナビ走行で頻繁に使われる交差点名・地名を使用した案内者は 2 名のみだった。

表 2.6 案内者走行における地点特定情報

目印	案内例	使用者率*1	全体使用率*2
程度副詞	「すぐ」「しばらく」「ずっと」「そろそろ」	100%	25.6%
信号	「次の信号」	100%	19.0%
道路形状	「カーブの先」「坂を上がったところ」「突き当り」	100%	12.4%
固有名詞	「タイムズ」「ローソン」	100%	7.5%
踏切	「真直ぐ行っていただいて、そこの踏切も越えます」	100%	7.5%
前走車の進路	「バスが右折した地点」	100%	4.9%
橋	「途中でローズ橋が見えて来る」	83%	5.1%
商店街	「その商店街のところを突っ切ります」	83%	2.3%
道路標識	「一時停止のところ」「白線をたどると」	75%	7.2%
色	「青い旗」「白い車」	75%	6.8%
交差点名,地名	「もう少し行ったらフラワータウンってところがありまして」	16%	1.5%
残距離	「あと 100m くらいで左側にジャパンという店が出て来る」	8%	0.2%

*1 使用者率：全セッションで各目印を使用した人の割合

*2 全体使用率：目印の全使用回数に対する、各目印の使用割合

(3) 方向の案内方法

カーナビ走行，案内者走行とも，「右」「左」と方向を案内した．カーナビ走行では右左折することのみ案内したが，案内者走行では，「ここは真直ぐ」などと直進することも案内した．図 2.16 は，幹線走行中に幹線を横切る前に案内者が，「そこの信号も真直ぐで」と案内した例である．運転者が案内者に対して，「これも真直ぐ？」と確認した場面もあった．図 2.17 は，狭路走行中に幅員減少地点に差し掛かったときに，運転者が「これも真直ぐ？」とたずねた例，図 2.18 は，狭路走行中に商店街進入を案内された運転者が，「これ通っていいですか？」と確認した例である．直進が案内された場面は以下のとおり．

- ・ 幹線を横切るとき
- ・ 信号機のある交差点や踏切を横切るとき
- ・ 右左折後に，しばらく直進が続くとき
- ・ 橋を渡るとき
- ・ 狭路通行中に交差点を横切るとき
- ・ 狭路通行中で，さらに幅員減少するとき

逆に，信号機のある交差点を横切るときでも，しばらく直進が続いた後では，直進案内はされなかった．

また，車線案内でも違いがあった．カーナビ走行では「左方向です．その先右方向です」と案内し，左折後に右車線に入ることが示唆された．一方，案内者走行では，「左の車線に入っておいてください」と具体的に車線が指定された．「ここを右折した後に，また左折していただくので，左車線に入るようにお願いします」などと，車線変更の理由を伝えることもあった．



図 2.16 案内者が交差点で直進を案内した例



図 2.17 運転者が直進を確認した例(1)



図 2.18 運転者が直進を確認した例(2)

(4) 運転者を混乱させた案内事例

案内者走行において、逸脱を誘発した、あるいは、誘発しかけた案内事例を列挙する。

(予告型案内)

- ・ 予告内容に類似した地点(右折路, 地名, 固有名詞)があったために逸脱しかけた。
- ・ 走行地域に土地勘のある案内者が使用した固有名詞を, 土地勘のない運転者は理解できなかった。
- ・ 「5 つめの信号を左」という案内に対し, 運転者は数えながら走行するうちに, いくつめかを失念した。

(目視型案内)

- ・ 橋を目印として案内されたが, 橋が連続しており, どちらのことかわからなかった。

(直前型案内)

- ・ しばらく直進が続いた後に側道に入る走行経路において, 予告せずに行動地点直前でのみ案内がされたため, 間に合わず逸脱した。

2.5 考察

本研究では, 12 組の運転者と案内者を対象とした走行実験を実施し, カーナビ走行と案内者走行における道案内を比較した。その結果, カーナビ走行よりも案内者走行の方が, 経路からの逸脱が少なく, 運転者の不安感も低かった。以下, 案内のタイミング, 行動地点の特定情報, 進行方向の表現, 情報量, コミュニケーションにおける双方向性の 5 つに分けて, カーナビによる道案内と人による道案内の相違点を整理した上で, カーナビによる道案内の改善の方向性について考察する。

(1) 案内のタイミング

カーナビ走行では GPS による位置情報に基づいて経路を案内するため, 次の行動地点(右左折する交差点や分岐, 合流すべき地点)を特定しにくかった。実験参加者も「案内のタイミングが早すぎたり遅すぎたりすることがあった」とコメントした。

これに対して、人による道案内では、運転者の経路理解と運転行動に適したタイミングで情報を提供していた。多くは、次の行動地点、あるいは、その目印となるものを目視により確認したときや、行動地点直前の運転行動を開始すべきときに案内がおこなわれ、運転者から、案内のタイミングが適切だったと評価された。よって、案内のタイミングとして、1)目印となるものが運転者に見えた地点で案内し、2)行動地点の直前で再案内することを基本とするとよいと言える。

ただし、目印が視認される前に、予告されることもあった。行動地点がカーブや下り坂の先にある、進入路が狭いなどの理由により、視認地点から行動地点までの距離が短い場合や、交差点形状が複雑、行動地点に信号がないなど、説明がひと言でおさまらない場面、しばらく直進が続いた後であった。このような場面では、目印となるものがまだ目視できない地点でも案内するとよい。予告型案内の開始地点(残距離の目安)の検討は今後の課題であるが、図 2.15 に示したように、カーナビ走行時の 700 メートル手前で最初の案内を開始するのは早すぎると考える。

(2) 行動地点を特定するために用いた情報

カーナビによる道案内では、距離による地点の特定は困難であり、ナビ画面の視認を必要とした。運転者はナビ画面と前方視界の異なる視覚情報を対応させる必要があり、認知負荷が高かった。

一方、案内者走行では表 2.3 の(3)に挙げた事例のように視覚情報を活用し、運転者と相互に理解可能な目印を用いた。信号や道路標識など、運転者が見慣れているものや、曖昧性のない、視野内で唯一存在する色や看板、固有名詞が用いられた。行動地点の特定情報として出現率の高かった信号は、運転制御時に必ず注意を払う必要があるもので、運転者に新たな認知負荷を生じさせないものであった。経路上に類似の目印が存在すると、経路理解を阻害した。

予告が必要な行動地点では、複数の目標物を目印として用いる、交差点形状と進入路の関係を説明する、前走車の進路を用いるなどして、行動地点を特定しやすくした。さらに、直前で行動地点を指さししながら「ここ」と案内することで、曖昧性を排除した。

1 つの地点に複数の目印が存在した場合、何が目印として使用されやすかったかを明らかにするために、案内者走行の走行経路での各目印の出現回数と、直進を含む案内の目印として実際に用いられた回数を数え、その全体使用率を算出した。経路上での出現回数を明確に特定できたのは信号、橋、踏切の 3 種類で、それぞれ 20 回、10 回、3 回出現した。全体使用率は、踏切 97%、信号 37%、橋 20%であった。右左折地点の目印として使用された箇所、あ

るいは、そこは直進するが、直後に右左折が発生する地点を示す目印のひとつとして使用された箇所に限ると、全体使用率は、踏切 97%、信号 73%、橋 26%であった。橋の半数は頭上に交差する陸橋で、信号機も設置されていることが多く、目印としては信号が選択された。つまり、信号と踏切があると行動地点の目印として使われる確率が高かったと言える。

以上から、行動地点を特定するために用いる目印として、次の指針を示す。交差点までの残距離や交差点名・地名は用いず、程度副詞や視覚情報を用いる。行動地点に信号や踏切がある場合は、それらを目印として用いる。道路形状や道路標識を組み合わせることで、行動地点の特定がしやすくなる。行動地点に信号や踏切がない場合は、道路形状や、道路標識を目印として用いる。わかりにくい分岐や見通しの悪い交差点では、複数地点の目印を使用してヒントを増やす。住宅街などの狭路においては徐行を促し、直前で「ここです」と知らせてもよい。また、指さしの代わりに、ヘッドアップディスプレイを用いて前景に重畳表示する支援も有効であると考えられる。

本実験では、固有名詞や色を使用することで、地点を特定した例があったが、運転者によっては耳慣れない商業施設や、近くに同様の施設がある可能性は否定できない。色弱の運転者には、色名による案内は却って混乱を招く可能性もある。使用には注意を要すると思われる。

なお、程度副詞と距離の関係は、今後検討が必要である。

(3) 進行方向の表現

案内者走行では、交差点形状と進入路の関係の説明や、前走車の進路を用いて、進行方向を表現した。

カーナビ走行は右左折を指示するのみであるのに対し、案内者走行は「直進」することも案内した。幹線道路や信号機のある交差点など、運転者が経験的にそこで曲がる可能性が高いと推測した地点で直進を案内した。

カーナビ走行では直接的な車線案内はなかったのに対し、人による道案内で車線変更が必要な場面では、どの車線に入るべきかを具体的に伝えられた。

以上から、わかりにくい分岐では、「一番手前側を左」など道路の位置関係による案内や、前走車の進路を用いた案内が有効であると言える。そして、進行方向は右左折のみならず、幹線を横切るときや狭路を通行する場面などでは、直進も案内すべきである。さらに、二車線以上ある道路では、具体的な車線情報も伝えるとよい。

(4) 情報量

カーナビ走行では右左折後の車線を示唆するために、この先 2 地点における進行方向を同時に案内した。

これに対し、案内者走行は次の行動地点に限って案内した。次の行動地点を通過してから、その先の案内をおこなった。交差点や踏切の通過時、歩行者や自転車が近くにいるときや、狭路で対向車がいるときなど、目先の安全走行に注意を払う必要があるときは、道案内はおこなわず、注意喚起にとどめた。前方に信号があるときは、減速／停車してから案内を開始した。さらに、しばらく直進が続く場面では、「しばらく」という程度副詞により次の行動地点が遠いことを示唆し、直進を指示したのち、(1)項で記したタイミングが来るまで、次の案内は控えた。

つまり、案内者走行は情報量のコントロールをおこない、運転者の注意資源を分散させないよう配慮した。そして、情報量のコントロールは、案内タイミング条件のひとつとなっていたと言える。

よって、運転者の認知負荷を最小限とするために、案内は次の行動地点の情報のみとすべきである。情報量が多い場合は、案内を 2 回に分けて、1 回当たりの情報量を抑える。前方に信号があるときは減速、停車してから案内する。また、安全走行に注力すべき状況では、次の行動地点の案内は控えるなど、運転の状況に応じた情報量コントロールをするとよい。

(5) コミュニケーションにおける双方向性

カーナビ走行では運転者に対して、一方的に案内をおこなった。

案内者走行では、案内者が運転者の発話や行動に合わせて、案内の仕方を変えた。例えば、運転者が次の行動地点までに正しい方向のウインカーを出せば、直前での案内は省略した。逆に、運転者が案内者の意図と異なるオウム返しをしたときや、経路理解に自信のない様子を見せたときは、間違いを正す、補足説明をする、徐行を促すなどした。

振り返りインタビューにおいては、案内者走行において、運転者が走行経路について確信が持てないときは、案内者に聞き返せたことを高く評価した。

以上から、運転者が誤った経路に進むことが予測された場合は正しい経路を教える、逆に、運転者が経路を正しく理解できていると判断されたときは再度の案内は省略する、運転者の質問に答えるなどの対話型システムが有効であると考えられる。

2.6 結論

本研究では、運転者にとって走行経路理解の負荷が少なく、地図の視認が不要な道案内を実現するために、12組の運転者と案内者を対象とした走行実験を実施し、カーナビ走行、および、案内者走行における道案内の様子を比較することで、カーナビの道案内の改善の方向性について検討した。

その結果、運転者の走行経路判断には、行動地点を特定するための目印の選択と、適切な案内のタイミングが影響することが示唆された。行動地点や目印となるものが目視によって確認できること、目印が視認できるタイミングで案内すること、運転者の認知負荷に配慮した情報量とタイミングで案内することが重要である。つまり、運転者の状態や行動、走行経路の環境情報をモニタリングし、適切なタイミングで経路情報を提供することが重要であると言える。

今後は、自動運転車両の車内外の周囲環境機能(センサやカメラ)による、運転者の状況理解や環境認識技術が、有効な案内システムのキーになると考える。運転者の特性や、行動地点特定のための知識の推定学習が重要である。

運転状況を考慮した案内の量とタイミングの調整、運転者の発話や行動に基づいた経路理解度に合わせた訂正案内、行動地点や目印となるものが、運転者の視界に入っているかの判断、ヘッドアップディスプレイに重畳表示して、行動地点を前方視界に直接指し示す技術、入るべき車線を案内するために、路面表示や道路標識を用いて車線を判断する技術、直進案内が必要となる交差点の推定などが必要であると考えられる。これらが実現しても、曖昧性は完全には排除できないと考えられ、運転者と案内者間の対話型システムも用意されることが望ましい。

2.7 本章のまとめ

本章では、カーナビゲーションシステムが高度なセンシング技術によって得た周囲の情報が得られたときに、運転者にとって走行経路を選択/決定しやすい道案内情報を提供する方法について検討した。ここではその結果から、第3の人工物である自動化された移動システムが、高度なセンシング技術によって得た周囲の情報を活用して提供する情報を、ユーザにとって受け入れやすいものとするために、インタフェースの設計要件について検討する。

図2.19に、運転者状態と環境情報を利用したカーナビゲーションシステムを取り巻く移動空間の構成要素とそれぞれの関係性、および、受け入れやすさの要因を示す。矢印は情報の

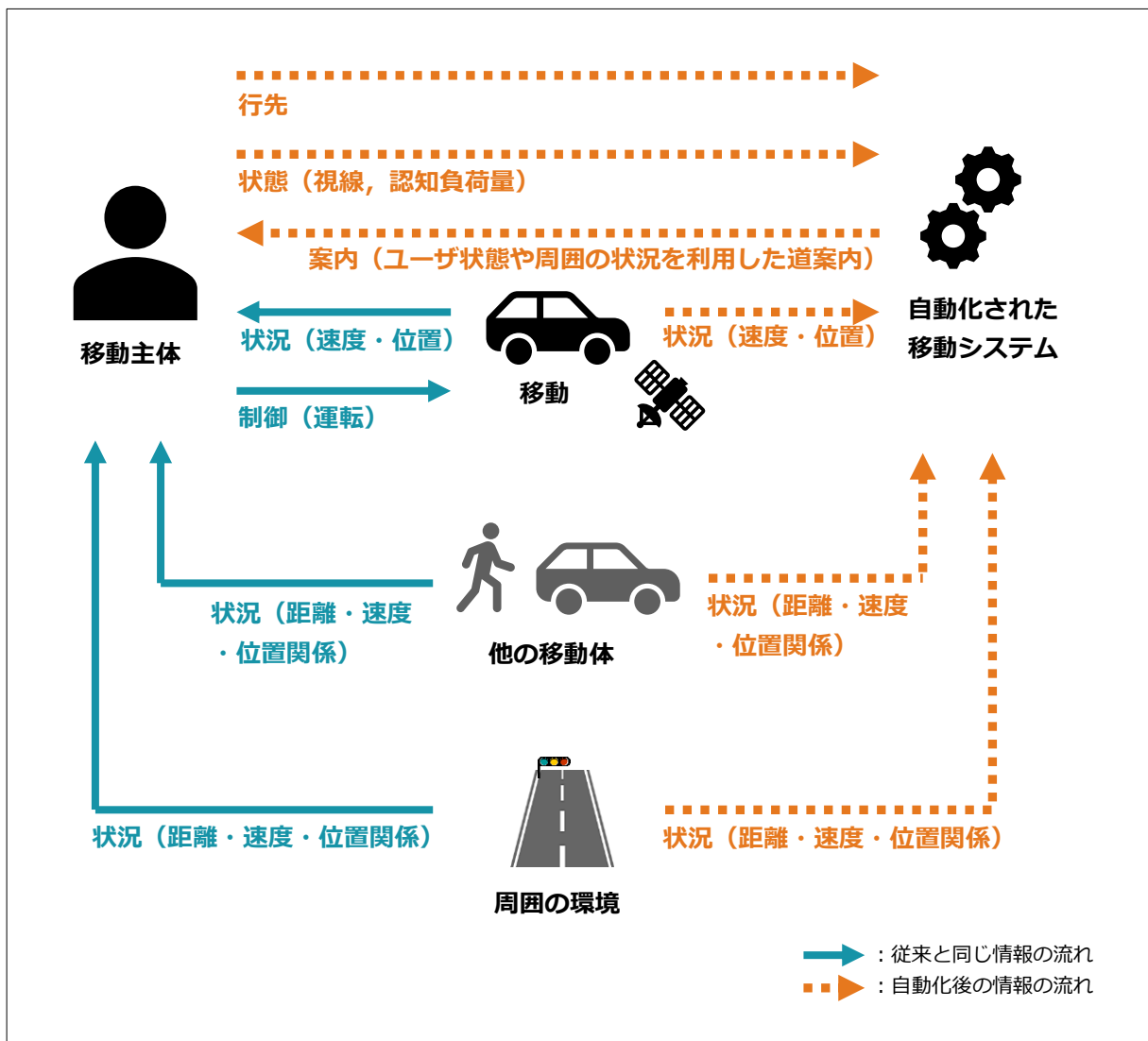


図 2.19 運転者状態と環境情報を利用したカーナビゲーションシステムを取り巻く移動空間の構成要素と関係性

流れを示し、実線が従来の移動空間でもあった情報の流れ、点線が自動化により発生した情報の流れである。カーナビゲーションシステムを取り巻く移動空間は、移動主体である運転者、移動体である車両、自動化された移動システムであるカーナビゲーションシステム、他の移動体である歩行者や他の車両、周囲の環境である道路や交差点、信号、建物などの要素で構成される。

本研究で検討した関係性は、次のとおりである。移動主体である運転者が、自動化された移動システムであるカーナビゲーションシステムに行先を入力する。移動システムであるカーナビゲーションシステムは、移動体である車両の位置情報だけではなく、高度なセンシング技術により構成要素それぞれの状況を把握し、それぞれの状況に合わせて、移動主体である運転者に対して道案内の情報を提供する。状況に合わせるとは、案内のタイミング、目印の選択、一度に提供する情報量を運転者に合わせることであり、それらの要因は次のとおりである。案内のタイミングは、運転者が乗車する車両の速度や、行動地点までの残距離などが要因となる。行動地点を特定するための目印として、他の車両や周囲の環境の情報を用いることが重要である。目印として利用する要素の選択の適切さは、目印が運転者から目視できる位置にあるかによって影響されるため、目視できるタイミングを基準にして案内するとよい。案内の情報量の適切さは運転者の認知負荷に影響されるため、運転者の認知負荷を小さくする案内方法を取るとよい。運転者の認知負荷は、運転者が乗車する車両の速度、歩行者の有無、交差点までの距離や道路形状、信号の色などが要因となる。その結果、移動主体である運転者は、移動システムであるカーナビゲーションシステムによる周囲の情報を用いた道案内の情報に基づき、不安を感じることなく走行経路を選択し、移動体である車両を運転することが可能となる。

以上から、高度なセンシング技術が実現した際に、第3の人工物である自動化された移動システムが提供する情報を、移動主体にとって受け入れやすいものとするためには、移動システムが移動体の位置情報だけではなく、視線や認知負荷といった移動主体の状態、および、移動体と他の移動体や周囲の環境との距離や速度、位置関係といった状況を考慮したインタフェースとすることが重要であることが示唆された。

従来のカーナビゲーションシステムにおいては、地図情報とGPSによる位置情報に基づいた、次の行動地点までの残距離による道案内によって、運転者は不安を感じながら経路走行をしていた。本研究により、自動運転車両の高度なセンシング技術により把握した運転車の状態や周囲の状況を用いた道案内とすることで、運転者にとって快適なインタフェースが実現可能となることが明らかとなった。

しかし、自動運転技術のさらなる高度化によって完全自動運転が実現したとき、運転者は車両を制御せず、道案内情報の提供は不要となる。完全自動運転による車両がどのように制御されれば、移動主体である運転者に受け入れられるインタフェースとなるかは明らかとなっていない。そこで、次章では、第3の人工物である自動化された移動システムである自動運転システムが制御した結果である、自動運転車両と回避する障害物間の距離を、運転者に受け入れられるインタフェースとするための設計要件について検討する。

第3章 市街地における運転者・歩行者の不安感を考慮した自動運転の研究

3.1 本章の位置づけ

前章では、カーナビゲーションシステムの道案内を事例として、高度なセンシング技術によって得た周囲の情報をを用いて、運転者にとって走行経路を選択/決定しやすい道案内情報を提供する方法について実証的に検討した。本章では、自動運転技術のさらなる高度化によって完全自動運転が実現したとき、完全自動運転による車両がどのように制御されれば、移動主体である運転者に受け入れられるインタフェースとなるかについて検討する。

本研究の目的は、第3の人工物である自動化された移動システムのふるまいを、ユーザにとって受け入れやすいものとするために、インタフェースの設計要件について検討することである。本章で扱う自動化は、人の情報処理過程4段階モデルのすべての機能、情報の取得、情報の分析、判断および行為の選択、行為の実行を自動化する自動車の完全自動化である。本章で扱う移動システムは、高度なセンシング技術で得られた情報に基づいて、移動体である自動運転車両を、移動主体である運転者に代わって制御する自動運転システムである。ここでの受け入れやすさとは、移動主体である運転者や近くに居合わせた歩行者が、自動運転車両と回避する障害物間の距離を見て、両者が接触するのではないかという不安感を抱かない、快適な状況であることを指す。

図3.1は、従来の自動車を取り巻く移動空間の構成要素と、それぞれの関係性である。矢印は情報の流れを示す。構成要素は、移動主体である運転者、移動体である車両、他の移動体である他の車両や歩行者、および、道路や駐車場などの周囲の環境である。構成要素の関係性は次のとおりである、移動主体である運転者が、移動体である車両の速度、および、他の移動体である他の車両や歩行者や、周囲の環境である道路や駐車場などとの距離や速度、位置関係といった状況から得た情報に基づいて、移動体である車両を運転する。

本章では、高度なセンシング技術を用いた周囲環境の認識システムによる、自動運転車両の障害物の回避技術に着目した。自動運転を模擬した車両を用いた実車走行による実験を実施し、市街地における自動運転車両と回避する障害物間の、運転者や歩行者にとって適切だと考えられる距離について検討する。その結果から、移動システムのふるまいをユーザにとって受け入れやすいものとするために、インタフェースの設計要件について検討する。自動運

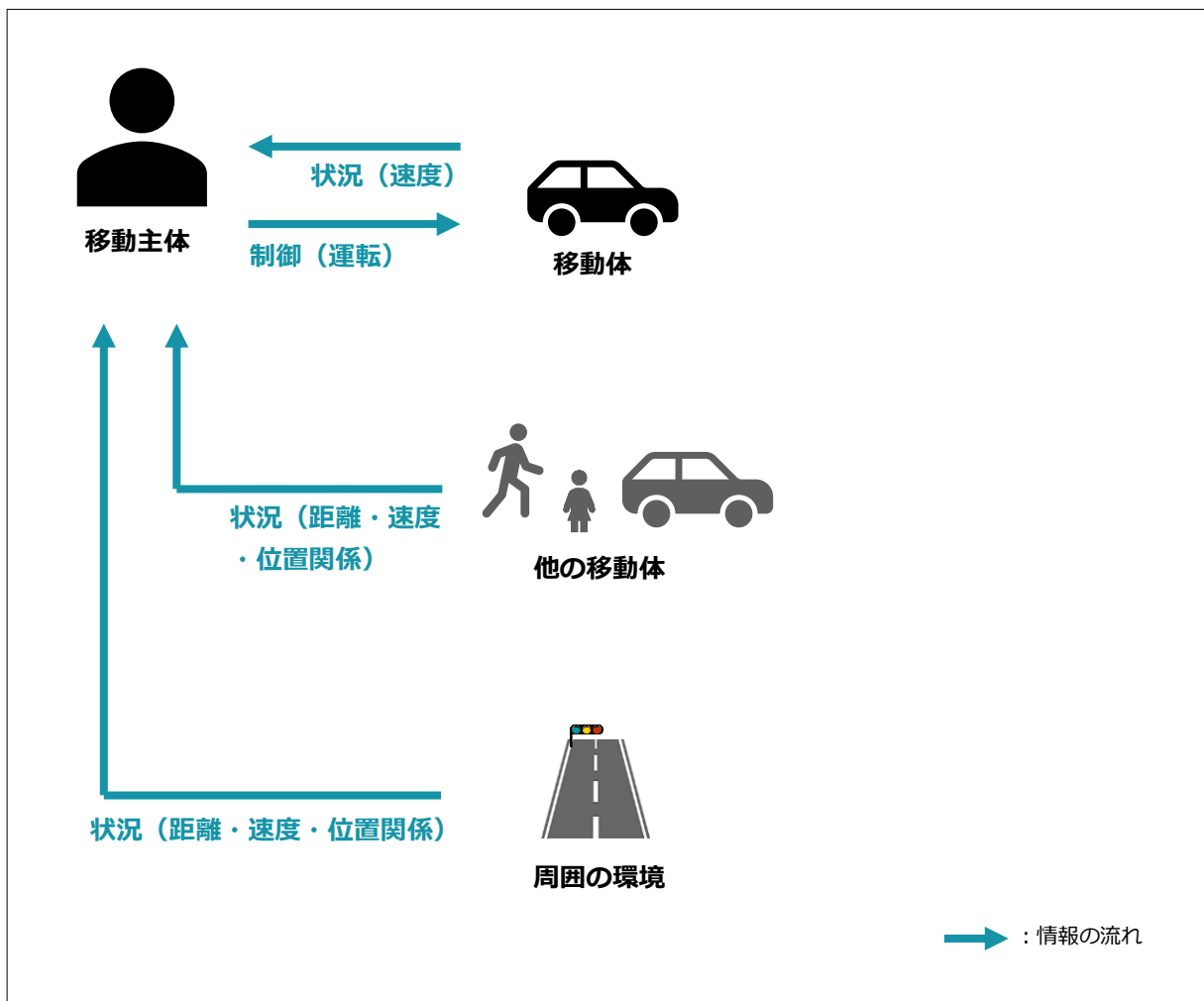


図 3.1 従来の自動車を取り巻く移動空間の構成要素と関係性

転システムを取り巻く移動空間における環境や構成要素，および，それぞれの関係性と，運転者にとっての受け入れやすさの要因を明らかにする。

3.2 はじめに

交通システムのイノベーションとなるであろう自動運転は，交通事故の削減，渋滞緩和，環境負荷の低減，高齢社会における移動支援などの効用をもたらすことが期待されている。

将来的に想定される自動運転車両には、周囲環境を認識するためのセンサやレーダ、カメラ等が多数搭載され（中村・後呂, 2017；菅沼・米陀, 2017）、道路上の障害物を自動で回避したり、狭いスペースへ自動で駐車したりすることが可能となる。自動運転では、通常の運転者には制御することが困難な、隣接車両とわずか数センチメートルの車間距離での走行が可能となることも想定される。しかし、従来の手動運転では経験しなかったこのような走行は、車両同士が接触するのではないかとの不安を乗員に与えることが予想される。自動運転の障害物回避技術においては、性能の向上を追求するだけではなく、乗員にいたずらに不安感を与えないようにすべきであると考え。自動運転の初期の開発段階においては、運転者への権限委譲があることが想定されている。そのため、自動運転中であっても運転者は当事者であるとの感覚が大きく、乗員のうち、運転者に対して必要以上の不安感を与えない制御とする必要性が高いと考える。

本研究に先立ち、運転者が運転中に不安を感じるであろう 25 の運転状況に対する不安の度合いについて、Web アンケート調査を実施した（城戸・新垣・青山・朴・河原, 2017）。対象者は、週に 1 回以上運転することがある 18 歳以上の一般男女 1070 名であった。その結果から、探索的因子分析をおこない、運転中の不安要素 3 因子を抽出した（表 3.1 参照）。1 つめは、急な飛び出しや追突、悪天候など、自分以外の人や状況が事故を誘発し、かつ、自分にも危害が及ぶ可能性がある「外部起因事故」因子、2 つめは、交通量の多い道での車線変更や、合流時に加速レーンが短かったときなど、自分の運転技術が影響して、運転者自身にも危害が及ぶ事故を誘発する可能性がある「内部起因事故」因子、3 つめは、狭いスペースへの駐車やバック駐車時など、自分の運転技術が影響して物損事故を起こす可能性もある「内部起因物損」因子である。この調査では、運転の自信度による不安感の差異を検討するため、不安要素の因子得点と自分の運転に対する自信の度合いについても検討した。自分の運転に対して自信のない運転者は、いずれの因子に対しても不安感が高かった。一方、自分の運転に自信がある運転者は、「外部起因事故」因子に対する不安感が高かった。この結果を参考にすると、同じ運転者の立場でも、運転に対する自信の有無により、自動運転車両と周囲の障害物間の距離に対する不安感が異なる可能性があると考え。

しかし、安心の視点は運転者だけでは不十分である。赤松・北崎(2015)は、自動運転車両と人とのインタラクションには、車と運転者、車と他の交通参加者（手動運転車の運転者や歩行者など）、車と社会という 3 つの観点があることを示し、自動運転車両に対して運転者のみならず、歩行者の視点も考慮する必要があると指摘している。自動運転車両は市街地での走行も想定されており、近くに居合わせた歩行者に対しても、従来の手動運転では経験し

なかった回避距離での走行による不安感を与えないようにする必要があると考える。そして、歩行者が運転者と同じように不安を感じるとは限らない。

自動運転車両同士の車間距離については、杉町・橋本・須田(2016)による研究がある。自動運転によるトラックの隊列走行では、従来存在しなかった短い車間距離で隊列を組むことが想定されている。そこでこの研究では、周囲の一般車両の運転者が緊張せず、かつ、隊列車両の間に割り込もうとしない車間距離について、ドライビングシミュレータを用いて評価させている。しかし、自動運転車の運転者にとっての不安感については考慮していない。

自動運転における車間距離に対して、運転者の個人特性を反映することが、安心感や受容性の点で重要であると指摘した研究もある。平松・張・根本・伊藤・山崎・寸田(2018)は、手動運転時の自車両と先行車との車間距離を学習し、運転スタイルの個人特性をモデル化して、自動運転システムに反映する手法について提案した。提案モデルの妥当性を検証するため、手動運転で先行車に追従走行した場合と、提案モデルを適用した自動運転車両による追従走行を比較する評価実験をテストコースで実施した。その結果から、両者の先行車との車間距離の一致度が高いほど安心感が高くなること、および、自動運転車両における追従走行において、先行車との車間距離が短くなると許容ができなくなる可能性について報告している。自動運転車両と先行車との車間距離に対する運転者にとっての安心感については考慮しているが、自動運転車両と回避すべき障害物間の回避距離に対する不安感については考慮していない。

嶋田・河原・城戸・朴・吉武(2017)は、高速道路における合流時の自動運転車両と隣接車両、および、先行車が急ブレーキをかけたときの自動運転車と先行車との車間距離を対象に、自動運転車両に乗車する運転者が不安に感じない車間距離について、実車実験により明らかにした。高速走行時の自動運転車両の運転者にとっての不安感は評価しているが、市街地では道幅が狭く、歩行者や駐車車両といった回避しなければならないものも多いため、高速走行時とは不安感も異なると考えられる。

一方、市街地における自動運転車両の制御に関する先行研究もある。前田・児島・横山(2016)は、自動運転車両が市街地を走行する場合に、歩行者や自転車が急に行動を変化させることで、急ブレーキによる衝突回避行動が生じる可能性を指摘した。そして、歩行者の急な行動変化を予測するモデルを構築した上で、自動運転車両が急ブレーキをかけることなく走行できる経路と速度を自動で制御する方法を提案した。

市街地における歩行者の挙動予測に関する研究もある。新村・川西・出口・井手・村瀬・藤吉(2017)は、安全運転には周囲環境の把握が重要であると主張した。自動車が歩行者脇を通過する場面における、歩行者の状態や挙動といった歩行者属性を収集し、歩行者の体の向き

から,次にどちらに向かうかを推定する手法を提案した.しかし,嶋田ら(2017),前田ら(2016),新村ら(2017)のいずれの研究においても,周囲の歩行者視点での不安感については検討されていない.

そこで本研究は,市街地における自動運転車両と回避する障害物間の,運転者および歩行者という視点から適切だと考えられる距離を明らかにし,従来の手動運転と異なる回避距離での走行による不安感を与えない自動運転走行の指針のひとつとすることを目的とする.なお,本研究は,緊急時の安全確保のための回避距離に言及するものではない.

表 3.1 運転の不安要素の因子分析結果

番号	項目内容	外部起因 事故因子	内部起因 事故因子	内部起因 物損因子
25	駐車する際に、見えない場所から急に人や動物が現れたとき	.859	-.194	.133
16	歩行者や自転車、バイクが飛び出してきそうなとき	.791	.095	-.047
14	渋滞による事故（追突、飛び出し）に巻き込まれそうなとき	.710	.094	-.028
19	前の車が急ブレーキをかけたとき	.662	.132	-.007
4	アイスバーン（凍結道路）、雪道などを走行するとき	.598	.185	-.049
1	雨や夕方、夜間など視界が悪いとき	.549	.221	.024
6	対向車のライトなどでセンターラインが見えないとき	.544	.257	-.026
8	見通しの悪い交差点・信号のない交差点を通るとき	.521	.219	.105
20	急に割り込まれたとき	.438	.205	.073
3	前に大型車がいて視界が遮られているとき	.410	.364	.032
9	高速道路などの分岐で進む方向が分からないとき	.409	.355	.046
13	交通量の多い道で車線変更するとき	-.005	.785	.113
12	片側2車線道路のどちら側を走ったらいいかわからないとき	-.014	.759	.086
11	複数車線の道路で反対側に入りたい場所があったとき	.107	.678	.069
10	高速道路などへ合流する加速レーンが短いとき	.172	.612	.068
5	トンネルの走行やトンネルから抜けたとき	.100	.564	.015
15	交通量が多い、または渋滞している交差点を右折するとき	.192	.554	.074
17	速度が遅く、後続車の迷惑になっていないかと思ったとき	.153	.461	.040
18	後続車からあおられたり、後続車との車間距離が近かったりしたとき	.266	.458	-.015
2	初めての道や土地勘のない道を走行するとき	.374	.410	.047
22	スペースが狭いところに駐車するとき	.047	-.019	.931
21	バックで駐車するとき	-.116	.095	.828
23	縦列駐車をするとき	.043	.130	.760
24	駐車する際に、人やモノにぶつけないかと思ったとき	.388	.039	.501
因子間相関				
	外部起因事故因子	1	.671	.539
	内部起因事故因子		1	.610
	内部起因物損因子			1

※「7 狭い道で対向車とすれ違うとき」は十分な因子負荷量を示さなかったため、分析から除外した。

3.3 方法

3.3.1 目的

市街地における自動運転走行による障害物回避を、運転者、および、歩行者という視点で、実車を用いて体験させる。回避距離の違いによって不安感がどのように異なるかを調査するとともに、運転者と歩行者という視点の違い、自分の運転に対する自信の有無が不安感に与える影響についてもあわせて調査する。その結果から、運転者、および、歩行者に不安を感じさせない回避距離の目安を明らかにする。

3.3.2 実験参加者

実験参加者は週1回以上の頻度で運転する20~75歳の男女24名とした。年代3条件(20-39歳, 40-59歳, 60-75歳), 性別2条件(男女), 自分の運転に対する自信2条件(自信あり, 自信なし)が均等になるようにした。自分の運転に対する自信の有無については、実験参加者募集時に次のアンケートを実施し選別した。アンケートの内容は、[鳶田・羽山・岩崎・石橋・大桑・赤松\(2001\)](#), および、[石橋・大桑・土居・赤松\(2008\)](#)の研究を参考にした。石橋らが開発した運転スタイルチェックシート(DSQ: Driving Style Questionnaire)は、日常の運転での態度や志向, 考え方といった運転スタイルを簡便な形で指標化したものである。DSQでは、運転スタイルの1項目である「運転スキルへの自信」について、2つの質問(質問1: 渋滞しているときの車線変更は苦手だ, 質問2: 車幅感覚に自信がある)をそれぞれ4段階で回答させることで評価ができると報告されている。そこで本研究においては、この2つの質問項目を用いて、それぞれ当てはまる3点, やや当てはまる2点, あまり当てはまらない1点, まったく当てはまらない0点で回答させ、自分の運転に対する自信の有無を確認した。質問1は逆転項目として処理し、質問1と2の合計点が4点以上を自信あり, 3点以下を自信なしとした。

実験は実験参加者に対して十分な事前説明をおこない、文書による同意を得た上で実施した。

3.3.3 実験車両

安全性、および、実験条件の統制のため、ドライビングシミュレータを用いることについて検討した。しかし、自動運転車両と回避する障害物間の距離に対する人の感覚を評価するには、視界や加速度, 振動, 音といった現実感が求められる。そのため、現実感に欠けるドラ

イビングシミュレータを使用するのではなく、実車走行による実験環境を用いることにした。現時点では速度、および、前後方向の車間距離を自動で一定に保つ技術(Adaptive Cruise Control)は確立されているが、左右方向の車間距離を自動制御する技術は開発段階にある。そこで、速度、および、前後左右方向の車間距離を一定保つことができる運転技術を持つプロドライバーにより、自動運転車両を模した実車(手動運転車両)を制御させることで、実験条件の統制を図ることにした。実験参加者自身が運転しないため、安全上でも問題ないと判断した。

実験車両には左ハンドルのセダンを用いて、右ハンドルの自動運転車両を模擬した。実験車両の右座席に、ダミーのステアリングホイール、ペダル、および、メータパネルを設置した(図3.2参照)。実験参加者は、自動運転車両の運転者として右座席に着座した。

実験車両は、左座席に座る十分な運転技術を持つプロドライバーが運転した。実験参加者には、プロドライバーが運転していることは知らせなかった。進行係が右後部座席に着座し、直接プロドライバーに話しかけないようにした。走行中にプロドライバーの姿が実験参加者の視界に入らないようにするため、プロドライバーのシートを最後部まで下げた。運転操作に支障を来さないよう、ステアリングホイールの位置を後方に寄せた。また、左右座席の間に目隠しを設置した(図3.2参照)。プロドライバーの右方向の安全確認に支障を来さないようにするため、左右座席の間に隙間を設けた。この隙間から運転操作をするプロドライバー



図3.2 自動運転模擬車両の運転席

の手元が見えないようにするため、ステアリングホイールを覆う目隠しを設置した（図 3.2 参照）。プロドライバーは運転操作時にステアリングホイールの下半分のみを手をかけるようにした。ダミーのステアリングホイール、および、メータは、プロドライバーの運転操作と連動させた。実験参加者には事前に、必要に応じてこれら进行操作してよいと伝えたが、実験中に操作した者はいなかった。

実験参加者の表情、手元、ダミーのステアリングホイール、および、時刻の映像を記録した。

なお、本実験車両は別実験(嶋田ら, 2017)においても使用した。実験における事後アンケートにて、当時の実験参加者 24 名中 22 名が実はプロドライバーが運転していたことに、実験終了後まで気づかず、自動運転車両に乗っていたと判断していたことが確認されている。そのため本実験でも自動運転車両への乗車と同等とみなす。

3.3.4 実験条件

実験は屋外テストコース（私道）で実施した。調査対象は、市街地の生活道路、および、ショッピングモール等の駐車場における、低速走行時の障害物回避を想定し、図 3.3 に示した 3 つの走行シーン、(a)バック駐車時における隣接車両回避（以下、後退と呼ぶ）、(b)右折時における歩行者回避（以下、右折と呼ぶ）、(c)路上駐車車両回避（以下、路駐回避と呼ぶ）とした。これらの場面は、先に述べた Web アンケート調査結果（城戸ら, 2017）に基づいて選定した。運転者が運転中に不安に感じるであろう 25 の運転状況に対して不安の度合いが高く、かつ、市街地において発生する可能性がある「歩行者や自転車、バイクが飛び出してきそうなとき」に該当する場面（(b)右折、(c)路駐回避）、および、不安度合いは低かったものの、すでにサポート技術が普及しはじめている「バックで駐車するとき」に該当する場面（(a)後退）とした。前者は外部起因事故因子、後者は内部起因物損因子に該当する。右折では、飛び出してきそうな歩行者を目に見える形で設定した。一方、路駐回避においては、歩行者や自転車など他の障害物は設定しなかった。

自動運転車両と回避する障害物の距離は、後退と右折が 30cm, 60cm, 90cm, 120cm, 路駐回避が 50cm, 150cm, 300cm, 500cm の各 4 条件とした。後退、および、路駐回避の障害物（隣接車両）には、セダンを用いた。右折の障害物には、図 3.4 に示したように、飛び出してきそうな歩行者として身長 115cm の子ども（6 歳児相当）を模したマネキンを用いた。障害物はすべて停止状態とした。自動運転車両の時は、後退が約 5km/h, 右折が約 10km/h, 路駐回避が約 15km/h とした。プロドライバーは毎回同じ時速で、同じルートを走行するように心がけた。各走行体験は合図によって開始タイミングを合わせた。

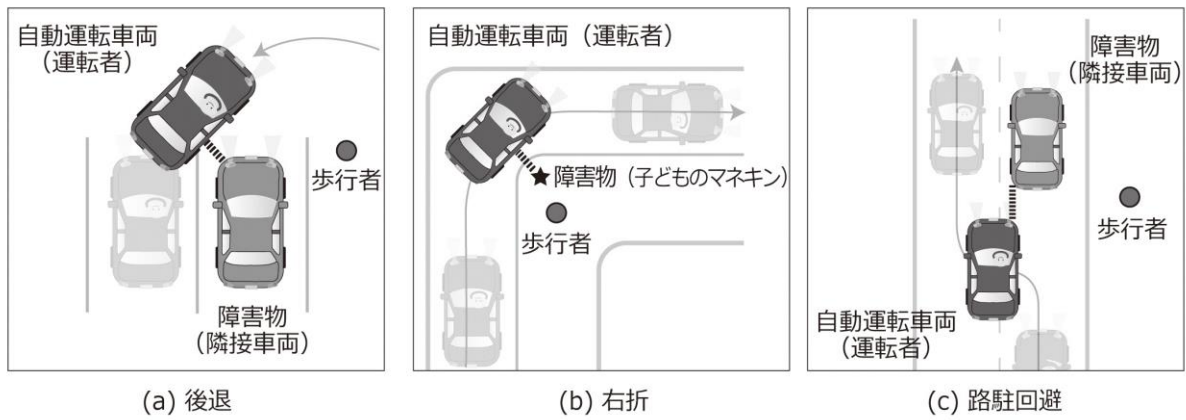


図 3.3 自動運転車両，障害物，歩行者の位置関係



図 3.4 右折シーン

3.3.5 自動運転の走行体験

実験参加者は、運転者（自動運転車両の車内）と歩行者（車外）の2つの視点で、3つの走行シーンと回避距離4条件をそれぞれ体験した。1名の実験参加者が自動運転車両の運転者として車内に着座し、もう1名の実験参加者が歩行者として障害物の近傍（車外）に停立した（図3.3，図3.4参照）。2名は3つの走行シーンを体験した後、役割を交代した。順序効

果を考慮して、実験参加者ごとに走行シーン、回避距離、評価視点を各条件内でランダムな順序とした。

実験に先立ち、次のことを教示した。調査は、これから体験する自動運転制御システムが、ユーザにとって不安にならないかどうかを確認するものであること。実験実施者が用意した自動運転車両に乗車し、テストコースを走行した後、カーブを曲がったり、駐車したりした体験に対する意見や感想をたずねること。自動運転車両に乗っているときは運転者として、車両に乗っていないときは歩行者として、自動運転の走行を体験すること。コース上にはセンターラインなどが描かれているが、今日はセンターラインのない場所という設定で、センターラインは気にしないこと。コースを逆向きに走ることもあること。

状況を想像しやすくするために、各走行シーンのタスク開始時に、図 3.3 に示した車両、障害物、歩行者の位置関係を示した図、および、次の状況説明文を呈示し、どの部分の距離に注目すべきかについて説明した。

(a)後退：「ここはショッピングモールの駐車場です。一か所空きがあったので、そこにバックで車を入れます。この車の右側と隣の車の角との距離がどれくらい離れているかを意識して見てください。この距離を変えて何回か駐車します。隣の車との距離を見るときはバックミラーや後方を直接見ても構いません。」

(b)右折：「ここはセンターラインのない道路です。この先の交差点を右折します。交差点の角に赤いレインコートを着た子どもが立っています。自動車が右折するとき、この子どもと自動車との距離がどれくらい離れているかを意識して見てください。この距離を変えて何回か走行します。子どもとの距離を見るときはバックミラーや後方を直接見ても構いません。」

(c)路駐回避：「ここはセンターラインのない道路です。右前方に車が駐車しています。これからこの車を左側から避けて進みます。駐車車両とすれ違うときの、この車の右角と駐車車両の後ろ角との距離がどれくらい離れているかを意識して見てください。この距離を変えて何回か走行します。駐車車両との距離を見るときはバックミラーや後方を直接見ても構いません。」

なお、実験中は車外にいる実験参加者からプロドライバーが運転操作する様子が見えないように配慮した。実験参加者には、プロドライバーが座っている自動運転車両の左側を通らせない、自動運転車両は歩行者役から車両の左側が見えないルートで走行する、歩行者役の実験参加者が定位置に着いてから動かすなどである。

運転者は歩行者を確認できたが、自動運転車両と障害物の回避距離を評価する際に、歩行者が運転者の視界を遮ることはなかった。

3.3.6 主観評価

各条件の走行体験後に、図 3.5 に示した尺度を用いて主観評価をおこなった。

評価 1 では、回避距離に対して不安を感じるかどうかを 6 段階で判断させた。「どちらとも言えない」という曖昧な判断を排除した。

評価 2 では、「不安を与えない」という観点でみたときに、回避距離が遠いと感じるか近いと感じるかを 7 段階で評価させた。真ん中の 4 点を「ちょうどよい」とした。実際に体験した自動運転における回避距離を、不安に感じたかどうかという判断を示すものである。

評価 3 では、回避距離に対する許容度合いを 4 段階で評価させた。「どちらとも言えない」という曖昧な判断を排除した。短い回避距離に対しては、「許容できない」だけでなく、「あり得ない」という強い拒絶を示す評価も存在すると考え、両尺度を 1 つにまとめて、順序尺度として扱うことにした。

評価 4 では、体験した回避距離について、運転者の視点では「普段のご自分の運転と比べて」、歩行者の視点では「街中を走っている車を見ているときと比べて」、遠いと感じるか近いと感じるかを 7 段階で評価させた。真ん中の 4 点を「ほぼ同じ」とした。実際に体験した自動運転による回避距離と、日常の手動運転における経験との違いを示すものである。

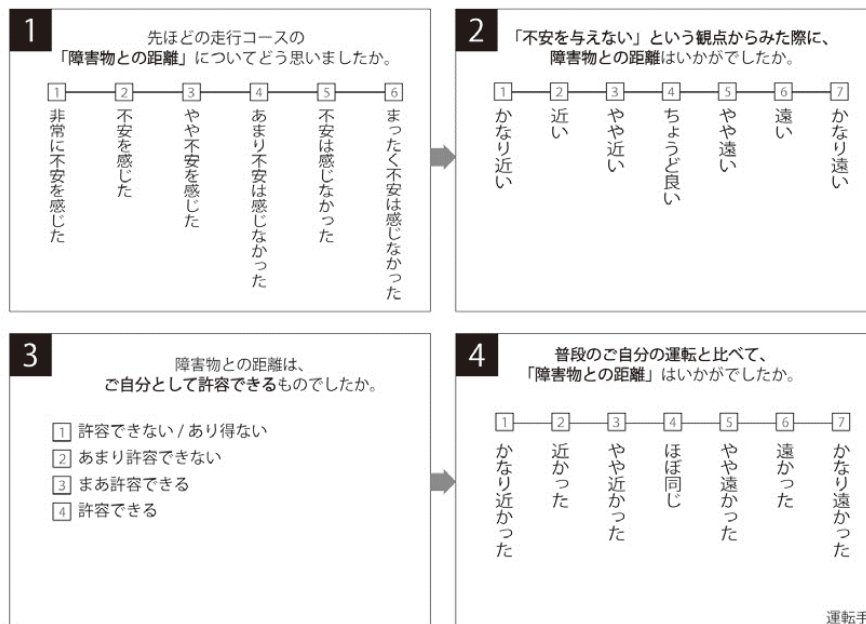


図 3.5 主観評価尺度（運転者の視点）

評価 1 で回避距離が不安感に影響を与えていると判断できた場合、この結果から不安を感じにくい距離を求める。その距離が許容できる範囲にあるかどうかを、評価 3 の結果により確認する。また、もし評価 2 と評価 4 の結果が相関関係にあれば、従来の手動運転における回避距離が、自動運転に対する不安感の判断のベースになったと言えると思う。

3.3.7 統計分析

各評価における評価者の視点の違いと自分の運転に対する自信の有無、および、回避距離の関係を明らかにするために、次の分析をおこなった。3つの走行シーンごとに、評価者の視点の違い（運転者と歩行者の 2 条件：実験参加者内）×自分の運転に対する自信の有無（自信ありと自信なしの 2 条件：実験参加者間）×回避距離の要因（後退、および、右折では 30/60/90/120cm の 4 条件、路駐回避では 50/150/300/500cm の 4 条件：実験参加者内）の 3 要因混合計画の分散分析をおこなった。交互作用がみられた場合には、Bonferroni 法による多重比較をおこなった。効果量 (Effect Size) として η の 2 乗値を用いることとした。評価 3 の回避距離に対する許容度合いのみ順序尺度であるため、3つの走行シーンごと、評価者ごと（運転者と歩行者）にフリードマン検定をおこなった。有意差が認められた場合には、Scheffe 法による多重比較をおこなった。さらに、運転者、および、歩行者に不安を感じさせない回避距離の目安を明らかにするために、走行シーンごとの主観評価の平均値を目的変数、回避距離を説明変数とした回帰分析をおこなった。

3.4 結果

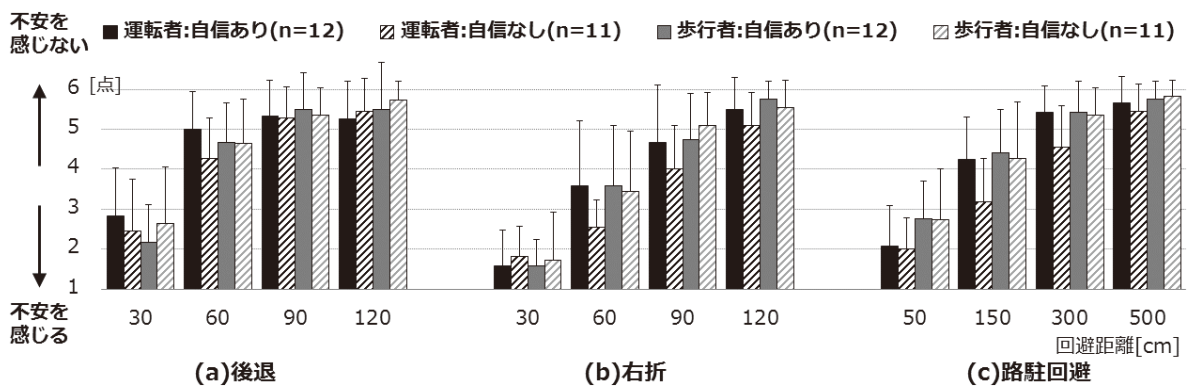
豪雨のため実験を途中で中止した 1 名（60 歳以上・女性・運転に自信なし）を欠損値として扱い、23 名による結果について分析した。回避距離に対する主観評価の結果を表 3.2～表 3.4、および、図 3.6～図 3.8 に示す。なお、図中のエラーバーは標準偏差を示す。

3.4.1 回避距離に対する不安感の違い

表 3.2、および、図 3.6 は、3つの走行シーンの回避距離 4 条件に対して、自分の運転に対する自信の有無別に運転者、および、歩行者がどの程度不安を感じたかについて示したものである。グラフの縦軸が不安感の平均値、横軸が回避距離を示し、エラーバーは標準偏差を示す。

表 3.2 回避距離に対する不安感の平均値

		運転者				歩行者			
(a)後退	回避距離	30cm	60cm	90cm	120cm	30cm	60cm	90cm	120cm
自信あり (n=12)	平均	2.83	5.00	5.33	5.25	2.17	4.67	5.50	5.50
	SD	(1.19)	(0.95)	(0.89)	(0.97)	(0.94)	(0.98)	(0.90)	(1.17)
自信なし (n=11)	平均	2.45	4.27	5.27	5.45	2.64	4.64	5.36	5.73
	SD	(1.29)	(1.01)	(0.79)	(0.82)	(1.43)	(1.12)	(0.67)	(0.47)
(b)右折	回避距離	30cm	60cm	90cm	120cm	30cm	60cm	90cm	120cm
自信あり (n=12)	平均	1.58	3.58	4.67	5.50	1.58	3.58	4.75	5.75
	SD	(0.90)	(1.62)	(1.44)	(0.80)	(0.67)	(1.51)	(1.14)	(0.45)
自信なし (n=11)	平均	1.82	2.55	4.00	5.09	1.73	3.45	5.09	5.55
	SD	(0.75)	(0.69)	(1.10)	(0.83)	(1.19)	(1.51)	(0.83)	(0.69)
(c)路駐	回避距離	50cm	150cm	300cm	500cm	50cm	150cm	300cm	500cm
自信あり (n=12)	平均	2.08	4.25	5.42	5.67	2.75	4.42	5.42	5.75
	SD	(1.00)	(1.06)	(0.67)	(0.65)	(0.97)	(1.08)	(0.79)	(0.45)
自信なし (n=11)	平均	2.00	3.18	4.55	5.45	2.73	4.27	5.36	5.82
	SD	(0.77)	(1.08)	(1.04)	(0.69)	(1.27)	(1.42)	(0.67)	(0.40)



エラーバー：標準偏差

図 3.6 運転の自信の有無別の運転者と歩行者の不安感の違い

各走行シーンにおける回避距離に対する不安感について、それぞれの平均値をもとに、評価者の視点（運転者と歩行者の2条件：実験参加者内）×評価者の自分の運転に対する自信（自信ありと自信なしの2条件：実験参加者間）×回避距離の要因（後退、および、右折では30/60/90/120cmの4条件、路駐回避では50/150/300/500cmの4条件：実験参加者内）の3要因混合計画の分散分析をおこなった。

その結果、後退では回避距離の主効果 [$F(3,63)=79.16, p=.000, \eta^2=.60$] のみ有意であり、視点の主効果 [$F(1,21)=.10, n.s., \eta^2=.00$] と自信の主効果 [$F(1,21)=.05, n.s., \eta^2=.00$] は有意ではなかった。いずれの交互作用も認められなかった [視点×自信： $F(1,21)=2.10, n.s., \eta^2=.00$, 視点×回避距離： $F(3,63)=1.48, n.s., \eta^2=.00$, 自信×回避距離： $F(3,63)=.67, n.s., \eta^2=.01$, 視点×自信×回避距離： $F(3,63)=1.77, n.s., \eta^2=.00$]。回避距離の主効果が有意であったことから下位検定をおこなったところ、回避距離が近くなるに従って不安感が強く感じられた。ただし、90cmと120cmの不安感に差はなかった。また、運転者と歩行者の間、および、自分の運転に対して自信のある人とない人の間で、回避距離に対する不安感に有意差はなかった。

右折では、回避距離の主効果 [$F(3,63)=195.71, p=.000, \eta^2=.64$] に有意が、視点の主効果 [$F(1,21)=3.31, p<.10, \eta^2=.01$] に有意傾向が認められた。自信の主効果 [$F(1,21)=.50, n.s., \eta^2=.00$] は有意ではなかった。いずれの交互作用も認められなかった [視点×自信： $F(1,21)=1.87, n.s., \eta^2=.01$, 視点×回避距離： $F(3,63)=1.91, n.s., \eta^2=.00$, 自信×回避距離： $F(3,63)=1.84, n.s., \eta^2=.01$, 視点×自信×回避距離： $F(3,63)=1.84, n.s., \eta^2=.00$]。回避距離の主効果、および、視点の主効果の下位検定をおこなったところ、回避距離が近くなるに従って不安感が強く感じられた。歩行者よりも運転者の方が不安感を抱く傾向にあった。自分の運転に対して自信のある人とない人では、回避距離に対する不安感に差はなかった。

路駐回避では、視点の主効果 [$F(1,21)=12.58, p<.01, \eta^2=.02$] と回避距離の主効果 [$F(3,63)=191.77, p=.000, \eta^2=.64$] が有意であった。自信の主効果 [$F(1,21)=1.38, n.s., \eta^2=.01$] は有意ではなかった。視点×自信の交互作用 [$F(1,21)=3.56, p<.10, \eta^2=.01$] が有意傾向にあり、その他の交互作用は認められなかった [視点×回避距離： $F(3,63)=1.21, n.s., \eta^2=.00$, 自信×回避距離： $F(3,63)=1.75, n.s., \eta^2=.01$, 視点×自信×回避距離： $F(3,63)=1.13, n.s., \eta^2=.00$]。回避距離の主効果の下位検定をおこなったところ、回避距離が近くなるに従って不安感が強く感じられた。視点×自信の単純主効果検定をおこなった結果、自信なし群における視点の効果 [$F(1,10)=12.38, p<.01, \eta^2=.06$] が有意、運転者群における自信の効果 [$F(1,21)=4.28, p<.10, \eta^2=.03$] が有意傾向にあった。自分の運転に対して自信のない人では、歩行者の視点のときよりも運転者の視点のときの方が不安を感じやすかった。また、運転者の視点でいる

ときは、自分の運転に対して自信のない人の方が自信のある人よりも不安を感じる傾向にあった。

3.4.2 不安を与えないという観点での距離感覚

表 3.3, および, 図 3.7 は, 3つの走行シーンにおける回避距離 4 条件に対して, 自分の運転に対する自信の有無別の運転者, および, 歩行者が, 「不安を与えない」という観点でみた際に遠いと感じたか近いと感じたか, その距離感覚について示したものである。グラフの縦軸が不安感の平均値, 横軸が回避距離を示し, エラーバーは標準偏差を示す。

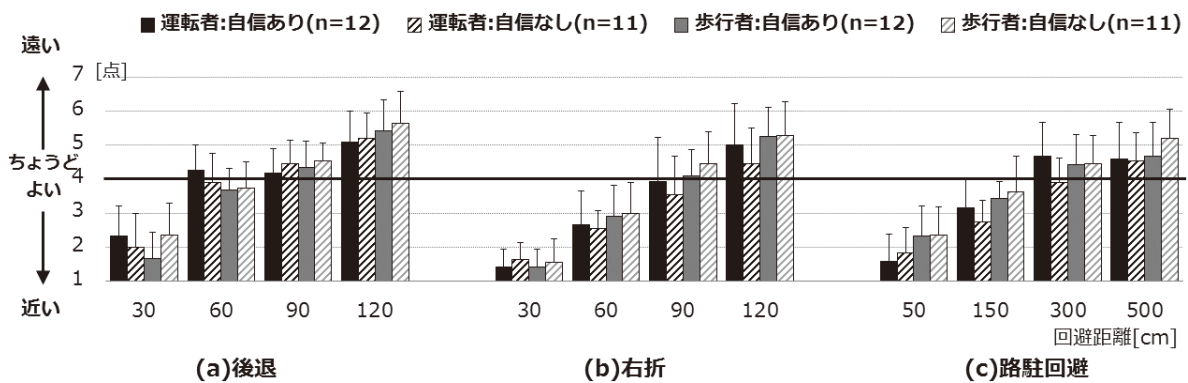
走行シーンごとの回避距離について, 不安を与えないという観点でみたときの距離感覚について, それぞれの平均値をもとに, 評価者の視点(運転者と歩行者の 2 条件: 実験参加者内) × 評価者の自分の運転に対する自信の有無(自信ありと自信なしの 2 条件: 実験参加者間) × 回避距離の要因(後退, および, 右折では 30/60/90/120cm の 4 条件, 路駐回避では 50/150/300/500cm の 4 条件: 実験参加者内) の 3 要因混合計画の分散分析をおこなった。

その結果, 後退では回避距離の主効果 [$F(3,63)=137.85, p=.000, \eta^2=.68$] のみ有意であり, 視点の主効果 [$F(1,21)=.00, n.s., \eta^2=.00$] と自信の主効果 [$F(1,21)=.32, n.s., \eta^2=.00$] は有意ではなかった。視点 × 回避距離 [$F(3,63)=3.49, p<.05, \eta^2=.01$] で交互作用が認められ, 視点 × 自信 [$F(1,21)=3.53, p<.10, \eta^2=.00$] で交互作用が有意傾向にあり, その他の交互作用は認められなかった [自信 × 回避距離: $F(3,63)=.56, n.s., \eta^2=.00$, 視点 × 自信 × 回避距離: $F(3,63)=1.78, n.s., \eta^2=.01$]。視点 × 回避距離の単純主効果検定をおこなった結果, 回避距離 120cm における視点の効果 [$F(1,21)=4.86, p<.05, \eta^2=.05$], 運転者の視点における回避距離の効果 [$F(3,63)=70.76, p=000, \eta^2=.65$], 歩行者の視点における回避距離 [$F(3,63)=104.42, p=000, \eta^2=.73$] に有意であり, 回避距離 60cm における視点の効果 [$F(1,21)=4.26, p<.10, \eta^2=.06$] が有意傾向にあった。下位検定の結果, 回避距離 120cm では歩行者よりも運転者の視点にいるときの方が, 回避距離が遠いと感じた。一方, 回避距離が 60cm のときは, 歩行者よりも運転者の視点にいるときの方が, 回避距離が遠く感じる傾向にあった。運転者の視点のときは, 回避距離が 30cm よりも 60cm の方を遠く感じ, 90cm よりも 120cm の方が遠く感じたが, 60cm と 90cm 間では距離感の差を感じなかった。歩行者の視点のときは, 回避距離が離れるに従って遠く感じた。また, 視点 × 自信の単純主効果検定をおこなった結果, 有意な組み合わせは認められなかった。

右折では, 視点の主効果 [$F(1,21)=7.42, p<.05, \eta^2=.01$], および, 回避距離の主効果 [$F(3,63)=249.22, p=.000, \eta^2=.68$] が有意であった。自信の主効果 [$F(1,21)=.01, n.s., \eta^2=.00$] は有意ではなかった。視点 × 回避距離 [$F(3,63)=2.39, p<.10, \eta^2=.01$] で交互作用に有意傾向

表 3.3 不安を与えないという観点での距離感覚の平均値

		運転者				歩行者			
(a)後退	回避距離	30cm	60cm	90cm	120cm	30cm	60cm	90cm	120cm
自信あり (n=12)	平均	2.33	4.25	4.17	5.08	1.67	3.67	4.33	5.42
	SD	(0.89)	(0.75)	(0.72)	(0.90)	(0.78)	(0.65)	(0.78)	(0.90)
自信なし (n=11)	平均	2.00	3.91	4.45	5.18	2.36	3.73	4.55	5.64
	SD	(1.00)	(0.83)	(0.69)	(0.75)	(0.92)	(0.79)	(0.52)	(0.92)
(b)右折	回避距離	30cm	60cm	90cm	120cm	30cm	60cm	90cm	120cm
自信あり (n=12)	平均	1.42	2.67	3.92	5.00	1.42	2.92	4.08	5.25
	SD	(0.51)	(0.98)	(1.31)	(1.21)	(0.51)	(0.90)	(0.79)	(0.87)
自信なし (n=11)	平均	1.64	2.55	3.55	4.45	1.55	3.00	4.45	5.27
	SD	(0.50)	(0.52)	(1.13)	(1.04)	(0.69)	(0.89)	(0.93)	(1.01)
(c)路駐	回避距離	50cm	150cm	300cm	500cm	50cm	150cm	300cm	500cm
自信あり (n=12)	平均	1.58	3.17	4.67	4.58	2.33	3.42	4.42	4.67
	SD	(0.79)	(0.83)	(0.98)	(1.08)	(0.89)	(0.51)	(0.90)	(0.98)
自信なし (n=11)	平均	1.82	2.73	3.91	4.55	2.36	3.64	4.45	5.18
	SD	(0.75)	(0.65)	(0.70)	(0.82)	(0.81)	(1.03)	(0.82)	(0.87)



エラーバー：標準偏差

図 3.7 運転の自信の有無別の運転者と歩行者の不安を与えないという観点での距離感覚の平均値

が認められたが、その他の交互作用は認められなかった [視点×自信： $F(1,21)=1.98, n.s., \eta^2=.00$, 自信×回避距離： $F(3,63)=.87, n.s., \eta^2=.00$, 視点×自信×回避距離： $F(3,63)=1.11, n.s., \eta^2=.00$]。視点×回避距離の単純主効果検定をおこなった結果、回避距離が90cm、および、120cmのときに運転者よりも歩行者の方が回避距離を有意に遠く感じた [90cm： $F(1,21)=5.68, p<.05, \eta^2=.06$, 120cm： $F(1,21)=6.28, p<.05, \eta^2=.07$]。回避距離が60cmのときに運転者よりも歩行者の方が回避距離を遠く感じる傾向にあった [$F(1,21)=3.15, p<.10, \eta^2=.04$]。また、運転者の視点における回避距離の主効果 [$F(3,63)=105.45, p=000, \eta^2=.62$]、歩行者の視点における回避距離 [$F(3,63)=169.56, p=000, \eta^2=.76$] が有意であった。下位検定の結果、運転者、歩行者とも、回避距離が離れるに従って遠く感じた。

路駐回避では、視点の主効果 [$F(1,21)=7.39, p<.05, \eta^2=.03$]、および、回避距離の主効果 [$F(3,63)=119.19, p=.000, \eta^2=.60$] が有意であった。自信の主効果 [$F(1,21)=.01, n.s., \eta^2=.00$] は有意ではなかった。いずれの交互作用も認められなかった [視点×自信： $F(1,21)=2.00, n.s., \eta^2=.00$, 視点×回避距離： $F(3,63)=1.98, n.s., \eta^2=.01$, 自信×回避距離： $F(3,63)=1.41, n.s., \eta^2=.01$, 視点×自信×回避距離： $F(3,63)=1.93, n.s., \eta^2=.01$]。回避距離の主効果が有意であったことから下位検定をおこなったところ、回避距離が離れるに従って遠く感じられた。また、運転者よりも歩行者の方が回避距離を遠く感じた。自分の運転に対して自信のある人となない人の間で、回避距離に対する距離感に差はなかった。

3.4.3 日常における距離感覚との比較

表3.4、および、図3.8は、3つの走行シーンにおける回避距離4条件に対して、自分の運転に対する自信の有無別の運転者、および、歩行者それぞれが日常における距離感覚と比べて遠いと感じたか近いと感じたかを示したものである。グラフの縦軸が不安感の平均値、横軸が回避距離を示し、エラーバーは標準偏差を示す。

走行シーンごとの回避距離と日常における距離感覚との比較について、それぞれの平均値をもとに、評価者の視点（運転者と歩行者の2条件：実験参加者内）×評価者の自分の運転に対する自信の有無（自信ありと自信なしの2条件：実験参加者間）×回避距離の要因（後退、および、右折では30/60/90/120cmの4条件、路駐回避では50/150/300/500cmの4条件：実験参加者内）の3要因混合計画の分散分析をおこなった。

その結果、後退では視点の主効果 [$F(1,21)=5.21, p<.05, \eta^2=.00$] と回避距離の主効果 [$F(3,63)=136.44, p=.000, \eta^2=.68$] が有意であった。自信の主効果 [$F(1,21)=.00, n.s., \eta^2=.00$] は有意ではなかった。視点×自信 [$F(1,21)=8.25, p<.01, \eta^2=.00$] で交互作用が認められ、その他の交互作用は認められなかった [視点×回避距離： $F(3,63)=1.03, n.s., \eta^2=.00$, 自信×回

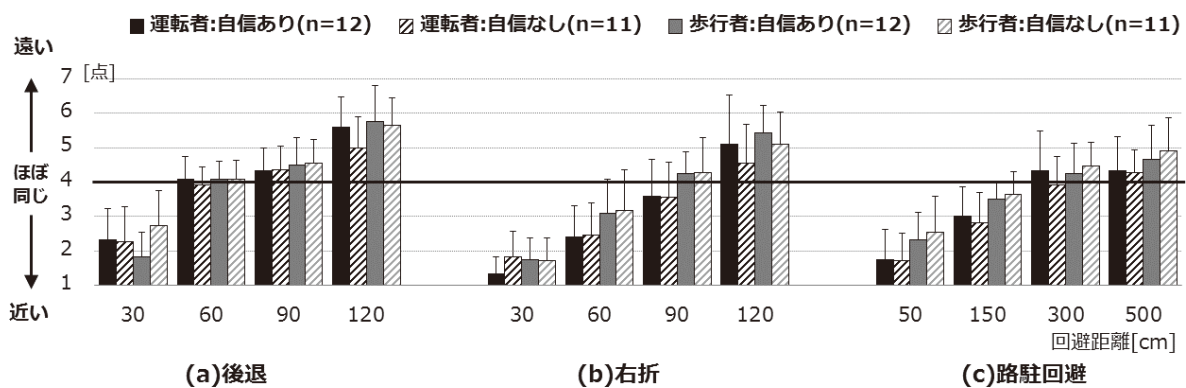
回避距離： $F(3,63)=1.94, n.s., \eta^2=.01$ ，視点×自信×回避距離： $F(3,63)=1.35, n.s., \eta^2=.00$ 〕。回避距離の主効果の下位検定をおこなったところ、回避距離が近くなるに従って、日常と比べて回避距離が近いと感じる傾向にあることがわかった。視点×自信の単純主効果検定をおこなった結果、自信なし群における視点の効果〔 $F(1,10)=10.24, p<.01, \eta^2=.02$ 〕が有意であった。下位検定の結果、自分の運転に対して自信のない人では、運転者の視点でいるときの方が、歩行者の視点のときよりも日常と比べて回避距離が近いと感じた。

右折では、視点の主効果〔 $F(1,21)=13.36, p<.05, \eta^2=.01$ 〕、および、回避距離の主効果〔 $F(3,63)=195.03, p=.000, \eta^2=.64$ 〕が有意であった。自信の主効果〔 $F(1,21)=.02, n.s., \eta^2=.00$ 〕は有意ではなかった。視点×回避距離〔 $F(3,63)=2.29, p<.10, \eta^2=.00$ 〕で交互作用に有意傾向が認められたが、その他の交互作用は認められなかった〔視点×自信： $F(1,21)=.03, n.s., \eta^2=.00$ ，自信×回避距離： $F(3,63)=1.84, n.s., \eta^2=.01$ ，視点×自信×回避距離： $F(3,63)=.89, n.s., \eta^2=.00$ 〕。視点×回避距離の単純主効果検定をおこなった結果、回避距離が60cm、および、90cmのときに運転者よりも歩行者の方が日常と比べて回避距離が有意に遠く感じた〔60cm： $F(1,21)=12.43, p<.01, \eta^2=.12$ ，90cm： $F(1,21)=13.90, p<.01, \eta^2=.13$ 〕。回避距離が120cmのときに運転者よりも歩行者の方が日常と比べて回避距離を遠く感じる傾向にあった〔 $F(1,21)=3.17, p<.10, \eta^2=.04$ 〕。また、運転者の視点における回避距離の効果〔 $F(3,63)=100.59, p=000, \eta^2=.61$ 〕、および、歩行者の視点における回避距離〔 $F(3,63)=140.95, p=000, \eta^2=.71$ 〕が有意であった。下位検定の結果、運転者、歩行者とも、回避距離が離れるに従って日常と比べて遠く感じた。

路駐回避では、視点の主効果〔 $F(1,21)=12.06, p<.01, \eta^2=.04$ 〕、および、回避距離の主効果〔 $F(3,63)=109.59, p=.000, \eta^2=.55$ 〕が有意であった。自信の主効果〔 $F(1,21)=.00, n.s., \eta^2=.00$ 〕は有意ではなかった。視点×回避距離〔 $F(3,63)=2.28, p<.10, \eta^2=.01$ 〕で交互作用に有意傾向が認められたが、その他の交互作用は認められなかった〔視点×自信： $F(1,21)=1.54, n.s., \eta^2=.01$ ，自信×回避距離： $F(3,63)=.22, n.s., \eta^2=.00$ ，視点×自信×回避距離： $F(3,63)=.38, n.s., \eta^2=.00$ 〕。視点×回避距離の単純主効果検定をおこなった結果、回避距離が50cm、150cm、および、500cmのときに、運転者よりも歩行者の方が日常と比べて回避距離が有意に遠く感じた〔50cm： $F(1,21)=10.50, p<.01, \eta^2=.15$ ，150cm： $F(1,21)=12.59, p<.01, \eta^2=.18$ ，500cm： $F(1,21)=7.45, p<.05, \eta^2=.07$ 〕。また、運転者の視点における回避距離の効果〔 $F(3,63)=96.95, p=000, \eta^2=.59$ 〕、および、歩行者の視点における回避距離〔 $F(3,63)=59.64, p=000, \eta^2=.56$ 〕が有意であった。下位検定の結果、運転者、歩行者とも、回避距離が離れるに従って日常よりも遠いと感じた。ただし、運転者の視点では、300cmと500cmでは日常と変わらないように感じた。

表 3.4 日常における距離感覚との比較の平均値

		運転者				歩行者			
(a)後退	回避距離	30cm	60cm	90cm	120cm	30cm	60cm	90cm	120cm
自信あり (n=12)	平均	2.33	4.08	4.33	5.58	1.83	4.08	4.50	5.75
	SD	(0.89)	(0.67)	(0.65)	(0.90)	(0.72)	(0.51)	(0.80)	(1.06)
自信なし (n=11)	平均	2.27	3.91	4.36	5.00	2.73	4.09	4.55	5.64
	SD	(1.01)	(0.54)	(0.67)	(0.89)	(1.01)	(0.54)	(0.69)	(0.81)
(b)右折	回避距離	30cm	60cm	90cm	120cm	30cm	60cm	90cm	120cm
自信あり (n=12)	平均	1.33	2.42	3.58	5.08	1.75	3.08	4.25	5.42
	SD	(0.49)	(0.90)	(1.08)	(1.44)	(0.62)	(1.00)	(0.62)	(0.79)
自信なし (n=11)	平均	1.82	2.45	3.55	4.55	1.73	3.18	4.27	5.09
	SD	(0.75)	(0.93)	(1.04)	(1.13)	(0.65)	(1.17)	(1.01)	(0.94)
(c)路駐	回避距離	50cm	150cm	300cm	500cm	50cm	150cm	300cm	500cm
自信あり (n=12)	平均	1.75	3.00	4.33	4.33	2.33	3.50	4.25	4.67
	SD	(0.87)	(0.85)	(1.15)	(0.98)	(0.78)	(0.52)	(0.87)	(0.98)
自信なし (n=11)	平均	1.73	2.82	3.91	4.27	2.55	3.64	4.45	4.91
	SD	(0.79)	(0.87)	(0.83)	(0.65)	(1.04)	(0.67)	(0.69)	(0.94)



エラーバー：標準偏差

図 3.8 運転の自信の有無別の運転者と歩行者の日常における距離感覚との比較の平均値

3.4.4 不安を与えないという観点での距離感覚と日常における距離感覚との比較の関係

3つの走行シーンにおける回避距離4条件に対する、「不安を与えない」という観点でみた際の距離感覚(図3.7参照)と、日常における距離感覚との比較(図3.8参照)が、同じ視点で評価されたかを確認した。3つの走行シーン×運転者・歩行者という2つの評価者の視点ごとに、不安を与えないという観点での距離感覚の全参加者の回答と、日常における距離感覚との比較の全参加者の回答との相関係数を求めた。その結果、表3.5に示したとおり、相関係数が.880から.949と、強い正の相関関係が認められた。前者は実際に経験した自動運転による回避距離を不安に感じるかどうかという判断、後者は日常の手動運転による走行シーンとの違いの評価であり、両者に相関があったことが示唆された。

3.4.5 回避距離に対する許容度合いの違い

図3.9は、3つの走行シーンにおける回避距離4条件に対する、運転者、歩行者それぞれの視点による許容度合いの度数分布、および、中央値を示したものである。4点の「許容できる」を示す白っぽいエリアが大きいほど、回避距離に対する許容度合いが高いことを示している。また、中央値が高いほど、同じく回避距離に対する許容度合いが高い。

走行シーンごと、運転者と歩行者という評価者の視点ごとにフリードマン検定をおこなった。その結果、すべての条件で回避距離に有意差が認められた〔後退：運転者 $\chi^2(3)=24.3$, $p=.000$, 歩行者 $\chi^2(3)=29.3$, $p=.000$, 右折：運転者 $\chi^2(3)=41.5$, $p<.001$, 歩行者 $\chi^2(3)=42.7$, $p=.000$, 路駐回避：運転者 $\chi^2(3)=38.5$, $p=.000$, 歩行者 $\chi^2(3)=30.8$, $p=.000$]。下位検定をおこなった結果、3つの走行シーンにおいて運転者、歩行者とも、回避距離30cmに対する許容度合いが、60cm, 90cm, 120cmよりも低いことがわかった。右折においては、運転者の60

表 3.5 不安を与えないという観点での距離感覚と
日常における距離感覚との比較との相関係数

	後退	右折	路駐回避
運転者	.880**	.949**	.931**
歩行者	.916**	.948**	.932**

** : $p<.01$

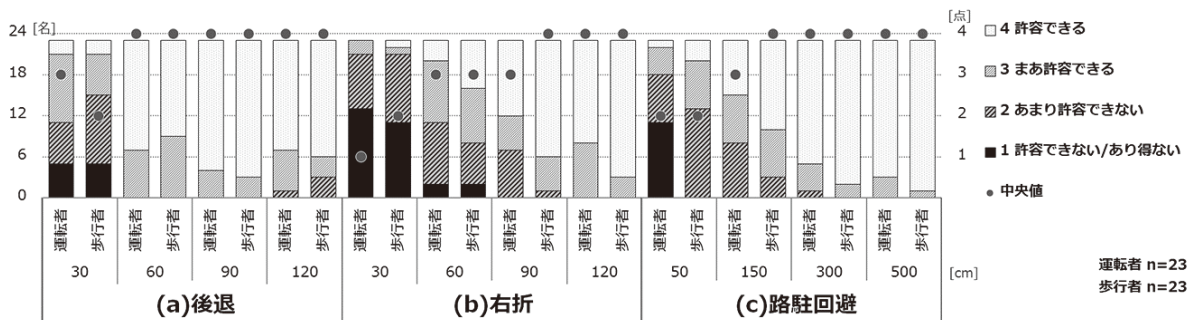


図 3.9 運転者と歩行者の回避距離の許容度合いの度数分布

cm に対する許容度合いが 120cm よりも有意に低く、歩行者の 60cm に対する許容度合いが 90cm、および、120cm よりも有意に低かった。路駐回避においては、運転者の回避距離 50cm に対する許容度合いが 150cm よりも有意に低かった。

3.4.6 不安を感じさせない回避距離指針の検討

走行シーンごとの主観評価の平均値を目的変数、回避距離を説明変数とした回帰分析により、現時点で運転者・歩行者に不安を感じさせにくいと考えられる回避距離の目安を試算し示す。

(a) 後退における回避距離

後退では運転者と歩行者の不安感に差がなかったことから、両者共通の指針とした。また、後退では、回避距離が近いときほど不安感が高まったが、回避距離が遠い条件(90cm と 120cm)で不安感に差がなかった。これは、回避距離が離れると反対側を別の障害物にぶつけるのではないかと心配した実験参加者がいたことが影響していると考えられる。このことから、本来は両側の距離を要因とする必要があったと言える。そこで、回避距離が離れると仮定の反対側の距離が影響し、不安感が増すという仮説に基づき、多項式(2次)による曲線回帰式を作成し(図 3.10 の(a)参照)、回避距離に下限と上限を設定した。

$$y = -0.0006x^2 + 0.12x - 0.42 \quad (1)$$

2 次回帰において回避距離と不安感に有意性が認められ ($p<.01$) , 決定係数は $R^2=0.994$ であった. 「あまり不安を感じなかった」の 4 点をしきい値とみなし, 評点がこの値をとる回避距離を算出した結果, 下限値が 50cm, 上限値が 157cm に相当することが明らかになった.

(b)右折における回避距離

右折では, 運転者の方が歩行者よりも不安を感じやすい傾向にあったことから, 運転者の視点時に得られたデータのみを回帰分析の対象とした. 回避距離が近づくにつれ急速に不安を感じたことから, 対数回帰式を作成し (図 3.10 の(b)参照), 回避距離の下限のみ設定した.

$$y = 2.58\ln(x) - 7.23 \quad (2)$$

対数回帰において回避距離と不安感に有意性が認められ ($p<.01$) , 決定係数は $R^2=0.984$ であった. 評点 4 点の「あまり不安を感じなかった」に相当する回避距離 (下限) は, 77cm であった.

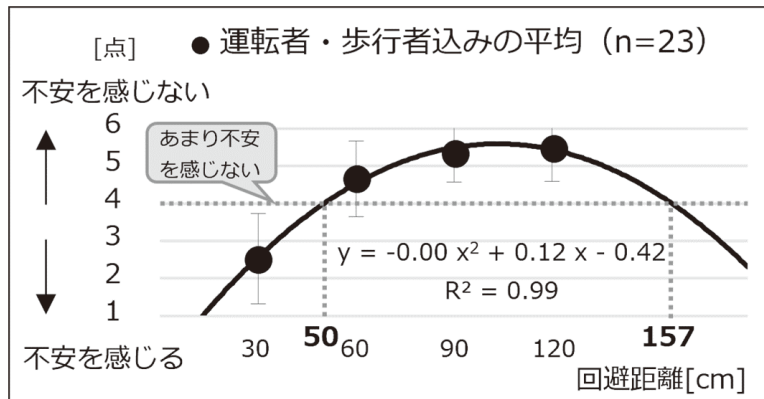
(c)路駐回避における回避距離

路駐回避では, 自分の運転に対して自信のある人は, 運転者と歩行者という視点の違いによる不安感の差はなかった. 一方, 自信のない人は歩行者の視点よりも運転者の視点でいたときの方が不安を感じやすかった. このことから, 自分の運転に対して自信のある人とない人の指針を分けた. 自信のある人は運転者と歩行者共通の指針とした. 自信のない人は運転者の視点時に得られたデータのみを回帰分析の対象とした. 回避距離が近づくにつれ急速に不安を感じたことから対数回帰式を作成し (図 3.10 の(c)参照), 回避距離の下限のみ設定した.

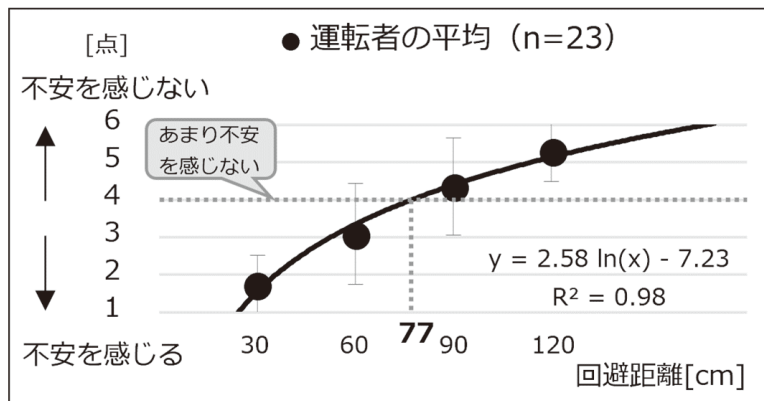
$$\text{自信あり} : y = 1.48\ln(x) - 3.24 \quad (3)$$

$$\text{自信なし} : y = 1.51\ln(x) - 4.06 \quad (4)$$

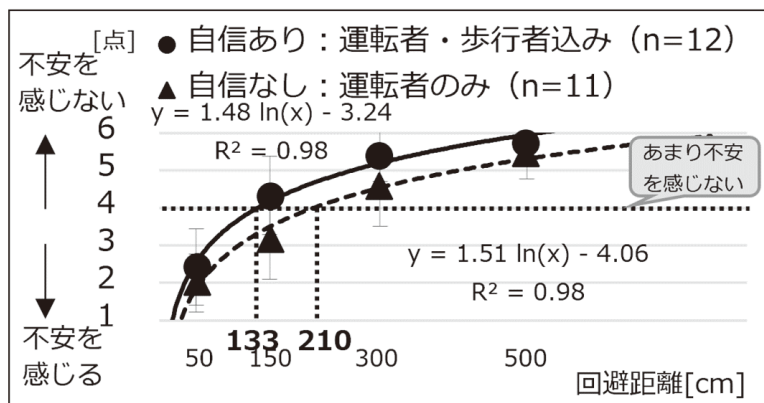
対数回帰において回避距離と不安感に有意性が認められ (自信あり : $p<.05$, 自信なし : $p<.05$) , 決定係数はそれぞれ $R^2=0.977$, $R^2=0.979$ であった. 評点 4 点の「あまり不安を感じなかった」に相当する回避距離 (下限) は, 自信ありで 133cm, 自信なしで 210cm であった.



(a) 後退 (上限・下限)



(b) 右折 (下限)



(c) 路駐回避 (下限)

エラーバー：標準偏差

図 3.10 不安を感じさせない回避距離の目安

算出した(a)~(c)の回避距離は、許容度合いの評価で「許容できない／あり得ない」と回答した実験参加者はいなかった。このことにより、不安を感じさせない回避距離として、いずれも妥当であったと言える。

3.5 考察

3.5.1 回避距離に対する不安感

自動運転車両と回避する障害物間の距離に対する不安感には、運転者と歩行者という視点の違い、および、自分の運転に対する自信の有無が影響を与えたと言える。これらは次の3点が支持している。第1に、自動運転車両と回避する障害物間の距離が近くなるに従い、運転者、および、歩行者の不安感が高まった。第2に、路駐回避において、歩行者よりも運転者の方が不安を感じやすかった。第3に、路駐回避において、自分の運転に対して自信のある運転者よりも自信のない運転者の方が、近い回避距離に対して不安を感じやすかった。

右折、および、路駐回避においては、運転者の方が歩行者よりも不安に感じやすかった。いずれも運転者自身にも危害が及ぶ可能性がある外部起因事故因子であることから、車外にいる歩行者よりも車内にいる運転者の方が、より距離をとることで安心したかったのではないかと考える。運転者は自分自身が運転していなかったとは言え、運転席にいることにより、当事者感覚が強かったことも影響したと考えられる。

一方、後退では両者の不安感に差がなかった。後退は運転者自身に危害が及ぶ事故を誘発する可能性が低い内部起因物損因子であることから、車内にいるか車外にいるかという、評価者の位置の違いによる影響が低かったのではないかと考える。

右折、および、路駐回避における不安感の違いは、評価者の位置の違いによる、障害物への接近の可視性にも影響されたと考えられる。運転者は車内から車越しに回避距離を捉えていたのに対し、歩行者は間近で直接的に見ることができた。歩行者の方が運転者よりも距離感覚を正確に捉えることができ、より安心できた可能性がある。

さらに、車両速度の違いによる影響も考えられる。車両速度は後退、右折、路駐回避の順に速かった。後退では時速5kmとすぐに停車可能であったため、運転者も大きな不安を感じにくかった。右折は時速10km、路駐回避は時速15kmと、障害物に接触した場合の影響が大きくなると考え、運転者が不安に感じやすかった可能性がある。

また、右折では、自分の運転に対する自信の有無によって不安感に差があった。回避距離が近い条件のときに複数の実験参加者が、子どもが動いたら自動運転車両がぶつかってしまうことを気にかけるコメントを述べた。自分の運転に自信のない人は日常的に、自信のある

人よりも車間距離を空けて障害物回避行動をおこなっており、それが回避距離の判断に影響を与えた可能性が高い。自分の運転により人身事故を起こすことを恐れたと考える。

3.5.2 不安を感じさせない回避距離指針の必要性

自動運転車への接触が増えて、自動運転における回避距離に慣れるまでは、回避距離の指針を設定すべきであると考えられる。本実験結果より、自動運転車両と障害物との距離を「不安を与えない」という観点でみたときに、その距離が近いかどうかという距離感覚と、普段の自分の運転における車と障害物との距離が、自動運転車両と障害物の距離に対して近いかどうかという距離感覚には、極めて高い正の相関が認められた。自動運転による回避距離に対して不安に感じることに、手動運転による日常の体験より距離が近いと感じることに相関があったことから、自動運転における回避距離に対する評価は、従来の手動運転における経験との違いに基づいて判断されている可能性があると言える。この従来の手動運転における経験とは、運転者は日常での自分の運転に対する距離感覚、歩行者は街中で人が運転するのを見ているときの距離感覚を示す。自動運転と手動運転は技術としては別物であるが、運転者や歩行者の体験としては別物ではなく、従来の手動運転における回避距離が判断のベースになるのではないかと考えられる。これは、平松ら(2018)の、手動運転時の先行車との車間距離と、自動運転時の先行車との車間距離が一致しているほど、運転者の安心感、受容度が高くなったという研究結果と一致しており、妥当であると考えられる。そして、将来自動運転車に対する信頼度が高まれば、不安を感じる回避距離が変化し、より近い回避距離でも不安を感じにくくなる可能性がある。

一方で、本実験では運転席に人が着座していたが、将来完全自動運転技術が実現した際は、運転席に誰も着座していない場面も想定される。人がいれば、何とかしてもらえると感じた歩行者も、運転席に誰もいない場合は回避距離に対する不安度合いが変化し、より遠い回避距離を求める可能性もあると考えられる。

3.5.3 自動運転の模擬環境への気付きの影響

本実験では、自動運転車両を模擬した手動運転による実験環境を用いた。事後アンケートをとらなかったため、実験参加者による模擬環境への気付きが実際の程度であったかはわからない。しかし、従来の手動運転での回避距離との違いに基づいて不安感が評価されていたことから、現時点では自動運転であったかどうかよりも、評価者の回避距離に対する慣れの

影響の方が大きいと考えられる。そのため、実験環境が自動運転の模擬車両であることへの気付きによる影響は、大きくないのではないかと考える。

3.6 おわりに

市街地における自動運転を模擬した車両と回避する障害物間の距離に対する不安感について、走行シーン 3 条件、回避距離 4 条件による自動運転走行を体験させ、運転者および歩行者という視点から評価させた。その結果から、回避距離に対する不安感には、運転者と歩行者という視点の違い、および、自分の運転に対する自信の有無が影響を与えたことがわかった。ただし、本実験における「歩行者」は、運転習慣のある者に限られており、運転習慣のない歩行者の場合は不安を感じる回避距離が異なる可能性があり、今後の課題である。

さらに、回避距離の目安を試算し、3つの走行シーンごとに回避距離の下限値の算出を試みた。後退のみ上限値も算出した。回避距離の下限値が後退、右折、路駐回避の順に大きくなったことから、車両速度が回避距離に影響を与えた可能性も考えられる。

今後自動運転車が社会に浸透するに従い、人が不安を感じる回避距離は変化する可能性が高く、回避距離の目安を見直す必要性が生じるであろう。運転者を始めとする自動運転車の乗員や歩行者といった、人の感覚に基づいた回避距離の算出の導入が重要である。また、本研究においては、道路の形状や周囲の車両や他の交通参加者、自動運転車両の運転席の人の有無などは評価対象としなかったが、これらによる回避距離に対する影響も考えられる。本実験車両にはセダンを用いたが、車両サイズによっては結果が異なる可能性もある。速度や回避行動の開始位置、ステアリング角、車両サイズなどを要因とした評価も今後の課題である。

3.7 本章のまとめ

本章では、第 3 の人工物である自動化された移動システムである自動運転システムが制御した、自動運転車両と回避する障害物間の距離を、運転者にとって受け入れやすいインタフェースとするための設計要件について検討した。

図 3.11 に、自動運転システムを取り巻く移動空間の構成要素とそれぞれの関係性、および、受け入れやすさの要因について検討した結果を示す。自動運転システムを取り巻く移動空間は、移動主体である運転者、移動体である車両、移動システムである自動運転システム、他の移動体である他の車両や歩行者、周囲の環境である道路や駐車場などの要素で構成される。

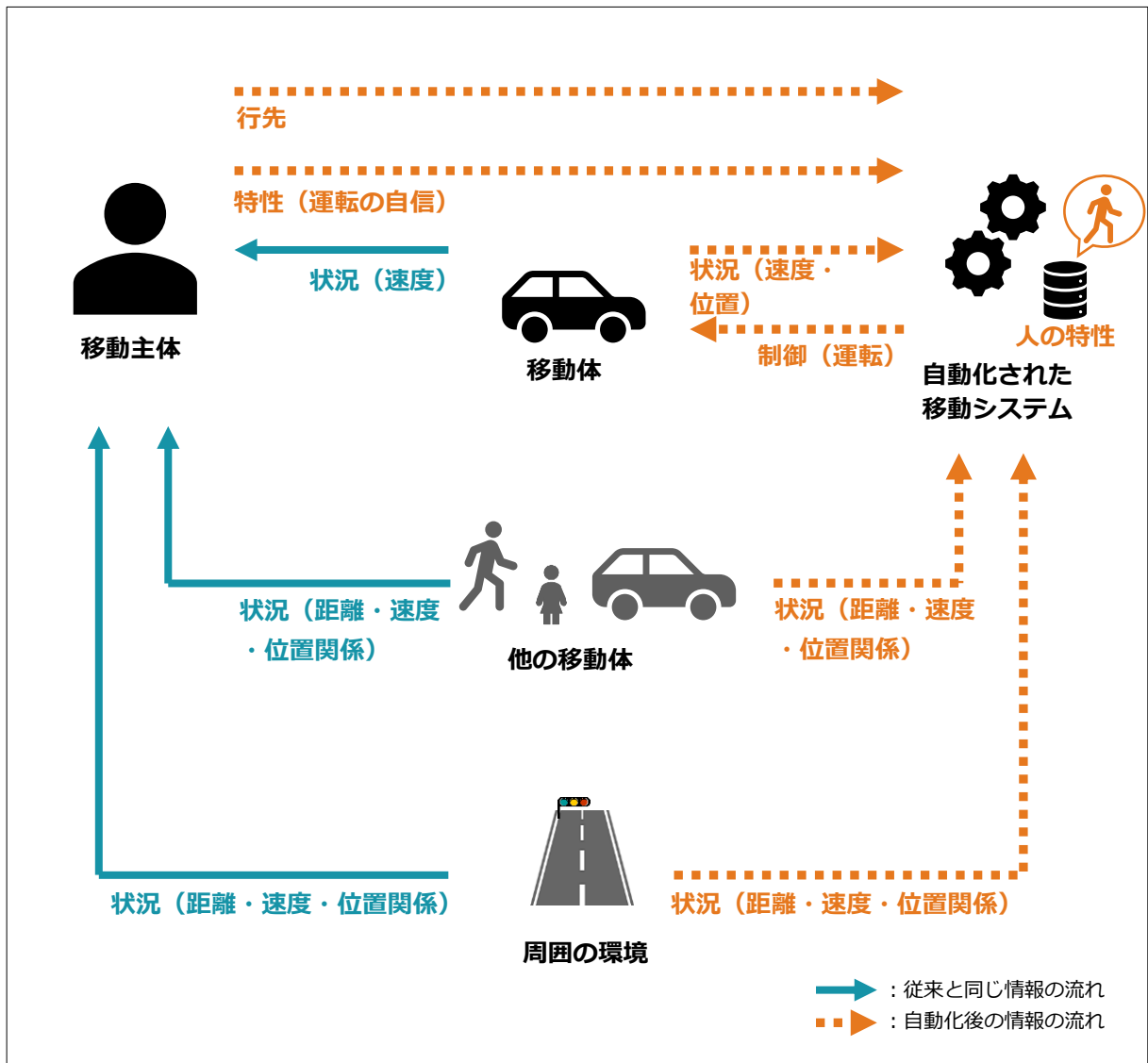


図 3.11 自動運転システムを取り巻く移動空間の構成要素と関係性

これらの関係性は、次のとおりである。移動主体である運転者は、移動システムである自動運転システムに行先や、自分の特性である自分の運転に対する自信の有無について入力する。移動システムである自動運転システムは、高度なセンシング技術により得られた情報に基づいて構成要素それぞれの状況を把握し、それぞれの状況に合わせて、高度な車両制御技術により移動体である自動運転車両を制御する。移動主体である運転者は快適な移動が可能となる。このとき要因となる状況は、移動体である車両や、他の移動体である歩行者や他の

車両の速度、および、移動体である車両と他の移動体である歩行者や他の車両、および、移動体である車両と周囲の環境である道路や駐車場との距離や位置関係である。さらに、移動主体である運転者の特性である、自分の運転に対する自信の有無も受け入れやすさの要因となる。具体的には、自動運転車両の速度が遅いほど、また、自動運転車両と回避すべき障害物との距離が遠いほど、移動主体である運転者にとっての不安感が低かった。自動運転車両と回避すべき障害物が、運転者から直視できる位置関係にある方が、移動主体である運転者にとっての不安感が低かった。さらに、自分の運転に自信がある運転者の方が、自動運転車両と回避すべき障害物との距離が近くても不安感は低かった。

以上から、次のことが示唆された。第3の人工物である自動化された移動システムである自動運転システムが制御した、自動運転車両と回避する障害物間の距離を運転者にとって受け入れやすいものとするためには、移動主体である運転者と他の移動体である他の車両や歩行者、および、移動主体である運転者と道路や駐車場などの周囲の環境との関係における、それぞれ距離や速度、位置関係について考慮することが重要である。さらに、移動主体である運転者の特性も考慮する必要がある。

第2章および第3章では、第3の人工物である自動化された移動システムであるナビゲーションシステム、および、自動運転システムによる制御を、移動主体である運転者にとって快適なインタフェースとするための設計要件について検討した。しかし、いずれも屋外の移動空間における移動システムと移動主体であるユーザ間のインタフェースに焦点を当てたものであり、屋内の移動空間におけるインタフェースについては検討されていない。移動空間は屋外である都市間や街中だけではなく、屋内にあるビル内での人々の移動を快適なものにすることも重要である。さらに、持続可能な社会の実現には、健常者だけではなく、移動により負荷のかかる身体障がい者の視点で考えることも重要である。そこで、次章では、第3の人工物である自動化された移動システムであり、かつ、屋内の移動空間にあるエレベーター行先予報システムによる制御結果を、移動主体である多様な身体障がい属性のユーザにとって受け入れやすいインタフェースとするために、その設計要件を検討する。

第4章 多様な身体障がい者の移動負荷を軽減するエレベーター行先予報システムの研究

4.1 本章の位置づけ

第2章および第3章では、屋外の移動空間における、自動化された移動システムによるふるまいを、移動主体にとって快適なインターフェースとするための設計要件について検討した。しかし、持続可能な社会の実現には、屋内の移動に身体的負荷のかかる身体障がい者の視点で考えることも重要である。そこで、本章では、屋内の移動空間において、多様な身体障がい属性のユーザにとって受け入れやすい自動化された移動システムのインターフェースの設計要件について検討する。

本研究の目的は、屋内の移動空間における、第3の人工物である自動化された移動システムのふるまいを、多様なユーザにとって受け入れやすいものとするために、インターフェースの設計要件について検討することである。本章で扱う自動化は、人の情報処理過程4段階モデルのうち、情報の取得、情報の分析、判断および行為の選択の機能を自動化することで、ユーザによる行為の実行を支援するものである。本章で扱う移動システムは、エレベーター行先予報システムである。移動主体であるエレベーターの利用者の行先階や身体特性に合わせて、移動負荷を軽減可能なエレベーターのかごを割り当てることで、屋内空間における上下移動を支援するものである。屋内の移動においては、エレベーターのアクセシビリティの確保が最も重要であるため、研究対象とした。なぜならば、ビル内での上下移動に対して、身体障がい者の自律的な移動が制限されやすいためである。例えば、エスカレーターは構造上の事由から、車いすユーザは単独では安全に利用できない。そして、ユーザにとっての受け入れやすさとは、多様な身体障がい者が、エレベーターホールでの移動時やエレベーターのかごによる上下移動時に、他のユーザと接触して自分が転倒するのではないか、かごが混んでいて乗り込めないのではないかといった不安感を抱くことのない、快適な状況であることを指す。

図4.1は、従来のエレベーターを取り巻く移動空間の構成要素と、それぞれの関係性である。矢印は情報の流れを示す。構成要素は、移動主体であるエレベーターの利用者、移動体であるエレベーターのかご、他の移動体である他の利用者、および、周囲の環境であるエレベーターホールである。構成要素の関係性は次のとおりである。移動主体であるエレベーター

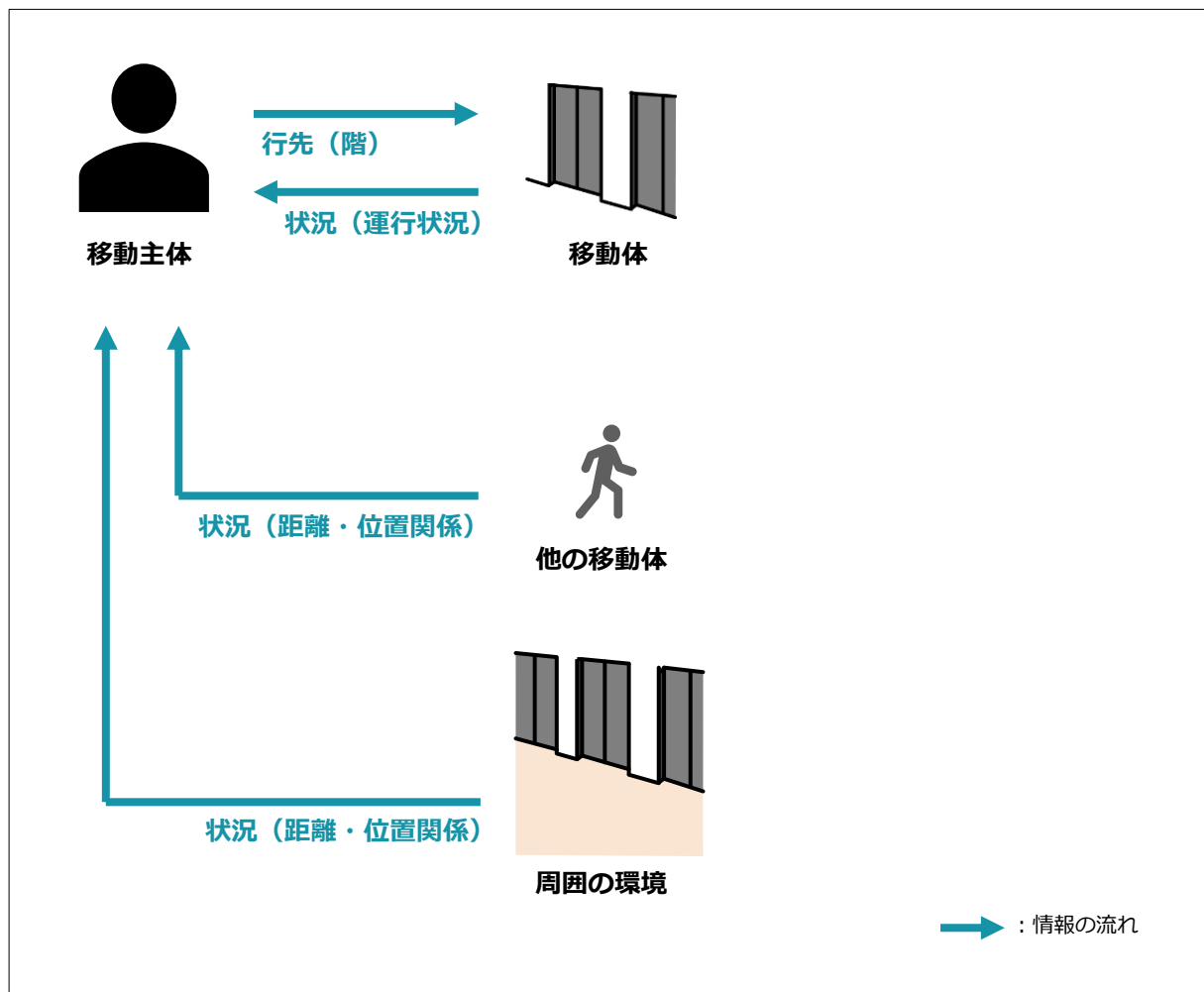


図 4.1 従来のエレベーターを取り巻く移動空間の構成要素と関係性

の利用者が、移動体であるエレベーターに、自分の行先方向を入力する。移動主体は、エレベーターのかごの運行状況、他の移動体である他の利用者や周囲の環境であるエレベーターホールとの距離や位置関係といった状況から得た情報に基づいて、エレベーターのかごに乗り込み、行先階を入力する。

本章では、多様な身体障がい属性を対象とした基礎的な実験を実施し、利用者の移動負荷を軽減する、エレベーター行先予報システムの制御方法について検討する。その結果から、エレベーター行先予報システムによるふるまいを、エレベーターのユーザにとって受け入れやすいものとするインタフェースの設計要件を検討する。そのために、エレベーター行先予

報システムを取り巻く、屋内の移動空間における環境や構成要素、および、それぞれの関係性と、多様な利用者にとっての受け入れやすさの要因を明らかにする。

4.2 はじめに

エレベーターは、ビル内の上下移動に利用される輸送機関である。できるだけ多くの人を短時間で効率よく輸送することが求められる。一方で、エレベーターはさまざまな身体特性のあるユーザが利用する、公共性の高い製品でもある。その製品開発においては、障がいの社会モデルの観点から、健常者だけでなく、障がい者にとっても利用しやすいユニバーサルデザイン（以下、UD と呼ぶ）の考え方が求められる。障がいの社会モデルとは、The Union of the Physically Impaired Against Segregation (UPIAS)が提唱した概念である（石川・長瀬, 1999）。従来の障がい者支援は、障がいの個人（医学）モデルに基づいておこなわれて来た（Oliver & Sapey, 2006）。それまで障がいは、身体障がい者の身体的側面によるインペアメント（機能障がい）が要因となって起こる個人的な問題であると捉え、社会を変えずに、個人を環境に適応させようとされてきた。一方、障がいの社会モデルは、障がいは、障がい者個人の問題ではなく、ディスアビリティ（社会的障壁）によって引き起こされるもので、社会の方が身体障がいのある人々の社会的行動を制限する、社会的な問題であるとの考えに基づいている。障がい者自身を社会環境に適応させるのではなく、社会環境の方を調整し障がい者に適応させることで、機能制限のある障がい者が主体的に充実した生活ができるようにすべきである。エレベーターの製品開発においても、社会モデルに基づいた取り組み、即ち、身体障がい者のインペアメントに合わせてエレベーターのディスアビリティを排除することが求められている。

日本では国連の「障害者の権利に関する条約」の締結に向けた国内法制度の整備の一環として、2016年4月に「障害を理由とする差別の解消の推進に関する法律（障害者差別解消法）」が施行された（内閣府, 2016）。障がいのある人に合理的配慮を提供し、共生社会を実現することを求めている。1960年に制定された「障害者の雇用の促進等に関する法律（障害者雇用促進法）」は、障がい者の職業生活における自立を支援するために度々改正され、企業における障がい者雇用を段階的に引き上げる施策がおこなわれて来た（厚生労働省 HP, 2019-08-04 参照）。障害者差別解消法が施行された2016年には、障害者雇用促進法においても、事業主に対して、障がい者が職場で働くに当たっての支障を改善するための措置（合理的配慮の提供義務）が課された（厚生労働省 HP, 2018-01-22 参照）。企業が障がい者を雇用する際の障壁とならないよう、社会インフラの整備が重要であり、障がい者にとって利

用しやすいオフィスビル向けのエレベーターの開発が、障がい者雇用促進の一助になると考
える。

オフィスビルにおけるエレベーターの特性として、毎日同じ人が利用することが多く、出
退勤や昼休みの時間帯に利用者が集中し混雑することが挙げられる。大規模ビルのエレベ
ーターにおいては、混雑時に各階停止となって行先階まで移動するのに時間がかかることや、
上層階からの利用者で満員となり、途中階から乗り込むことが困難といった問題点があった。
そのような問題を解消するために、エレベーター行先予報システム(Destination Oriented
Allocation System)が開発された(谷山・松田・永田, 2016)。

従来方式のエレベーターの利用手順は、次のとおりである。エレベーターホールの壁面等
に取り付けられた乗り場呼びボタンにて、上行きか下行きかを選択してエレベーター(以下、
かごと呼ぶ)を呼ぶ。到着したかごに乗り込み、かご内に取り付けられた操作盤の階床ボタ
ンを押下して行先階を登録する。一方、新方式であるエレベーター行先予報システムの利用
手順は、次のとおりである。エレベーターホールに設置された乗場操作盤の前に移動し、行
先階を入力する。行先階が登録されると、割り当てられたかごの号機名が乗場操作盤に表示
される。各かごの近傍に取り付けられた号機名の表示を見て、割り当てられたかごの扉の前
に予め移動する。かごが到着したら乗り込む。先にかごが到着していることもある。

エレベーター行先予報システムは、利用者それぞれに乗車する前に行先階を登録させるこ
とで、同じ階床に行く人を同じかごに割り当てて停止階を削減し、輸送効率を向上させた(谷
山ら, 2016)。エレベーター側が事前に乗るかごを割り当てるため、割り当てるかごの位置
を制御することができる。また、操作人数をカウントしているため、割り当てるかごの乗車
率を制御することも可能である。

エレベーター行先予報システムでは、これまで輸送効率を向上させる制御方法の開発に注
力されてきた。しかし、身体障がい者にとっての利用のしやすさという視点での検討はされ
ていない。エレベーター行先予報システムにおいて、多様な身体障がい属性にとって利用し
やすいUD対応が求められる。

本研究に先立ち、身体障がい者に従来方式のエレベーターを利用する上で困っている点を
たずねた(未発表)。その結果、視覚障がい者(弱視)は、オフィスビルのエレベーターホー
ルが混雑していると、人と接触してしまうこと、かごが向き合っているエレベーターホール
では、扉の位置がよくわからないことがわかった。また、自力歩行の肢体不自由者(片麻痺)
は、昇降しているかご内では加速により重力がかかって足元が安定しないため、壁に寄りか
かって体を支えたいという要求があることがわかった。つまり、身体障がい者には、エレベ
ーターにおける移動に対する負荷があると言える。

そこで、エレベーター行先予報システムならではの制御特性に着目した。身体障がい者に、乗場操作盤から近い位置にあるかごや、かご内の壁に寄りかけられるよう空いたかごを割り当てることで、エレベーターにおける身体障がい者の移動負荷を軽減できるのではないかと考えた。身体障がい者も行先階に早く到着したいとの要求があると考えられるが、エレベーター行先予報システムを用いれば、効率性を多少犠牲にすることで、割り当てるかごの位置や乗車率を制御することが可能である。

これまで、エレベーターのUD対応について、次の研究が行われて来た。

視覚障がい対応については、点字が読めない視覚障がい者のために、階床ボタンの数字に凸文字、かつ、UDフォントを用いることを検討した研究（宮脇・城戸・松田，2001）、エレベーター操作盤の図記号を凸文字とした場合のわかりやすさや、ボタン形状の違いによる機能分けのわかりやすさに関する研究（阿部・中尾・池田，2003）、全盲の視覚障がい者が階床ボタンを探す探索パターンを行動観察により調査・分析し、その触知行動から視覚障がい者を自動認識することを検討した研究（Kubota, 2006）がある。

聴覚障がい対応については、聴覚障がい者にとってのエレベーター利用時の不便さを調査し、聴覚に頼らない、図記号と文字表示によるお知らせ灯について検討した研究（木部・池田・中尾，2007）がある。

車いす対応については、車いすユーザにも視覚障がい者にも使いやすい側面壁操作盤の角度の研究（Iwamoto et al., 2006）、車いすユーザがかご内で意図的に体向きを変えなくても操作可能な、車いす用操作盤のせり出し量を検討した研究（池田・門並・坪井・西村，2012）、奥行きが深い駅舎用エレベーターにおいて、車いすが2台乗車した場合の、前後方向の車いすユーザにとって操作しやすい操作盤の位置や操作ボタンの配置について検討した研究（川口・中西・小野田・西村，2017）がある。

色覚障がい対応については、色弱者にも色により注意喚起と通常時を識別可能となる色使いとすることを検討した研究（坪井・小内・文屋・森，2010）がある。

一方、エレベーター行先予報システムのUD対応については、視覚障がい者にとって、エレベーターホールにある乗場操作盤（以下、操作盤）の位置がわかりにくいこと、どのかごに割り当てられたかがわかりにくいことに着目して、誘導音によりそれぞれの位置を知らせることについて検討した研究がある（城戸・山崎・稲田，2018）。誘導音は視覚障がい者に着目した研究であり、他の身体障がい属性にとってのエレベーター行先予報システムのUD対応に関する検討はされていない。また、視覚障がい者が混雑しているエレベーターホールで人と接触してしまうこと、かごが向き合っているエレベーターホールでは扉の位置がわかりにくいこと、下肢に障がいがあるが自力での歩行が可能な肢体不自由者（以下、自力歩行

者と呼ぶ) が昇降中のエレベーターでの移動に困難を感じていることに関して改善を検討する研究はされていない。

従来方式のエレベーターも含め、身体障がい属性ごとにエレベーターの利用上の問題点の指摘と課題解決を図るための研究はされてきたが、多様な身体障がい属性に共通の要求事項に着目し、UD 対応を検討した研究はされていない。また、身体障がい者の、エレベーター昇降中の負荷の軽減について検討した研究はされていない。さらに、オフィスビル向けエレベーターの UD 対応に関する研究はされていない。

以上から、本研究では、オフィスビル向けエレベーター行先予報システムの、多様な身体障がい属性にとっての UD 対応を検討することを目的とする。身体障がい者がエレベーターを利用する際の移動負荷や要求事項について調査する。身体障がい者による要求事項を考慮した条件のかごを割り当てることで、身体障がい者の移動負荷を軽減しようとする制御が当事者に受容されるか、および、どの身体障がい属性がどのような制御の対象となるかについて検討する。さらに、割り当てるかごの、操作盤との位置関係、乗車率、待ち時間を因子とした基礎的な評価実験により、エレベーター行先予報システムの効率性を大きく損なわずに、身体障がい者にとっての移動負荷を軽減することが可能な制御方法の指針を明らかにする。

4.3 予備調査

4.3.1 目的

エレベーター行先予報システムに対して、身体障がい者にはどのような要求があるかについて調査する。身体障がい者に必要とされると考えられる要件として、①操作盤と割り当てられたかごが「近い」こと、②割り当てられたかごが「空いている」こと、③行先階に「早く」到着することについて、どの条件を優先すべきかを明らかにする。また、近いかご、空いているかごを割り当てる制御の対象とすべき身体障がい属性について検討する。

4.3.2 調査参加者

調査参加者は機縁法によって対象とした、一般企業に勤務する 20 代～50 代男女で、エレベーター利用時に移動負荷が高いと考えられる身体障がい属性の者 6 名とした。内訳は、視覚障がい者 1 名（重度の弱視者）、聴覚障がい者 1 名（感音性難聴者）、下肢障がいのある肢体不自由者 3 名（車いすユーザ（手動）、自力歩行者（杖あり、杖なし）各 1 名）、内部

障がい者1名（ペースメーカー装着者）であった。全員エレベーター行先予報システムの利用は初めてであった。

4.3.3 装置

オフィスビルに設置されたエレベーター行先予報システムの実機を使用した。エレベーターホールのレイアウトを図4.2に示す。かごが両側8基（片側4基）、操作盤が2台（片側1台）設置されていた。各扉の上方横に取り付けられた、エレベーターの到着を知らせる報知灯であるホールランタンに、号機名を示すA～Hの文字が表示されていた。

4.3.4 手続き

調査は調査参加者1名ずつ実施した。状況設定として、調査参加者が最新式のエレベーターが入ったオフィスビルに勤務することになり、今日が初めての出勤日であること、進行係が人事の受け入れ担当者役で、ひとりで通勤する際のエレベーターの利用に問題がないかを確認する場面であることを伝えた。

次に、エレベーター行先予報システムの仕組みについて説明した。新しいオフィスのエレベーターには、利用者の行先階に応じてエレベーターの運行を自動制御する機能が付いていること。エレベーターを効率よく運行するために、同じ行先階の人を同じかごに割り当て、1つのかごが停止する階床数を制限していること。そのため、利用者はかごに乗り込む前に、エレベーターホールにある操作盤を使って行先階を登録すること。

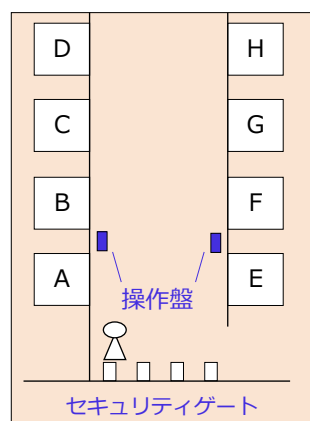


図4.2 予備調査におけるエレベーターホールのレイアウト

さらに、エレベーター行先予報システムの利用方法として、操作・乗車フローを説明した。

- (1) エレベーターホールで操作盤の前に移動する。
- (2) 操作盤のテンキーで行先階を入力する。
- (3) 操作盤で割り当てかごの号機名(A~H)を確認する。
- (4) 割り当てられたかごの前に移動する。
- (5) かごが来たら乗り込む。

視覚障がい者のみ、進行係とともにエレベーターホールを一周した。進行係がレイアウトについて説明し、視覚障がい者はエレベーターの扉や操作盤の位置を、白杖や手などを使って確認した。また、操作盤の一番下にあるボタンを押すと音声アナウンスが流れること、テンキーは凸文字ボタンであることも説明した。

タスクは、1階のエレベーターホールからエレベーター行先予報システムを使って7階、および、10階へ移動することとした。本システムに対応しているのが1階のみであったため、進行係が操作して一度1階に戻った。

タスク開始はセキュリティゲートを入れてすぐの位置からとし、2台ある操作盤は、どちらを使用してもよいこととした。タスク中に、進行係が助言を与えたり手助けしたりすることはなかった。調査は平日の日中に実施したため、エレベーターホールやかご内に一般の利用者がいることもあった。

タスク後に、エレベーター行先予報システムを利用する上で気になった点をたずねた。また、かごを割り当てる3つの条件、①操作盤から近い位置にあるかごに乗ること、②空いたかごに乗ること、③行先階へできるだけ早く着くことの優先順位を回答させた。

4.3.5 結果と考察

4.3.5.1 かご割り当て条件の優先順位

かご割り当て3条件の優先順位の回答結果を表4.1に示す。聴覚障がいを除いた5名が「空いている」を1位と回答し、聴覚障がい者のみ「早い」を1位に挙げた。「近い」を2位としたのは自力歩行者2名と視覚障がい者であった。フリードマン検定を実施した結果、身体障がい属性間で有意が認められた ($\chi^2=6.33(2)$, $p<.05$, $r=.71$)。Scheffe法による下位検定をおこなった結果、有意差のある組み合わせはなかった。

表 4.1 かご割り当て条件の優先順位

身体障がい属性	疾病時期	早い	近い	空く
視覚障がい（弱視/手動弁）	成人後	3位	2位	1位
聴覚障がい（感音性難聴）	就学後	1位	3位	2位
肢体不自由（車いす/手動）	就学後	2位	3位	1位
肢体不自由（自力歩行/杖あり）	先天性	3位	2位	1位
肢体不自由（自力歩行/杖なし）	就学後	3位	2位	1位
内部障がい（心臓/ペースメーカー）	先天性	2位	3位	1位

4.3.5.2 身体障がい属性別コメント

重度の弱視である視覚障がい者は、かごが空いていることを優先順位の1位に挙げたが、コメントでは、エレベーターホールでの移動のしやすさを重要視していた。白杖を左右に振って障害物の有無を確認しながら歩くので、混んだエレベーターホールでは他の人と接触しやすいと述べた。

聴覚障がい者は、行先階へ早く移動することを重要視した。先に降りようとする他の利用者に、自分の背後から声をかけられても、聞こえないことに不便を感じると述べたが、しかし、空いたかごに乗ることよりも行先階へ早く移動することを優先した。

車いすユーザは、かご内でのスペース確保を重要視した。「職場で一斉退社する日は、エレベーターが満員で途中階から乗り込むことができない。そのため、空いている上行きのエレベーターで一度最上階まで移動してから1階まで下るようにしている」とのエピソードを語った。

自力歩行者は杖を使用する者もしない者も、転倒防止を重要視した。体重移動時にバランスを崩しやすいため、エレベーターホールの操作盤で行先階を登録した後に振り向きたくないことや、混んだエレベーターホールで操作盤から離れた位置にあるかごへの移動は避けたいと述べた。また、かご内では、自分の背後から降りようとする人に道を空ける動作が苦手であること、エレベーターの昇降中は重力がかかるため、手すりにつかまるか、壁に寄りかかりたいので、混んでいないかごに乗りたいと述べた。

ペースメーカーを装着している内部障がい者は、かご内でのスペース確保を重要視した。混んだかご内で、自分の背後、左肩の辺りでスマートフォンを操作されると、ペースメーカーが

誤動作するのではないかと不安になるため、混んでいないかごに乗りたいと述べた。近いかごに乗りたいという要求はなかった。

4.3.5.3 考察

本調査の結果から、統計的な有意差はなかったものの、聴覚障がい者を除いて、「空いたかごに乗りたい」という共通の要求があることが示唆された。また、優先順位は高くなかったが、自力歩行者や弱視者は、エレベーターホールでの移動を負担に感じており、「操作盤近くのかごに乗りたい」という要求があることが確認できた。そこで、対象属性を視覚障がい者（全盲者、弱視者）、下肢障がいのある肢体不自由者（車いすユーザ、自力歩行者）、および、ペースメーカー装着の内部障がい者にしぼって、「近いと感じる操作盤と割り当てかごの位置関係」「空いていると感じる乗車率」「待ってもよい時間」の目安を実験により明らかにすることにした。本調査では調査参加者が少なかったため、障がい特性によるものか、障がいの程度によるものか、個人差によるものかの判断は難しい。よって次の実験では対象者数を増やす必要がある。

一方、聴覚障がいの調査参加者は1名のみであった。そのため、他の属性と同様、障がい特性によるものか、障がいの程度によるものか、個人差によるものかの判断は難しい。しかし、エレベーターホールやかごでの移動時に、聴覚障がい者が原因となって大きく安全性を損ねる可能性や、物理的に乗り込めない可能性は高くなく、効率性を犠牲にしてまで、近いかごや空いたかごに乗りたいという要求はないと言えるのではないかと考えられる。また、ペースメーカー装着の内部障がい者については、エレベーターホールでの移動負荷は高くなく、近いかごに乗りたいとの要求はないと判断し、操作盤とかごの位置関係に関する実験項目は対象外することにした。

4.4 実験

4.4.1 目的

エレベーター行先予報システムにおいて、視覚障がい者（全盲者、弱視者）、下肢障がいのある肢体不自由者（車いすユーザ、自力歩行者）、内部障がい者（ペースメーカー装着者）にとって、操作盤とかごが「近い」と感じる位置関係、「空いている」と感じるかごの乗車率、および、「空いている」と感じる乗車率のエレベーターが割り当てられる場合に、「多少待ってもよい」と思える待ち時間の目安を基礎的な実験により明らかにする。

4.4.2 実験参加者

実験参加者は機縁法によって対象とした、日常的にエレベーターを単独で利用することがある、表 4.2 に示した 20 代～50 代男女の身体障がい者 21 名であった。内訳は、視覚障がい者 10 名（全盲者 6 名、弱視者 4 名）、下肢障がいのある肢体不自由者 10 名（車いすユーザ（手動）5 名、自力歩行者 5 名（杖あり 3 名、杖なし 2 名）、内部障がい者 1 名（ペースメーカー装着者）であった。視覚障がい者は全員白杖を使用していた。自力歩行者 5（一本杖）は片麻痺で、上肢障がいもあった。なお、自力歩行者 2 名と内部障がい者 1 名は、予備調査の参加者と同一人物であった。予備調査と実験の評価内容は異なり、かつ、実施時期が 16 ヶ月離れているため、影響はほとんどないと判断した。また、内部障がい者は新たな機縁者を得られず、実験参加者が 1 名のみとなったため、結果は参考として扱い、統計処理には含めないことにした。

実験は実験参加者に対して十分な事前説明をおこない、文書による同意を得た上で実施した。

表 4.2 実験参加者

No.	性別	年代	属性	等級	身体状況	補装具	疾病時期
全盲 1	男性	40 代	視覚障がい（全盲）	1 種 1 級	全盲	白杖	先天性
全盲 2	女性	40 代	視覚障がい（全盲）	1 種 1 級	全盲	白杖	先天性
全盲 3	女性	30 代	視覚障がい（全盲）	1 種 1 級	全盲	白杖	先天性
全盲 4	男性	40 代	視覚障がい（全盲）	1 種 1 級	全盲	白杖	先天性
全盲 5	男性	40 代	視覚障がい（全盲）	1 種 1 級	全盲	白杖	成人後
全盲 6	男性	50 代	視覚障がい（全盲）	1 種 1 級	全盲	白杖	成人後
弱視 1	女性	40 代	視覚障がい（弱視）	1 種 2 級	視力 0.02/0.00, 指数弁, 白内障	白杖	先天性
弱視 2	男性	50 代	視覚障がい（弱視）	1 種 2 級	視力 0.00/0.04~0.05, 指数弁	白杖	成人後
弱視 3	女性	50 代	視覚障がい（弱視）	1 種 1 級	視力 0.02/0.00, 光覚弁, 視野狭窄	白杖, 単眼鏡	先天性
弱視 4	男性	30 代	視覚障がい（弱視）	1 種 1 級	視力測定不能, 手動弁, 視野狭窄	白杖	先天性
車いす 1	女性	40 代	肢体不自由（車いす）	1 種 2 級	下肢の神経障がい	手動車いす	先天性
車いす 2	女性	50 代	肢体不自由（車いす）	1 種 1 級	両下肢・体幹機能障がい	手動車いす	成人後
車いす 3	女性	40 代	肢体不自由（車いす）	1 種 1 級	両下肢麻痺	手動車いす	就学後
車いす 4	男性	20 代	肢体不自由（車いす）	1 種 1 級	四肢麻痺（脳性麻痺）	手動車いす	就学前
車いす 5	女性	40 代	肢体不自由（車いす）	1 種 1 級	下半身麻痺, 体幹機能障がい	手動車いす	成人後
自力歩行 1	女性	20 代	肢体不自由（自力歩行）	1 級	両足下肢障がい（膝関節機能制限）	下肢装具, 一本杖	先天性
自力歩行 2	女性	30 代	肢体不自由（自力歩行）	4 級	両足下肢障がい（足関節機能制限）	なし	就学後
自力歩行 3	男性	40 代	肢体不自由（自力歩行）	6 級	右足下肢障がい（足先欠損）	なし	成人後
自力歩行 4	男性	40 代	肢体不自由（自力歩行）	3 級	左足膝, 股関節機能全廃	二本杖	成人後
自力歩行 5	男性	50 代	肢体不自由（自力歩行）	4 級	右片麻痺	一本杖	成人後
内部 1	女性	40 代	内部障がい（心臓）	1 級	心臓病	ペースメーカー	先天性

4.4.3 装置

図 4.3 にエレベーターホールのレイアウトを示す。片側に 3 台のかごが設置されており、手前から A 号機, B 号機, C 号機とした。すべて定員 20 名の乗用エレベーター実寸大モックアップであった。モックアップ制作上の制約から、扉の両脇にある袖壁の幅が異なり、片方の扉が左側に 5cm 偏っていた。扉の開閉は実験スタッフが裏から手動でおこなった。また、操作盤はかごと並び（以下、操作盤 1 と呼ぶ）、かごの背面（以下、操作盤 2 と呼ぶ）の 2 台とした。操作盤として、床上約 1 メートルの高さの台の上にタッチパネル式のノートパソコンを置いた。画面のどの部分に触れても、「19 階, A 号機にお乗りください」などで行先階と割り当てかごの号機名を音声で案内した。

かご内の実験参加者の動きを上方に設置したビデオカメラにより観察するために、かごの天井は取り付けなかった。実験室環境の制約で、かごの床材はカーペットであった。

4.4.4 実験条件

4.4.4.1 位置関係

操作盤とかごが「近い」と感じる位置関係を明らかにするために、エレベーターホールでの基本的な移動条件として、次の 4 条件を設定した。操作盤とかごの距離が近い条件として、両者が並びにある場合（図 4.3 の操作盤 1→B 号機、以下、並び(近い)と呼ぶ）と背面にある場合（図 4.3 の操作盤 2→A 号機、以下、背面(近い)と呼ぶ）の 2 条件を設けた。操作盤とかごの距離が遠い条件として、両者が背面にあって、かつ、別のかごの前を通る場合（図 4.3 の操作盤 2→C 号機、以下、背面(遠い)と呼ぶ）と、通過する途中にあるかごの前に他の利用者が待っていて、エレベーターホールが混んでいる場合（図 4.3 の操作盤 2→C 号機、以下、背面(混雑)と呼ぶ）の 2 条件も対象とした。混雑条件では、図 4.3 の B 号機の前に、B 号機が

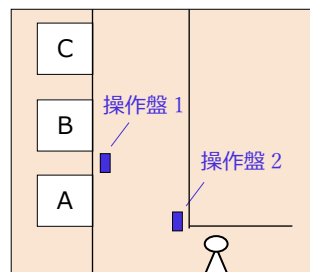


図 4.3 実験におけるエレベーターホールのレイアウト

来るのを待つ利用者役として10名のエキストラ（全て晴眼者）をB号機の方角を向いて、無言で立たせた。エキストラには、実験参加者が自分にぶつかりそうになったら、避けるように指示した。

4.4.4.2 乗車率

「空いている」と感じる乗車率を調べるために、他の利用者役としてエキストラ（全て晴眼者）をエレベーターに乗車させた。乗車率は、0、20、30、40、50%の5条件とした。過去に実施した評価実験の結果から（未発表）、かご内では最初に四隅が埋まり、次に中央が埋まり、次第にその間が埋まっていく傾向にあることがわかっている。その結果にならって、図4.4に示したとおり、エキストラには乗車率ごとにおおよその立ち位置を指示した。エキストラは無言とした。

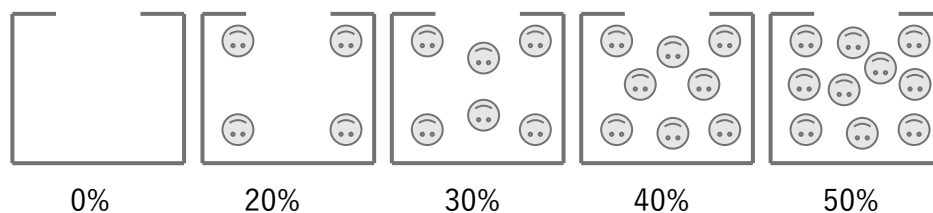


図 4.4 乗車率別かご内における他の利用者の配置

4.4.4.3 待ち時間

各自が「空いている」と感じる乗車率のエレベーターが来る場合に、「多少待ってもよい」と思う時間の長さを明らかにするために、操作盤で行先階を登録してから、割り当てられたかご前まで移動し、かごが到着したことを示すチャイム音が鳴動するまでの待ち時間の長さを変えた。16、30、60、105、180秒の5条件とした。16秒は標準待ち時間、60秒は長待ちの基準時間（谷山ら、2016；黒沢・平沢・葛貫・米田・坂井・萩中、1985）、180秒は長待ちのクレームが発生し始める時間^{¶1}とされている。待ち時間の長さ5条件を対数変換したときにおおよそ均等になるように設定した。タスク中はかごが来るのを待つことに専念させ、スマートフォンの操作等は禁止とした。

¶1: 三菱電機株式会社における待ち時間クレーム対応実績による。

4.4.5 状況設定とタスク

状況設定は予備調査と同様とし、転勤先で最新式のエレベーターを利用することになり、ひとりで通勤する際のエレベーター利用に問題がないかを確認する場面とした。エレベーター行先予報システムの仕組みやメリットについて伝えた。さらに、エレベーターホールにある操作盤で行先階を入力し、割り当てられたかごに乗車するという利用方法についても説明した。視覚障がい者のみ、事前にエレベーターホールを1周して、かご3台、操作盤2台の位置関係を覚えさせた。

タスクの実施回数は、位置関係4条件、乗車率5条件、待ち時間5条件を各1回、計14回実施した。順序効果を考慮し、実験参加者ごとに各条件内でランダムな順序とした。以下、タスク詳細について説明する。

4.4.5.1 位置関係

タスクは、30階建てのビルの19階にあるオフィスへの行き帰りに、エレベーターで1階から19階、または、19階から1階に移動することを想定したタスクとした。スタート地点は操作盤2の近傍とした。操作盤1、または、2で行先階を登録し、割り当てられたかご前に移動させた。

なお、予備調査結果からエレベーターホールでの移動負荷が高くないと判断したペースメーカー装着の内部障がい者は、本タスクの対象外とした。

4.4.5.2 乗車率

高層ビルで長い時間エレベーターに乗車することを実験参加者に意識させるために、エレベーターで30階建てのビルの19階から1階に移動することを想定したタスクとした。条件ごとにエキストラがかご内に移動してからタスクを開始した。実験参加者には、事前にエキストラが何名乗車したかは見えないようにした。エレベーターホールの割り当てられたB号機の前で待たせてから扉を開けた。実験参加者がかごに乗り込んだ後に、扉を閉めた。

4.4.5.3 待ち時間

30階建てのビルの19階から、エレベーターで1階に移動することを想定したタスクとした。操作盤1で行先階登録操作をさせ、音声案内で割り当てられたB号機の前に移動させた。エレベーターが到着し、「ポーン」というチャイム音がしたところでタスク終了とした。

4.4.6 主観評価

各条件終了後に、図4.5に示した尺度を用いて主観評価をおこなった。

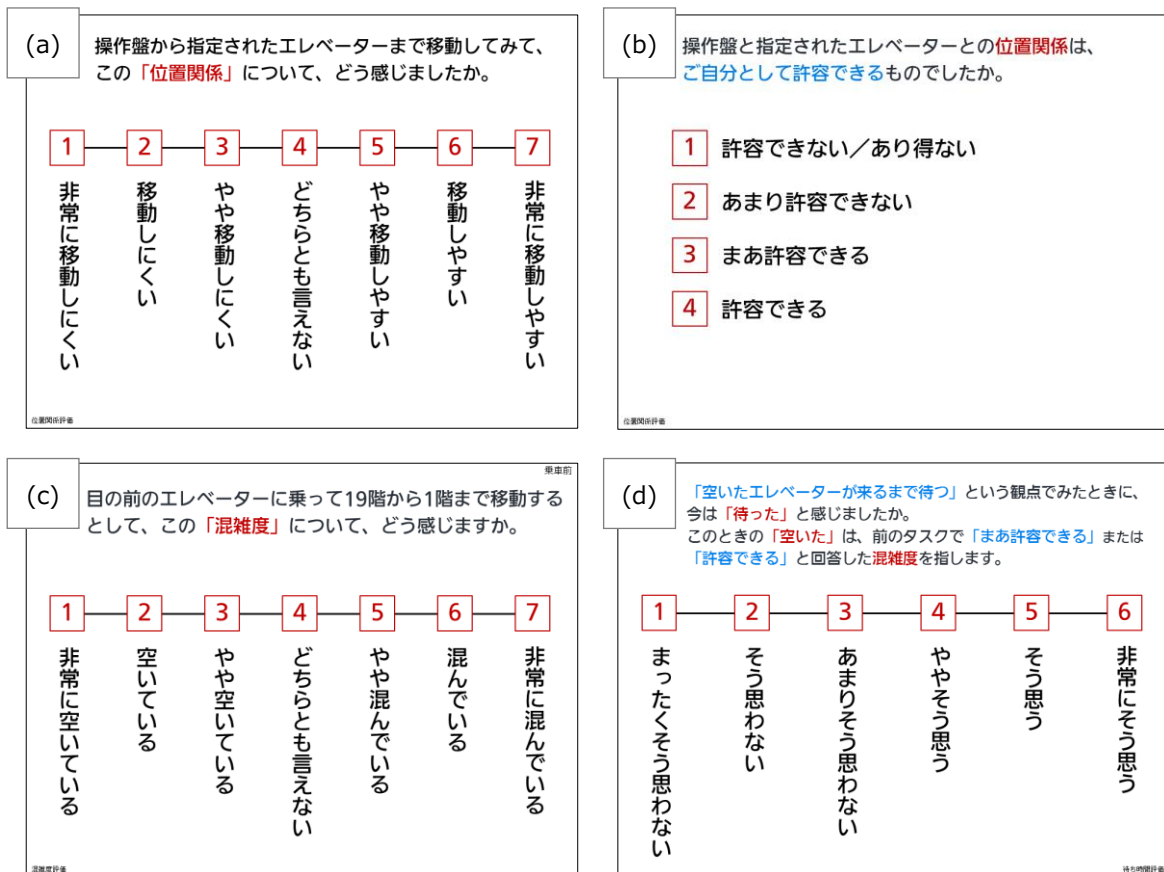


図 4.5 主観評価尺度の例

4.4.6.1 位置関係

操作盤と割り当てかごが「近い」と感じる位置関係にあるとは、移動しやすいことであると考え、その「移動のしやすさ」について図 4.5(a)に示した尺度を用いて7段階で評価させた。さらに、その位置関係に対する許容度合いを、図 4.5(b)に示した尺度を用いて4段階で評価させた。「どちらとも言えない」という曖昧な判断を排除した。

移動しやすさの得点の平均値が、7段階のうち5点以上で(「やや移動しやすい」に相当)、かつ、条件間で有意に移動しやすいと評価された場合、その操作盤と割り当てかごは「近い」位置関係にあると判断した。ただし、もしその位置関係に対して、許容度合い評価で、1名でも1点の「許容できない/あり得ない」と回答した場合は、近い位置関係にあるとは言えないと判断することにした。各属性の実験参加者が5名程度であったこと、身体障がい個人差が大きいことがその理由である。

4.4.6.2 乗車率

かごに乗り込む前に、そのエレベーターに乗って19階から1階まで移動するとして、混んでいると感じるか空いていると感じるかについて、図 4.5(c)に示した尺度を用いて7段階で評価させた。続いて、そのかごに乗り込んでから、同じく7段階で評価させた。かごから降りた後、その乗車率に対する許容度合いを、前項の位置関係と同じく4段階で評価させた。乗車率0%条件の乗車タスクは実施せず、これまでの体験に基づいて評価させた。

7段階のうち3点の「やや空いている」と評価された場合の乗車率を推奨値、4点の「どちらとも言えない」と評価された場合の乗車率を許容値と判断した。ただし、もしそれらの乗車率が、許容度合い評価で1名でも1点の「許容できない/あり得ない」と回答した乗車率を超えていた場合は、許容されないと判断することにした。各属性の実験参加者が5名程度であったこと、身体障がい個人差が大きいことがその理由である。

4.4.6.3 待ち時間

「空いたエレベーターが来るまで待つ」という観点からみたときに、その待ち時間に対して「待った」と感じたかについて、図 4.5(d)に示した尺度を用いて6段階で評価させた。このときの「空いた」は、前項で「まあ許容できる」または「許容できる」と回答した乗車率を指すこととした。さらに、その待ち時間に対する許容度合いについて、前項と同じく4段階で評価させた。

エレベーターを待ったと感じたかについて、3点の「あまりそう思わない」と評価された場合を待ち時間の推奨値とし、6段階のうち3点の「あまりそう思わない」と4点の「ややそう思う」の中点である3.5点に相当する待ち時間は許容されると判断した。

ただし、もしそれらの待ち時間が、許容度合い評価で1名でも1点の「許容できない/あり得ない」と回答した待ち時間を超えていた場合は、許容されないと判断することにした。各属性の実験参加者が5名程度であったこと、身体障がいは個人差が大きいことがその理由である。

4.4.7 統計解析

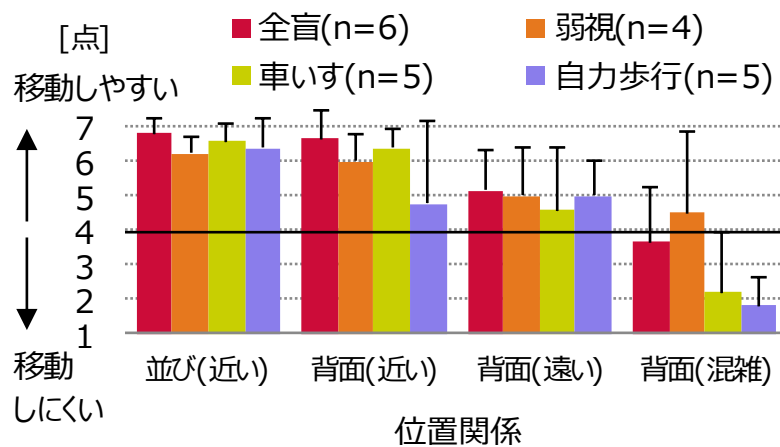
①位置関係、②乗車率、③待ち時間の評価における条件間の違いを明らかにするために、次の分析をおこなった。1)身体障がい属性の違い(4条件:実験参加者間)と操作盤と割り当てかごの位置関係の違い(振り返り動作の有無による影響、移動距離による影響、エレベーターホールの混雑度の違いによる影響各2条件3組:実験参加者内)の2要因混合計画の分散分析。2)身体障がい属性の違い(4条件:実験参加者間)×乗車率(5条件:実験参加者内)×評価のタイミング(2条件:実験参加者内)の3要因混合計画の分散分析。3)身体障がい属性の違い(4条件:実験参加者間)×待ち時間(5条件:実験参加者内)の2要因混合計画の分散分析。交互作用が見られた場合には、Bonferroni法による多重比較をおこなった。効果量(Effect Size)として η の2乗値を用いることとした。さらに、③待ち時間の目安を明らかにするために、4)主観評価の平均値を目的変数に、待ち時間を説明変数とした回帰分析をおこなった。

4.4.8 結果

4.4.8.1 位置関係

図4.6は操作盤と割り当てかごの位置関係の違いによる、移動のしやすさについて、身体障がい属性別に回答させた結果である。縦軸が移動しやすさ得点の平均値、横軸が操作盤と割り当てかごの位置関係である。エラーバーは標準偏差を示す。

操作盤から割り当てかごへの移動のしやすさについて、振り返り動作の有無による影響を見るために、身体障がい属性(全盲/弱視/車いす/自力歩行の4条件:実験参加者間)×位置関係(並び(近い)/背面(近い))の2条件:実験参加者内の2要因混合計画の分散分析をおこなった。その結果、位置関係の主効果 [$F(1,16)=4.46, p<.10, \eta^2=.22$] に有意傾向が認められたが、身体障がい属性の主効果 [$F(3,16)=1.73, n.s, \eta^2=.24$] は有意でなく、身体障がい属



エラーバー：標準偏差

図 4.6 位置関係と移動のしやすさ

性×位置関係 [$F(3,16)=1.82, n.s., \eta^2=.25$] の交互作用も認められなかった。振り返り動作のない並び(近い)の方が、振り返り動作が必要な背面(近い)よりも移動しやすい傾向にあった。身体障がい属性によらず、振り返り動作はない方がよいと言える。

次に、移動距離による影響を見るために、身体障がい属性(全盲/弱視/車いす/自力歩行の4条件:実験参加者間)×位置関係(背面(近い)/背面(遠い)の2条件:実験参加者内)の2要因混合計画の分散分析をおこなった。その結果、位置関係(移動距離)の主効果 [$F(1,16)=5.77, p<.05, \eta^2=.27$] が有意であった。身体障がい属性の主効果 [$F(3,16)=.98, n.s., \eta^2=.16$] , および、身体障がい属性×位置関係 [$F(3,16)=1.11, n.s., \eta^2=.17$] の交互作用は認められなかった。背面(近い)の方が背面(遠い)よりも移動しやすかった。身体障がい属性によらず、移動距離は短い方がよいと言える。

エレベーターホールにおける他の利用者の有無による影響を見るために、身体障がい属性(全盲/弱視/車いす/自力歩行の4条件:実験参加者間)×位置関係(背面(遠い)/背面(混雑))の2条件:実験参加者内)の2要因混合計画の分散分析をおこなった。その結果、位置関係(エレベーターホールの他の利用者の有無)の主効果 [$F(1,16)=32.80, p=.000, \eta^2=.67$] が有意で、身体障がい属性×位置関係 [$F(3,16)=2.85, p<.10, \eta^2=.07$] の交互作用に有意傾向が認められた。身体障がい属性の主効果 [$F(3,16)=1.25, n.s., \eta^2=.19$] は有意ではなかった。身体障がい属性×位置関係の単純主効果検定をおこなった結果、エレベーターホールに他の利用者が待っていて混んでいる条件において、身体障がい属性 [$F(3,16)=2.56, p<.10, \eta^2=.32$] が

有意傾向にあったが、下位検定の結果、身体障がい属性間で有意差のある組み合わせはなかった。また、全盲者 [$F(1,5)=7.11, p<.05, \eta^2=.59$], 車いすユーザ [$F(1,4)=8.73, p<.05, \eta^2=.69$], 自力歩行者 [$F(1,4)=30.12, p<.01, \eta^2=.88$] は、エレベーターホールに他の利用者がいないときの方が、他の利用者が待っていて混んでいるときよりも有意に移動しやすかった。

図 4.7 は、操作盤と割り当てかごの位置関係 4 条件に対する許容度合いの、身体障がい属性ごとの度数分布を示したものである。4 点の「許容できる」を示すエリアが大きいほど、その位置関係に対する許容度合いが高いことを示している。片麻痺の自力歩行者 1 名が背面(近い), 背面(遠い), および、背面(混雑)を「許容できない/あり得ない」と評価した。

以下、タスク中の移動行動の観察結果、および、実験参加者のコメントを記す。

視覚障がい者では、ほとんどの全盲者がドア位置を確認するために、かごの前を壁伝いに歩いた。混雑時には、全盲者は「すみません」などと声をかけながら、エレベーターを待つ他の利用者の間を割って進んだ。他の利用者と衝突するケースも散見された。全盲者の中には、方向転換での不安を次のように述べた者もいた。「操作盤とエレベーターの位置関係は、横移動だけのほうが嬉しい。移動時に振り返ると方向感覚が狂う可能性がある、エレベーターホールに他の利用者がいた場合は余計にそうである」。一方、弱視者 4 名のうち 3 名は混雑時でも人の位置が残存視力によってある程度把握できており、人垣の後ろを通り抜けた。重度の弱視者 1 名は、エレベーターホールで人垣の中央をかき分けるように進み、他の利用者と衝突した。

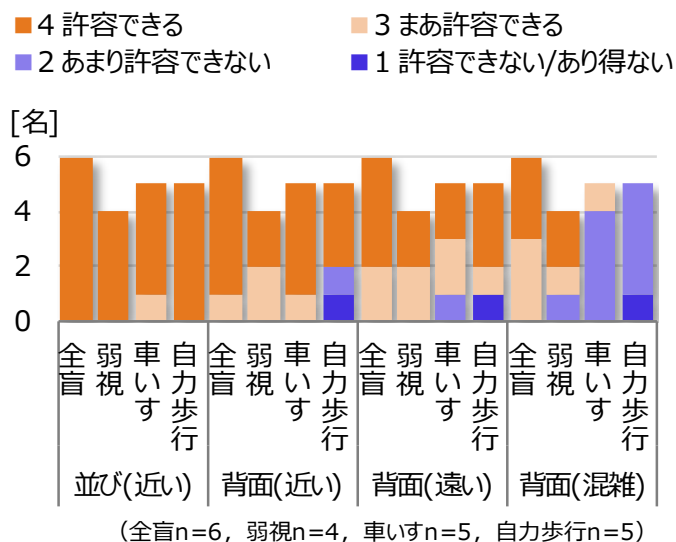


図 4.7 位置関係の許容度合い

下肢障がいのある肢体不自由者では、車いすユーザも自力歩行者も、エレベーターホールに他の利用者がいないときは、問題なく移動できた。混雑時には、エレベーターホールで待つ他の利用者に対して「すみません」などと声をかけながら、人垣の後ろを通り抜けた。エレベーターを待つ他の利用者が実験参加者の通行を察して道を空けた。タスク後のインタビューで、二本杖の自力歩行者1を除く、自力歩行者4名が「バランスを崩しやすいので方向転換したくない」「距離の移動よりも、振り返る動作の方が負担に感じる」と述べた。また、脳性マヒの車いすユーザは、四肢マヒにより移動に時間がかかるため、エレベーターホールの混雑時に、操作盤から遠いかごに割り振られても間に合わない可能性があることについて言及した。

4.4.8.2 乗車率

図 4.8 は乗車前にエレベーターホールから乗車率の異なるかごに対して「混んでいる」と感じたか、図 4.9 はかごに乗り込んでから「混んでいる」と感じたかについて、身体障がい属性別に示したものである。グラフの縦軸が混雑感の平均値、横軸が乗車率、エラーバーは標準偏差を示す。

混雑感の平均値をもとに、身体障がい属性（全盲/弱視/車いす/自力歩行の4条件：実験参加者間）×評価のタイミング（乗車前/乗車中の2条件：実験参加者内）×乗車率（0/20/30/40/50%の5条件：実験参加者内）の3要因混合計画の分散分析をおこなった。その結果、乗車率の主効果 [$F(4,64)=134.01, p=.000, \eta^2=.92$] と評価のタイミングの主効果 [$F(1,16)=9.24, p<.01, \eta^2=.37$] が有意であった。身体障がい属性の主効果 [$F(3,16)=2.88, p<.10, \eta^2=.35$] は有意傾向にあった。身体障がい属性×乗車率 [$F(12,64)=7.74, p=.000, \eta^2=.59$] と身体障がい属性×評価のタイミング [$F(3,16)=5.42, p<.01, \eta^2=.50$] に交互作用が認められ、乗車率×評価のタイミング [$F(4,64)=.43, n.s, \eta^2=.03$]、および、身体障がい属性×乗車率×評価のタイミング [$F(12,64)=1.38, n.s, \eta^2=.21$] の交互作用は認められなかった。

身体障がい属性×乗車率の単純主効果検定をおこなった結果、乗車率0%、20%、30%各群における身体障がい属性の効果が有意 [0%： $F(3,16)=5.96, p<.01, \eta^2=.53$ 、20%： $F(3,16)=25.48, p=.000, \eta^2=.83$ 、30%： $F(3,16)=3.91, p<.05, \eta^2=.42$]、身体障がい属性各群における乗車率の効果が有意であった [全盲： $F(4,20)=23.70, p=.000, \eta^2=.83$ 、弱視： $F(4,12)=86.38, p=.000, \eta^2=.97$ 、車いす： $F(4,16)=46.23, p=.000, \eta^2=.92$ 、自力歩行： $F(4,16)=62.39, p=.000, \eta^2=.94$]。下位検定の結果、乗車率0%、および、20%のときに、全盲者の評点が他の3属性よりも高かった。乗車率30%のとき、弱視者の評点が、全盲者、および、車いすユーザよりも高かった。また、全盲者は0%のときよりも他の乗車率の方が、評

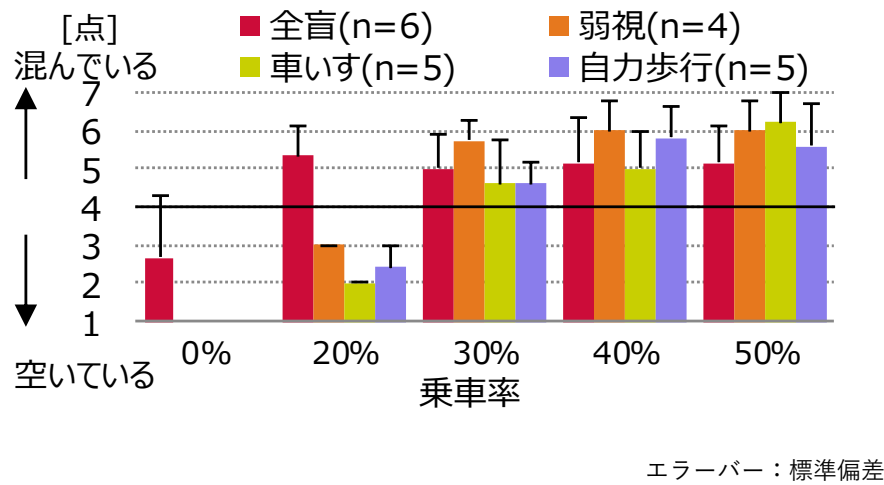


図 4.8 乗車率別の混雑感 (乗車前)

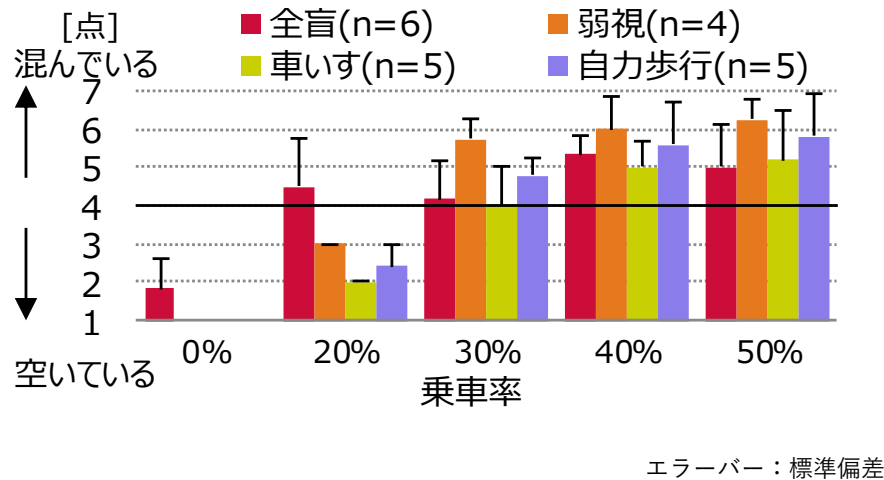


図 4.9 乗車率別の混雑感 (乗車中)

点が高かった。弱視者，車いすユーザ，および，自力歩行者は，乗車率が0%，20%，30%の順に混んでいると感じた。30%，40%，および，50%の混雑度合いに差は感じなかった。全盲者は20%で，弱視者，車いすユーザ，自力歩行者は30%で混雑感が飽和した。全盲者，弱視者は乗車率の低いときに，車いすユーザや自力歩行者よりも評点が高かったことか

ら、見えない/見えにくいのために、かご内の人数が少ないときほど、かご内の人数の把握が難しかったことがうかがえる。

身体障がい属性×評価のタイミングの単純主効果検定をおこなった結果、乗車前における身体障がい属性の効果が有意 [$F(3,16)=3.54, p<.05, \eta^2=.40$]、乗車中における身体障がい属性の効果が有意傾向にあった [$F(3,16)=2.59, p<.10, \eta^2=.33$]。また、全盲者における評価のタイミングの効果が有意、車いすユーザにおける評価のタイミングの効果が有意傾向にあった [全盲： $F(1,5)=13.89, p<.05, \eta^2=.74$ 、車いす： $F(1,4)=4.57, p<.10, \eta^2=.53$]。下位検定の結果、乗車前、乗車中とも身体障がい属性間で有意差はなかった。また、全盲者は、乗る前はよくわからなかったが、乗ったら空いていると感じた。車いすユーザは、乗ってみたら乗車前よりも空いていると感じる傾向にあった。弱視者、および、自力歩行者は乗車前後で混雑度合いに差を感じなかった。また、評価のタイミングの違いにかかわらず、乗車率が高いと評価のばらつきが大きくなった。

図 4.10 は、乗車率 5 条件に対する許容度合いの、身体障がい属性ごとの度数分布を示したものである。4 点の「許容できる」を示すエリアが大きいくほど、乗車率に対する許容度合いが高いことを示している。弱視者 1 名（手動弁/視野狭窄）が乗車率 40%を「許容できない/あり得ない」と評価し、自力歩行者 1 名（両足患足/一本杖）が、乗車率 40%、および、50%を「許容できない/あり得ない」と評価した。

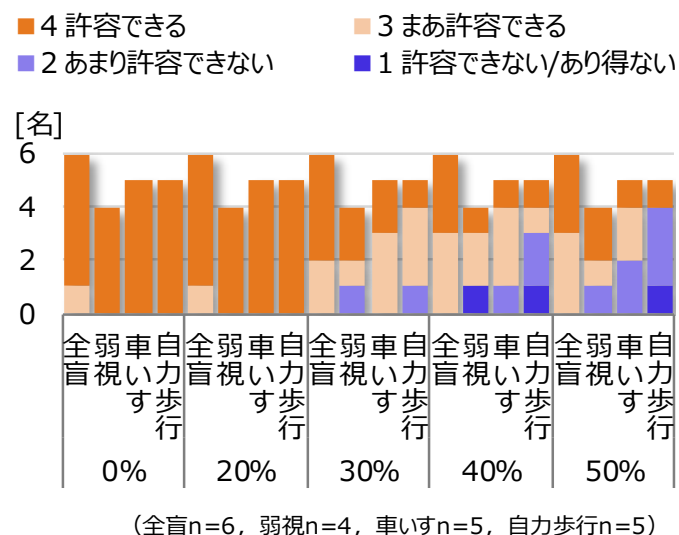


図 4.10 乗車率別の許容度合い

以下、タスク中の移動行動の観察結果、および、実験参加者のコメントを記す。図4.11に乗車率50%における身体障がい属性別の乗車行動の事例を示した。

視覚障がい者は、乗る前に白杖でエレベーターホールの床を叩いて目の前にあるかごの反響音を聞き、混雑度合いを確認した。しかし、かごの床がカーペットであったことから、一般的なエレベーターホールと同じようには反響音を聞くことができず、どの程度人が乗っているかを判断できないとのコメントが散見された。かごに乗り込むときは、「すみません」などと声掛けをして乗り込んだ視覚障がい者が多かった。全盲者・弱視者ともに、乗車率にかかわらず、乗ってすぐの位置やドア脇に立つ姿が観察された。全盲者の中にはかごの奥まで入った者もいた。全盲者は0%のときに、「他に人がいるかどうか、よくわからない」などとコメントした者が6名中3名いた。一方、弱視者は0%で「近くに人がいないので1点」と判断したが、20%で「人がいることはわかるが、何人いるかはわからない」と述べた。



図 4.11 乗車率 50%における身体障がい属性別の乗車行動の事例

車いすユーザも、その多くが「すみません」などと声掛けをしてからかごに乗り込んだ。かごに真っ直ぐ乗り込み、中央で方向転換して入口の方に向き直ることが多かった。車いすユーザ2名は、乗車率50%のときに正面から乗り込み、降車時に方向転換せずに後ろ向きに降りた。別の車いすユーザ1名は、乗車率30%以上の条件で、乗り込む前に方向転換してから後ろ向きに乗り込んだ。「日常においては、混んでいても車いすが入るスペースがあると判断されると、無言のうちに人が避けてくれるが、車いすが入りそうにないと判断されたときは誰も動かず、声もかけてくれない。そのときは乗り込むことをあきらめる」とコメントした者がいた。

自力歩行者は、乗車率が低いときはかご中央奥まで進み、壁に寄り掛かる傾向にあった。乗車率が高くなると、袖壁前の空きスペースに立った。

ペースメーカー装着の内部障がい者1名（参考実施）は、乗車率が低いときは扉側に向かって左側の壁際に立った。乗車率40%を超えると、入ってすぐのスペースに立った。普段はペースメーカーを装着している左側に人がいないように、自身の左側が壁になるようにして立つこと、乗り合わせた人が携帯電話を手を持っているときは密接しないように向きを変えるなどしていること、今回の実験では乗車率50%程度であれば許容できると述べた。

4.4.8.3 待ち時間

図4.12は操作盤で行先階を登録してから、割り当てられたかご前まで移動し、かごが到着したことを示すチャイム音が鳴るまでの時間について、待ったと感じたかを身体障がい属性別に示したものである。グラフの縦軸が待ったと感じたかの平均値、横軸が待ち時間、エラーバーは標準偏差を示す。

待ったと感じたかの平均値をもとに、身体障がい属性（全盲/弱視/車いす/自力歩行の4条件：実験参加者間）×待ち時間（16/30/60/105/180秒の5条件：実験参加者内）の2要因混合計画の分散分析をおこなった。その結果、待ち時間の主効果 [$F(4,64)=83.92, p=.000, \eta^2=.84$] が有意であった。身体障がい属性の主効果 [$F(3,16)=.69, n.s., \eta^2=.11$]、および、身体障がい属性×待ち時間 [$F(12,64)=.76, n.s., \eta^2=.12$] の交互作用は有意ではなかった。待ち時間の主効果について下位検定を実施した結果、待ち時間が長くなるに従って有意に「待った」と感じた。

図4.13は、待ち時間5条件に対する許容度合いの、身体障がい属性ごとの度数分布を示したものである。4点の「許容できる」を示すエリアが大きいくほど、待ち時間に対する許容度合いが高いことを示している。車いすユーザ1名が105秒を「許容できない/あり得ない」と評価し、180秒になると全盲者2名、弱視者1名、車いすユーザ4名、自力歩行者2名が「許

容できない/あり得ない」と評価した者がいた。60秒以下を「許容できない/あり得ない」と評価した実験参加者はいなかった。

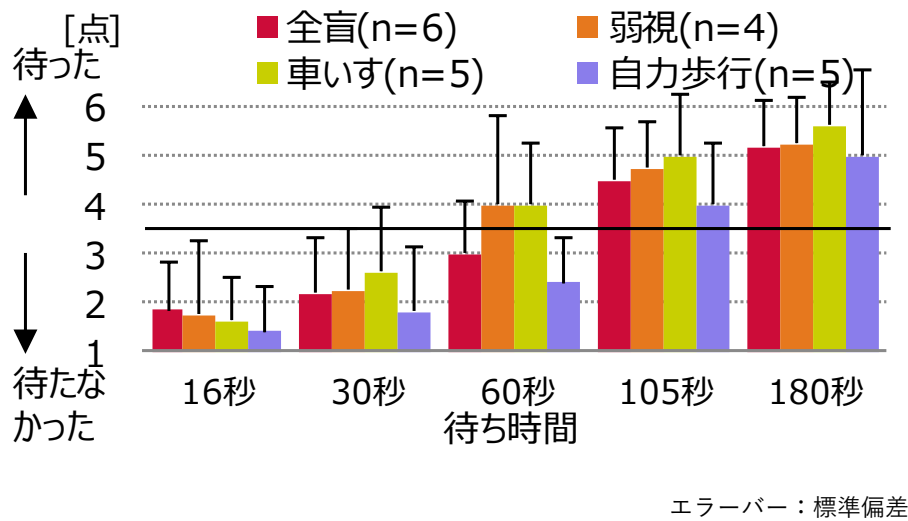


図 4.12 待ったと感じたか

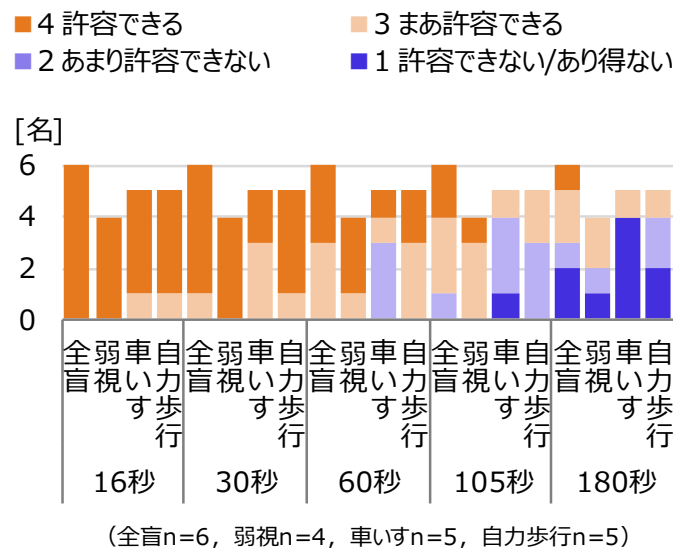


図 4.13 待ち時間別の許容度合い

以下、エレベーターホールでかご到着を待つ間の観察結果、および、実験参加者のコメントを記す。

かごの到着を待っている間、視覚障がい者は扉の脇に移動し、そこでエレベーターの到着を待った。その理由として、「降りて来る人とぶつからないようにした」と述べた。車いすユーザは扉から離れた正面位置に停位した。その理由として、「降りて来る人をすぐに避けられないので、離れるようにしている」と述べた。杖を使用しない自力歩行者2名は、エレベーターホールの壁に手を置いて寄りかかる姿勢をとった。

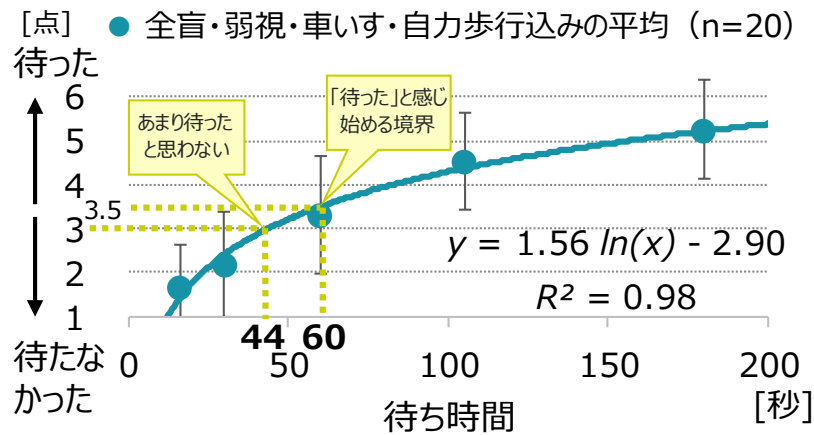
待ち時間の長さについては、身体障がい属性を問わず、「待ち時間が長いと、正しく操作できたかどうかが不安になる」「現在のエレベーターの位置や、待ち時間がどれくらいかわかると心理的負担が減る」とのコメントが散見された。「病院でも診察の順番と待ち時間がわかるシステムになっているので、我慢ができる」とのコメントもあった。また、車いすユーザ1名は「長く待たされて乗れないのは嫌だが、確実に乗れるエレベーターが来るならばよい」と述べた。杖なしの自力歩行者1名は、「空いていれば壁際に立ち、手をつける状態が安心。しかし、長時間待っていると、足に痛みが出て辛くなることもある」と述べた。

ペースメーカー装着の内部障がい者1名（参考実施）は、待ち時間が60秒以上で待ったと感じるようになり、180秒は「許容できない/あり得ない」と評価した。しかし、「待てば必ず空いたエレベーターが来るのであれば、それは嬉しい」と述べた。

待ち時間の目安を明らかにするために、主観評価の平均値を目的変数に、待ち時間を説明変数とした回帰分析をおこなった。身体障がい属性間で待ち時間に対する評価に差がなかったことから、全盲/弱視/車いす/自力歩行者の評価の平均値を回帰分析の対象とした。図4.14に示したとおり、待ち時間が長くなるにつれ急速に待ったと感じたことから、対数回帰式を作成した。

$$y = 1.56\ln(x) - 2.90 \quad (1)$$

対数回帰において待ち時間と待ったと感じたかの主観評価平均に有意性が認められ（ $p=.001$ ）、決定係数は $R^2=0.98$ であった。評点3点の「あまり待ったと思わない」に相当する待ち時間が44秒、評点3点の「あまり待ったと思わない」と4点の「やや待ったと思う」の midpoint に相当する3.5点が60秒であった。待ち時間が60秒を超えると「待った」と感じ始めるようになると言える。



エラーバー：標準偏差

図 4.14 待ち時間の回帰分析

4.5 総合考察

本研究では、オフィスビル向けのエレベーター行先予報システムの、多様な身体障がい属性にとってのユニバーサルデザイン対応について検討した。以下、身体障がい者にとっての移動負荷を軽減することが可能な制御指針について、乗場操作盤と割り当てかごの位置関係、乗車率、待ち時間の観点から考察する。

4.5.1 かごの割り当て位置について

乗場操作盤と並び、かつ、隣接する位置関係にあるかごを割り当てることで、多様な身体障がい属性に共通して移動負荷を軽減できることがわかった。行先階を登録した後に振り返り動作の必要がないため、全盲者は方向感覚が狂うことがなく、自力歩行者はバランスを崩す心配がない。車いすユーザや自力歩行者は、操作後に振り返らずにかごの位置を確認することが可能である。特に、エレベーターホールが混雑しているときは、身体障がい属性によらず、人との接触を防ぐことができよう。

4.5.2 乗車率について

エレベーター昇降時における移動負荷を、多様な身体障がい属性に共通して軽減できるかごの乗車率の目安は、“推奨値は定員の20%以下、許容値は定員の30%以下”であった。

視覚障がい者（全盲者、弱視者）は、乗車率が低いときに他の乗員の人数把握が難しかったものの、乗車率が高いかごに乗車しても、身体障がいに起因する制約は見られなかった。従来方式のエレベーターでは、かごが混んでいるときにかご操作盤の前に立つと、他の利用者が操作するときに、場所を譲る必要があった。視覚障がい者は見えない/見えにくいいため、他の利用者から声をかけられるまでそのことに気づきにくく、気を遣った。本システムにおいては、視覚障がい者には乗車率制御は必要ないと言える。

一方、車いすユーザに対しては乗車率を制御することで、物理的に乗り込めないこと、乗り込んだ後に方向転換ができず、目的階で降りられないことを防ぐことが期待できる。実験では、車いすユーザは乗車前よりも、乗車中の方が空いていると感じた。車いすの筐体によって生じる物理的スペースがパーソナルスペースを確保させたことから、車いすユーザはかご乗車後にスペース的な余裕を感じやすかった可能性が考えられる。

自力歩行者は、かご内での昇降時に重力の影響からバランスを崩しやすい。二本杖を使用する自力歩行者よりも、一本杖を使用する者や杖を使用しない人の方が、「壁に寄りかかりたい」と述べており、杖の有無や杖の形状が、バランスのとりやすさに影響すると言える。

空いているかごを割り当てることは、ペースメーカー装着の内部障がい者にとっても有効である。

4.5.3 待ち時間について

多様な身体障がい属性にとって共通の、空いていると感じる乗車率のかごが来るのを待ってもよい時間の目安は、“推奨値44秒以下、許容値60秒以下”であった。エレベーターにおける長待ちの基準時間が60秒とされており、許容値60秒以下との結果は信頼できると言える。逆に、確実に空いているかごに乗りたいとの要求があっても、長く待っているとの感覚は、身体障がい者であれ、健常者であれ、変わらないと言える。

自力歩行者は、障がいの状況や杖の有無に関わらず、歩くよりも同じ場所に立ち続けることが身体的な負担であるとのコメントがあった。「エレベーターが来るのを長い時間待つことも身体的に負担なので、待つぐらいなら混んでいても乗る」と述べた者もいた。

4.5.4 制御方法のカスタマイズについて

本研究で示した制御方法の目安は、多様な身体障がい属性を網羅した、言わば標準的な指針である。身体障がいの状況は個人差が大きい。また、同じ利用者でも、時間帯や場面によって、要求仕様が変わる可能性もある。利用者が固定されることの多いオフィスビルの特性を活かし、セキュリティカードやスマートフォンなどの個人端末で、制御方法の使い分けや、カスタマイズが可能となることが理想である。自身の障がい状況やエレベーターの利用頻度等に関するアンケートに答えると、それに合った制御方法をすすめてくれる機能があってもよい。

4.5.5 従来方式のエレベーターとの比較

本実験でエレベーター行先予報システムを体験した実験参加者は、エレベーターホールで事前に行先階を登録できることについて、身体障がい属性を問わず利用しやすいものであることを高く評価した。狭いかご内に比べてスペースがあるため、操作盤の前にアプローチしやすく、立ち去りやすい。従来方式のエレベーターと異なり、行先階を登録する前に他の階から呼ばれてしまうことがなく、時間制限がないため、身体障がいの特性や程度に合わせた、自分のペースによる操作が可能である。

4.5.6 エレベーター行先予報システムにおける課題

本実験において、自分に身体障がいがあるために、他の人の迷惑となっているのではないかと気遣うコメントが多かった。エレベーター行先予報システムであっても、出勤の時間帯など混雑する時間帯においては、従来方式のエレベーターに比べて列は短いものの、乗場操作盤の前に列はできる。身体障がい者が乗場操作盤を操作中に、自分の後ろに人が並んでいると思うと、早く操作しなくてはと焦る可能性がある。また、エレベーターホールが混んでいると、乗場操作盤にアプローチしにくいことも予想される。前項にも記したが、スマートフォンなどの個人端末による操作を可能とすることが求められる。

本実験において、行先階登録時に、エレベーターホールに到着済みのかごが割り当てられた場合、既に扉が開いているのを見て、すぐに扉が閉まってしまうのではないかと、焦って移動する姿が観察された。身体障がい者を見分けて、戸開時間を延長する機能があるとよい。

退勤の時間帯やお昼休みなどでは、同じ階床にいる多数の利用者が、オフィスビルの出入口や食堂といった同一の行先階に向かう場合が多い。しかし、1名が自分と同じ行先階を登録

すると、それを見た他の利用者が行先階を登録せずに、「共連れ」でかごに乗り込む可能性がある。利用者数が正しくカウントできずに、空いたかごが配車されない可能性もあり、今後の課題である。

本実験では、かご内の混雑を気にしない視覚障がいの実験参加者が散見された。一方、予備調査の参加者1名は成人後の中途失明者で、空いていることに対する要求が高かった。実験では先天性の視覚障がい者が10名中7名であったことが結果に影響している可能性もあり、今後の課題である。

4.6 本章のまとめ

本章では、エレベーター行先予報システムの、多様な身体障がい者にとっての移動負荷を軽減する制御方法について検討した。ここでは、その結果から、屋内における、第3の人工物である自動化された移動システムによるふるまいを、多様なユーザにとって受け入れやすいものとするために、インタフェースの設計要件について検討する。

図4.15に、エレベーター行先予報システムを取り巻く移動空間の構成要素とそれぞれの関係性、および、ユーザにとって受け入れやすいインタフェースとするための要因について検討した結果を示す。矢印は情報の流れを示し、実線が従来の移動空間でもあった情報の流れ、点線が自動化により発生した情報の流れである。エレベーター行先予報システムを取り巻く移動空間は、移動主体である多様な身体障がい属性のユーザ、移動体であるエレベーターのかご、自動化された移動システムであるエレベーター行先予報システム、他の移動体である他の利用者、周囲の環境であるエレベーターホールなどの要素で構成される。

本研究で検討した関係性は、次のとおりである。移動主体である身体障がい者は、自動化された移動システムであるエレベーター行先予報システムに、行先階、および、身体特性を入力する。移動システムであるエレベーター行先予報システムは、入力された行先階および身体特性に加え、移動体であるエレベーターのかごの状況、および、周囲の状況であるエレベーターホールの状況に合わせて、移動主体である身体障がい者がエレベーターホールにおける移動負荷が少なくなるように、体の向きを変えず、かつ、短い移動距離で移動可能な、移動体であるかごを割り当てる。自動化された移動システムであるエレベーター行先予報システムは、移動主体である身体障がい者に乗るべきかごの号機を知らせる。そして、移動主体の移動負荷を減らして、短い乗車時間で行先階へ移動できるように、移動体であるかごを制御する。

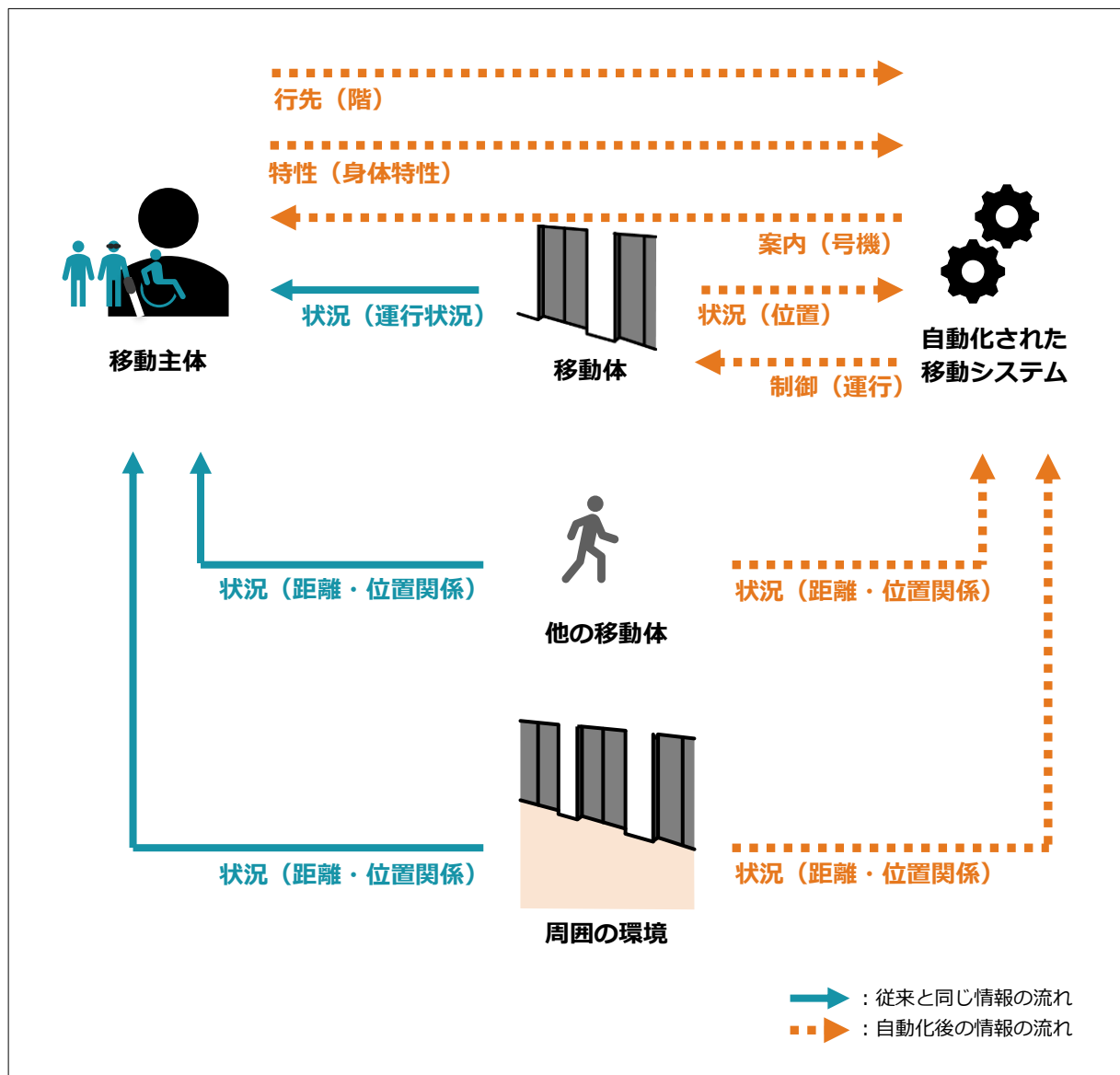


図 4.15 エレベーター行先予報システムを取り巻く移動空間の構成要素と関係性

移動主体である身体障がい者にとっての移動負荷を軽減する要因は、周囲の環境であるエレベーターホールにおける移動主体の移動経路となる、乗場操作盤の位置と割り当てられたかごとの距離や位置関係、エレベーターホールにおける他のユーザの有無、距離や位置関係である。割り当てられたかごが来るまでの待ち時間、および、割り当てられたかごの中における、他の利用者との距離、つまり、エレベーターのかごの乗車率も要因となる。これらの

影響の大きさは、移動主体である利用者の身体特性により異なる。具体的には、乗場操作盤から割り当てられたかごへの移動距離が短いこと、乗場操作盤で操作してから割り当てられたかごへ移動する際に、身体特性によっては体の向きを回転する動作の負荷が高いため、振り返り動作の必要性のない位置関係にあること、および、割り当てられたかごにおいて、乗車率が低く、隣の利用者との距離が離れていることが、移動主体である多様な身体障がい者にとって受け入れやすいインタフェースであった。

以上から、次のことが示唆された。屋内における、第3の人工物である自動化された移動システムによるふるまいを、多様な身体特性のある移動主体にとって受け入れやすいものとするためには、移動主体と移動体、移動主体と他の移動体、および、移動主体と周囲の環境との関係において、それぞれ移動距離や他のユーザとの距離、および、構成要素同士の位置関係を考慮することが重要である。このとき、移動主体であるユーザの身体特性も考慮する必要がある。

第5章 総括

5.1 本研究のまとめ

本研究では、屋外/屋内を問わず多様な人にとって移動しやすい社会を実現することを目標として、第3の人工物である自動化された移動システムのふるまいをユーザにとって受け入れやすい快適なものとするために、インタフェースの設計要件について、実環境における移動体験に基づいた実験をおこなうことにより実証的に検討した。

ユーザが主体となって操作する従来的人工物においては、ユーザビリティ向上の研究が主であり、人と人工物の関係性を検討すればよかった。一方、自動化された移動システムにおいては、移動空間におけるユーザとシステムの関係性だけでなく、他の移動体や周囲の環境を含めた、移動システムが取り扱う構成要素全体を考慮して人の快適な移動を検討する必要がある。

第1章では、本研究の課題と目的、関連研究、および、本論文の構成について述べた。

第2章では、ユーザに道案内のための情報を提供するカーナビゲーションシステムを事例とした。高度なセンシング技術を搭載した自動化された移動システムが運転者に提供する道案内を、運転者にとってわかりやすいインタフェースとするための設計要件について、人による道案内とカーナビによる道案内により市街地を実走行する実験によって検討した。その結果、自動化された移動システムがユーザにとってより快適な道案内の情報を提供するためには、移動システムが移動体の位置情報だけではなく、視線や認知負荷といった移動主体の状態に合わせて、移動主体が目印となるものを視認できるタイミングで道案内をする、複数の情報、例えば、道路形状と道路標識を組み合わせて案内することで行動地点を特定しやすくするなど、移動主体、および、移動体と他の移動体や周囲の環境との距離や速度、位置関係といった状況を考慮したインタフェースとすることが重要であることを実証的に明らかにした。

第3章では、運転者に代わって自動運転車両を制御する自動運転システムを事例とした。自動化された移動システムによるふるまいを、運転者や歩行者にとって不安を感じさせないインタフェースとするための設計要件として、自動運転車両と回避すべき障害物間の距離に着目した。模擬的な自動運転車両を用いた実験環境を構築し、実際に障害物を回避する実走行を体験する実験により、インタフェースの設計要件を検討した。その結果、自動化された移動システムが制御した結果を運転者にとって受け入れやすいものとするためには、移動主

体と他の移動体、および、移動主体と周囲の環境との関係性において、構成要素間の距離や速度、位置関係といった状況について考慮することが重要であること、さらに、運転者であるか歩行者であるかという視点の違いや、運転者の自分の運転に対する自信の有無といった、移動主体の特性も考慮する必要があることを実証的に明らかにした。

第4章では、事前に乗るべきかごを割り当て輸送効率を向上させる、エレベーター行先予報システムを事例とした。自動化された移動システムのふるまいにより、多様な身体障がい属性にとっての身体負荷を軽減するインタフェースの設計要件について、他の利用者のいるエレベーターの実環境を模して、その空間における移動を体験する実験により検討した。その結果、エレベーターホールにおける快適な移動、および、快適なかご選択と待ち時間とするためには、移動主体と移動体、移動主体と他の移動体、および、移動主体と周囲の環境との関係において、近くのかごを割り当てることで移動主体の移動距離を短くしたり、移動主体が他の利用者に接触して転倒することを防いだりする、移動主体が振り向かずに移動できる位置関係にあるかごを割り当てることで、移動主体がバランスを崩して転倒することや移動主体の方向感覚が失われることを防ぐ、空いたかごを割り当てることで移動主体が壁に寄りかかったり、乗り込むスペースを確保できたりするなど、構成要素同士の位置関係、および、移動主体の身体特性を考慮する必要があることを実証的に明らかにした。

以上の結果から、図 5.1 に、屋内外における第3の人工物である自動化された移動システムを取り巻く移動空間の構成要素と関係性、および、受け入れやすさの要因を示す。自動化された移動システムにおいては、屋外/屋内を問わず、移動主体が多様な属性であっても、移動主体と人工物間の関係性だけでなく、他の移動体や周囲の環境の状況との関係性、速度や距離、位置関係を用いることにより快適な移動が実現されることを示した。これは、人の情報処理過程4段階モデルに対応する、情報の取得、情報の分析、判断および行為の選択、行為の実行のうちのどれに対応する機能であっても同様である。このとき、移動主体である人の視線の先にあるものや認知的負荷といった、移動主体の状態を把握し合わせることも重要である。従来の第2の人工物である認知的人工物においては、インタフェースを検討する際に対象となる人は、運転者やユーザといった人工物を直接操作する人であった。図 5.1 の青い線が示す情報の流れを見ればよかった。一方、第3の人工物である自動化された移動システムでは、行為を実行するユーザだけではなく、移動体に乗っていて、運転席には着座しているが操縦はしていない自動運転車両の運転者や他の移動体である歩行者といった、第2の人工物では対象とならなかった人も、受け入れやすさを考慮すべき対象者とする必要があることを示した。平松ら(2018)は自動化した移動システムのふるまいを、移動主体の経験に基づいた個人の特性に適合させることを提案しているが、本研究では移動主体だけではなく、

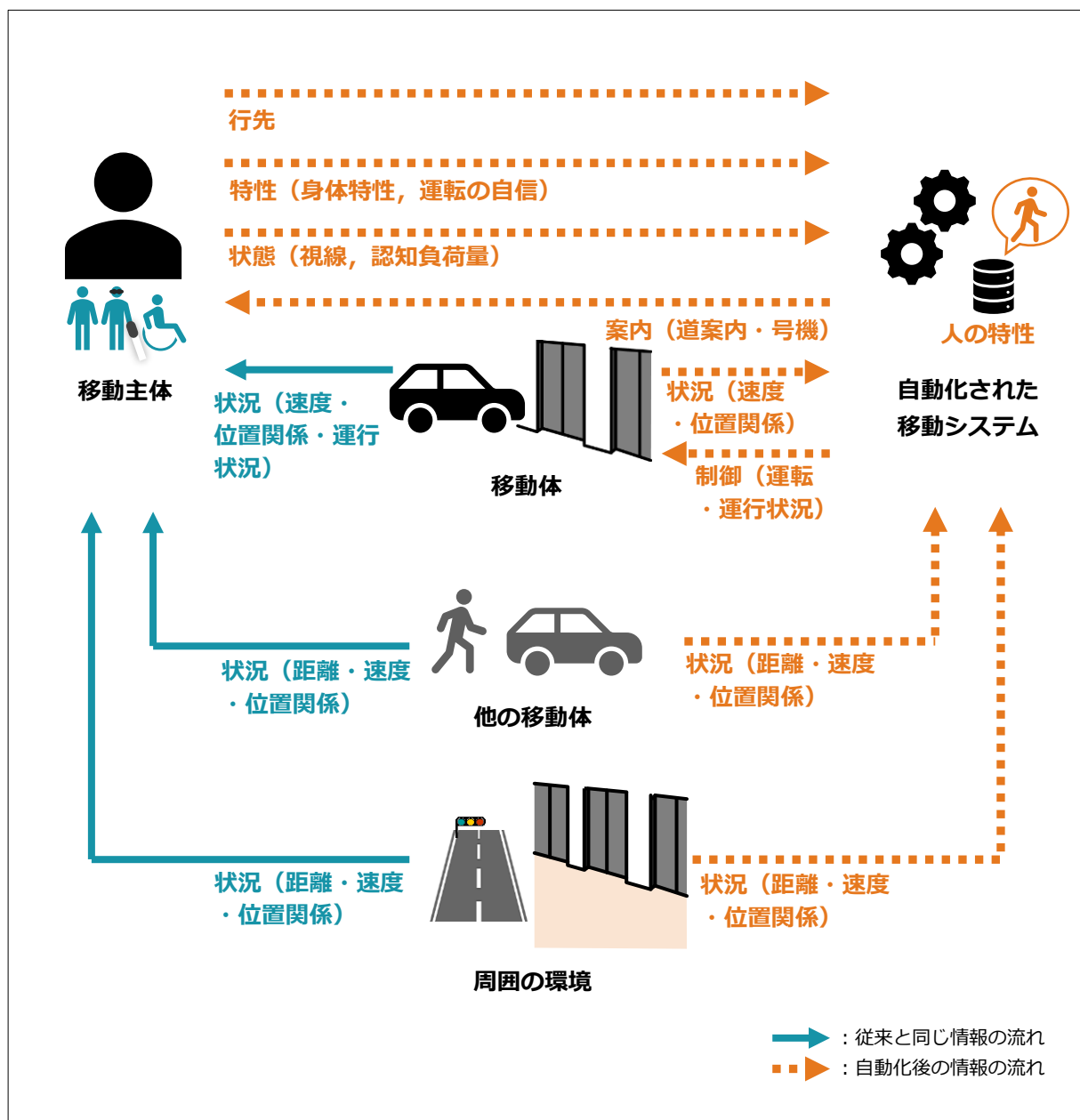


図 5.1 第 3 の人工物である自動化された移動システムを取り巻く移動空間の構成要素と関係性

他の移動体としての歩行者の視点も考慮すべきであることを示した。さらに、本研究で示した、自動運転車への接触が増えて自動運転における回避距離に慣れるまでは、従来の手動運転の経験が判断のベースになる可能性について示したことは、平松ら(2018)の先行車との車間距離を手動運転と同じとすることで、運転者である乗員の不安を低減できる可能性を示している点と主張が一致する。

図 5.1 のオレンジ色の点線が自動化された移動システムを取り巻く移動空間で新しく生じた情報の流れであり、この点線で結ばれた構成要素同士の関係性を検討することが重要である。

本研究においては、多様な身体障がい属性であっても共通の制御とすることで、多様な移動主体の不安感を低減させ、快適な移動を実現する可能性について示した。多様な人たちが共生する移動空間では個人に適合させるだけではなく、多様な人の感覚を取り入れることが重要である。これは、身体的な特性による違いだけではない。自分の運転に対する自信の有無によって不安を感じない制御は異なることから、移動主体の意識の違いも含まれる。

本研究の結果が、屋外/屋内を問わず、多様な人にとって移動しやすい社会を実現の一助となり、SDGs の要件である持続可能な開発の実現につながることを期待される。

さらに、本研究では、実際の移動空間もしくは実際の移動空間を模擬した実験環境を構築し、移動を実体験させた。高度なセンシング技術が実現したときのカーナビゲーションシステムについては、公道における実走行実験を実施した。完全自動運転については、自動運転を模擬した車両を用いて、あたかもシステムがしているように人が制御する WOZ(Wizard of Oz)法により、実走行環境における障害物の回避実験を実施した。エレベーターの行先予報システムについては、実寸大のエレベーターのかご、および、エレベーターホールを用い、かつ、他の利用者がダイナミックに移動する環境を再現して実験を実施した。シミュレータ環境を用いた実験と異なり、実験参加者に他の移動体や周囲の環境の存在や動き方、見え方、圧迫感、加速度といった感覚を実感させることが可能となった。自動化された移動システムのインタフェースを検討するには、こうした実環境下で実験をおこなうことの重要性を示したと言えよう。

5.2 今後の研究課題

今後センシング技術や制御技術がますます高度化し、より多くの場面で移動システムの自動化が進み、情報の獲得や情報の分析、および、制御をシステムが肩代わりすることになるであろう。移動システムがより多くの情報を得て移動支援情報としてユーザに提供するとき、

あまりにも多くの情報が同時に提供されると、人はせっかく得た情報を処理し切れなくなることが予想される。情報提供の方法、タイミングや長さ、情報量、呈示順序、モーダルの種類などが課題となる。一方で、情報量は少ないほどよいが、2つの事象についての警告表示において、1つずつ警告を表示すると、表示が切り替わることにより、先に表示された危険事象は消失したと勘違いするとの報告もある(大谷・岩城・中村, 2011)。移動という状況が常に変化する場面においては、実環境、または、実環境を模擬した実験環境を用いることが有用であるが、さまざまな状況を想定する必要がある課題である。

将来完全自動運転技術が確立したとしても、すべての機能が自動化される訳ではない。例えば、図 5.1 に示した行先の入力はなくならないであろう。近くの鉄道駅に行くことは容易に入力できたとしても、その途中で車窓から偶然目に入った桜並木を見に戻りたいと思ったときに、移動システムに瞬時に行先の変更をどのように伝えるのか。そうしたインタフェースのあり方については議論されておらず、今後の課題である。

福田・原田・奥村(2018)が指摘しているように、自動化された移動システムによる高齢者の移動支援のあり方も課題である。自動車運転は加齢により影響を受ける (Bunce, Young, Blane, & Khugpath, 2012; 松室・三輪・原田・須藤・富田・牧口・繆, 2018)。現在社会問題化している高齢ドライバーによる制御ミスの原因とする自動車事故について、免許を返納することで解決が図れるという考え方がある。一方で、高齢になるほど自分の身体機能の制限から移動体を手放せないという事情や、ユーザ自身が制御したいという気持ちもある。完全自動運転システムが実現するまでの間、高度センシング技術を搭載した移動システムを用いて、高齢者の認知機能や行動制御を適切に支援することで自動車運転は可能となると考えられる。高齢になるほど能力の個人差が大きくなること、日や時間帯によっても差があると言われており、ドライバー個人の認知・運動レベルを正確に測り、能力やその場面に合った支援とすることが課題である。

本研究では図 5.1 に示した、自動化された移動システムを取り巻く移動空間の構成要素とそれぞれの関係性について検討した。しかし、対象とした移動システムや場面はごく一部であり、新たに生じた関係性がオレンジの線だけであるか、また、どのようなものがあるかについては未検討であり課題である。

参考文献

- 阿部 隆志・中尾 和日子・池田 恭一 (2003). 視覚障害者を対象にしたエレベーター操作盤の表示. 東芝レビュー, **58**(10), 13-16.
- 赤松 幹之・北崎 智之 (2015). 人と自動運転システムとのインタラクションにおけるヒューマンファクタの課題. 自動車技術, **69**(12), 66-72.
- Bunce, D., Young, M. S., Blane, A., & Khugpath, P. (2012). Age and inconsistency in driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, **49**, 293-299.
- Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1983). *The psychology of human-computer interaction*. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- De Winter, J. C. F., Happee, R., Martens, M. H., & Stanton, N. A. (2014). Effects of adaptive cruise control and highly automated driving on workload and situation awareness: A review of the empirical evidence. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, **27**, 196-217.
- 船引 浩平 (2019). 航空機における安全リスクと対策—自動車との比較の試み—. 自動車技術, **73**(3), 54-60.
- 外務省 (発行年不明). JAPAN SDGs Action Platform. Retrieved from <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html> (2019-07-07 参照)
- 福田 亮子・原田 文雄・奥村 太作 (2018). 超高齢社会を支えるクルマのあり方：その人らしさに深く寄りそう車を目指して. 認知科学, **25**, 259-278.
- 平松 真知子・張 化先・根本 英明・伊藤 勇希・山崎 勝・寸田 剛司 (2018). 自動走行における運転スタイル個人適応手法の提案. 自動車技術会論文集, **49**, 818-824.
- 本間 亮平・若杉 貴志・小高 賢二 (2016). 高度自動運転における権限移譲方法の基礎的検討 —自動運転時の覚醒度低下や運転以外の作業と権限委譲時のドライバ対応行動—. 自動車技術会論文集, **47**, 537-542.

- 本間 亮平・若杉 貴志・小高 賢二 (2017a). 高度自動運転における権限委譲方法の基礎的検討 (第2報) - 運転以外の作業種類による比較 -. 自動車技術会論文集, **48**, 127-132.
- 本間 亮平・若杉 貴志・小高 賢二 (2017b). 高度自動運転における権限委譲方法の基礎的検討 (第3報) - 報知方法とドライバの対応行動 -. 自動車技術会論文集, **48**, 909-914.
- 本間 亮平・若杉 貴志・小高 賢二 (2018). 高度自動運転における権限委譲方法の基礎的検討 (第4報) - 運転以外の作業種類と作業画面への TOR 表示有無によるドライバ対応行動の比較 -. 自動車技術会論文集, **49**, 396-402.
- 本間 亮平・若杉 貴志・小高 賢二 (2019). 高度自動運転における権限委譲方法の基礎的検討 (第5報) - システム故障に起因した TOR 時の制御方法と表示方法の違いによるドライバ対応行動の比較 -. 自動車技術会論文集, **50**, 517-523.
- 池田 恭一・門並 秀樹・坪井 英樹・西村 秀和 (2012). 省エネ性, 環境性, 及び据付け・保守作業性を向上させユニバーサルデザインを取り入れたエレベーターかごシステム. 東芝レビュー, **67**(11), 12-15.
- Inagaki, T., Moray, N., & Itoh, M. (1998). Trust, Self-Confidence and Authority in Human-Machine Systems. *7th IFAC Symposium on Analysis, Design and Evaluation of Man Machine Systems (MMS'98)*. Kyoto, Japan, 431-436.
- 稲垣 敏之 (2007). 運転支援とセンシング: 進化がもたらす新たな課題. 自動車技術, **61**(2), 16-21.
- 稲垣 敏之 (2008). 自動化による安全性の向上: ヒューマンファクタの視点からの考察. 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ Fundamentals Review, **2**(2), 20-30.
- 稲垣 敏之 (2010). 人と機械の協調における安全と安心 - 人間中心の自動化の視点からの考察 -. 日本交通科学協議会誌, **9**, 11-20.
- 稲垣 敏之 (2019). 自動運転における人と機械の役割と協調に関する検討課題. 自動車技術, **73**(3), 4-9.
- 石橋 基範・大桑 政幸・土居 俊一・赤松 幹之 (2008). 運転スタイルの指標化と追従運転行動. 自動車技術会論文集, **39**, 121-126.

- 石川 准・長瀬 修編著 (1999). 障害学への招待－社会, 文化, ディスアビリティ. 東京: 明石書店.
- ISO 13407:1999 (1999). Human-Centered Design Processes for interactive systems.
- ISO 9241-11:2018 (2018). Ergonomics of human-system interaction--Part 11: Usability: Definitions and concepts.
- ISO 9241-210:2010 (2010). Ergonomics of human-system interaction--Part 210: Human-centred design for interactive systems.
- ISO 9241-210:2019 (2019). Ergonomics of human-system interaction--Part210: Human-centred design for interactive systems.
- Iwamoto, H., Asakura, K; Kido, E., & Matsuda, K. (2006). Universal Design of Mitsubishi's Machine-Room-Less Elevator "AXIEZ". *Proceedings of The 2nd International Conference for Universal Design in Kyoto 2006*, O-114, 1-6.
- 自動車技術会(2018). JASO TP 18004:2018 自動車用運転自動化システムのレベル分類及び定義.
- 海保 博之・黒須 正明・原田 悦子著 (1991). 認知的インタフェース－コンピュータとの知的つきあい方. 東京: 新曜社.
- 川口 健一・中西 厚太・小野田 洋・西村 秀和 (2017). ユニバーサルデザインの適用で快適な移動空間を提供するエレベーター. 東芝レビュー, **72**(2), 32-35.
- 河内 まき子 (2014). 特集①: 分野別人間工学の現状と将来 (7) - 人体寸法データベースの活用 -. 人間工学, **50**, 158-163.
- 木部 哲治・池田 恭一・中尾 和日子 (2007). エレベーターのユニバーサルデザイン. 東芝レビュー, **62**(5), 14-17.
- 城戸 恵美子・新垣 紀子・青山 征彦・朴 信映・河原 健太 (2017). 車の運転中に感じる不安要素. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017 論文集, 269-272.
- 城戸 恵美子・山崎 友賀・稲田 雅之 (2018). エレベーター行先予報システムにおける誘導音の開発. 日本福祉のまちづくり学会全国大会 2018, 277-280.

- 岸 浩司, 赤松 幹之, 遠藤 照昌 (2017). 自動運転中の運転への準備レベルについての一考察 – 協見行動とタスクダイヤモンドによる通常運転への復帰時間の予測 –. 自動車技術会論文集, **48**, 903-908.
- 児島 亨・廣瀬 敏也・竹内 俊裕・波多野 忠 (2018). 歩車間及び車車間通信を活用した自動走行システムのドライバ受容性に関する基礎的研究. 自動車技術会論文集, **49**, 1080-1086.
- 児島 亨・波多野 忠 (2019). 高速道路上で自動運転システムを使用中の安全な運転操作引継ぎに関する実験的研究 – 運転操作を引き継いだ直後に危険事象に遭遇した場合 –. 自動車技術会論文集, **50**, 870-876.
- 国際連合広報センター (2019). SDGs のロゴ. Retrieved from https://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/sdgs_logo/ (2019-11-28 参照)
- 厚生労働省(発行年不明). 障害者雇用促進法の概要. Retrieved from <https://www.mhlw.go.jp/content/000363388.pdf> (2019-08-04 参照)
- 厚生労働省(発行年不明). 障害者の雇用の促進等に関する法律の一部を改正する法律の概要. Retrieved from <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11600000-Shokugyouanteikyoku/0000121387.pdf> (2018-01-22 参照).
- Kubota, T. (2006). Really? Elevators that Automatically Recognize Visually Impaired Users! *The 2nd International Conference for Universal Design in Kyoto 2006*.
- 黒田 浩一・丸山 泰永・大森 啓史・北崎 智之・簗輪 要佑・稲垣 和芳・梶川 忠彦・北島 宗雄・赤松 幹之 (2012). ドライバにとって有益な情報の要因に関する一考察(第2報): – 情報の有益性を向上するための情報提供ルールの構築 –. 自動車技術会論文集, **43**, 141-146.
- 黒須 正明 (2013). 人間中心設計の基礎, HCD ライブラリー第1巻. 東京:近代科学社.
- 黒須 正明・伊東 昌子・時津 倫子 (1999). ユーザ工学入門 – 使い勝手を考える – ISO13407 への具体的アプローチ. 東京:共立出版.

- Lee, J., & Moray, N. (1992). Trust, control strategies and allocation of function in human machine. *Ergonomics*, **35**, 1243-1270.
- Li, S., Blythe, P., Guo, W., & Namdeo, A. (2019). Investigating the effects of age and disengagement in driving on driver's takeover control performance in highly automated vehicles. *Transportation Planning and Technology*, **42**, 470-497.
- Mace, R. (1985). Universal Design: Barrier Free Environments for Everyone. *Designers West*, **33**(1), 147-152.
- Ma, R., & Kaber, D. B. (2005). Situation awareness and workload in driving while using adaptive cruise control and a cell phone. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **35**, 939-953.
- 前田 健太・児島 隆生・横山 篤 (2016). 市街地での自動運転に向けた速度制御手法の開発.自動車技術会論文集, **47**, 955-960.
- 前田 正子・梁瀬 度子・花岡 利昌 (1969). 民具の人間工学的研究. 人間工学, **5**(2), 97-103.
- 前東 晃礼・三輪 和久・青山 宏文・鈴木 達也 (2018). 高度運転支援システムのユーザビリティ評価要因に関する検討. 認知科学, **25**, 310-323.
- 前東 晃礼・三輪 和久・寺井 仁 (2014). 自動化システムの使用と信頼の役割. 認知科学, **21**, 100-112.
- 丸山 泰永・黒田 浩一・加藤 和人・北崎 智之・蓑輪 要佑・稲垣 和芳・梶川 忠彦・北島 宗雄・赤松 幹之 (2009). ドライバにとって有益な情報の要因に関する一考察. 自動車技術会論文集, **40**, 537-543.
- 松室 美紀・三輪 和久・原田 悦子・須藤 智・富田 瑛智・牧口 実・繆 嘉傑 (2018). 自動車運転中の車載機器操作に加齢が与える影響：時間知覚と活性化拡散に着目したシミュレーションによる検討. 認知科学, **25**, 279-292.
- Melcher, V., Rauh, S., Diederichs, F., Widlroither, H., & Bauer, W. (2015). Take-Over Requests for automated driving. *Procedia Manufacturing*, **3**, 2867-2873.

- 簗輪 要佑・稲垣 和芳・梶川 忠彦・北島 宗雄・赤松 幹之・北崎 智之・黒田 浩一・丸山 泰永 (2008). ドライバーにとって気の利いた情報とは～実走行時の運転者と同乗者の自然対話の調査分析～. シンポジウムモバイル研究論文集 2008, 21-26.
- 宮脇 将志・城戸 恵美子・松田 和子 (2001). 三菱新機械室レスエレベーター”ELEPAQ-i”のユニバーサルデザイン. 三菱電機技報, **75**, 777-781.
- 内閣府政策統括官 (共生社会政策担当) 付障害者政策担当 (2016). リーフレット「合理的配慮」を知っていますか?, 内閣府. Retrieved from https://www8.cao.go.jp/shougai/suishin/pdf/gouriteki_hairyo/print.pdf (2018-01-22 参照).
- 中村 英夫・後呂 考亮 (2017). 自動運転に向けた周囲環境認識技術の研究開発. 自動車技術, **71**(2), 24-30.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Boston: Academic Press. (篠原 稔和監訳・三好 かおる訳 (2002). ユーザビリティエンジニアリング原論—ユーザーのためのインタフェースデザイン. 東京: 東京電機大学出版局.)
- 西村 秀和 (2015). 自動車の安全を考える. 安全工学, **54**, 153-157.
- 西山 敏樹 (2019). ユニバーサルデザインの未来⑧社会的合意を形成する「3C」. やさしい経済学, 日本経済新聞 7月3日付朝刊.
- Norman, D. A. (1986). Cognitive engineering. In D. A. Norman & S. W. Draper (Eds.), *User centered systems design*. Hillsdale, NJ: LEA.
- Norman, D. A. (1991). Cognitive artifacts. In J. M. Carroll (Ed.), *Designing interaction: Psychology at the human-computer interface*. New York: Cambridge University Press. (野島 久雄訳 (1992). 認知的な人工物. 安西 祐一郎・石崎 由紀雄・波多野 誼余夫・溝口 文雄(編), 認知科学ハンドブック, 東京: 共立出版, 52-64.)
- Norman, D. A. (2013). *The Design of Everyday Things*. Revised and Expanded Edition, Cambridge: The MIT Press. (岡本 明・安村 通晃・伊賀 聡一郎・野島 久雄訳(2015). 誰のためのデザイン? (増補・改訂版), 東京: 新曜社.)

- Oliver, M. & Sapey, B. (2006). *Social Work with Disabled People* (Third Edition), Palgrave Macmillan. (野中猛監訳・河口尚子訳(2010). 障害学にもとづくソーシャルワーク：障害の社会モデル, 東京：金剛出版, 第1章.)
- Ostroff, E. (2010). Universal Design: An Evolving Paradigm. In Wolfgang F. E. Preiser (Ed.) & Korydon H. Smith (Ed.), *Universal Design Handbook* (2nd ed., Chapter 1.). New York: McGraw-Hill.
- 大谷 亮・岩城 亮・中村 之信 (2011). インフラ協調安全運転支援システムの表示インターフェイスに関する検討 (第3報). *自動車技術会論文集*, **42**, 645-650.
- Parasuraman, R., & Riley, V. (1997). Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. *Human Factors*, **39**, 230-253.
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2000). A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics - Part A Systems and Humans*. **30**, 286-297.
- Retting, M. (1991). Nobody reads documentation. *Communications of the ACM* **34**(7), 19-24.
- Roto, V., Law, E., Vermeeren, A. & Hoonhout, J. (eds.) (2011). USER EXPERIENCE WHITE PAPER — Bringing clarity to the concept of user experience. <http://www.allaboutux.org/files/UX-WhitePaper.pdf> (2019-11-16 参照).
- SAE International (2016). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. SAE J3016:SEP2016.
- SAE International (2018). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. SAE J3016_201806.
- 佐生 優哉・遠藤 智季・大門 樹・水野 伸洋・吉澤 颯 (2019). ドライバーの意思決定による自動運転から手動運転への段階的解除方法 に関する研究 —LKA と ACC の解除間隔時間に基づく解除直後の運転操作と視認行動の比較—. *自動車技術会論文集*, **50**, 492-498.

- 嶋田 淳・河原 健太・城戸 恵美子・朴 信映・吉武 良治 (2017). 自動運転車両における運転者の不安感評価. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, **19**, 333-342.
- 嶋田 久美・羽山 和紀・岩崎 あゆ子・石橋 基範・大桑 政幸・赤松 幹之 (2001). 質問紙調査による運転スタイルの抽出とドライバータイプの特徴. *人間工学*, **37**(Supplement), 470-471.
- 新垣 紀子・野島 久雄 (2002). ナビゲーションにおける外界とのインタラクション：問題解決過程での認知地図の二重性. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, **4**(2), 19-26.
- 新村 文郷・川西 康友・出口 大輔・井手 一郎・村瀬 洋・藤吉 弘亘 (2017). 歩行者協通過時における歩行者属性と運転行動の関係に関する分析. *自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集*, 480-485.
- 篠原 一光 (2017). 現在の自動車交通の諸問題解決に向けた心理学的研究の貢献. *心理学評論*, **60**, 337-352.
- Story, M. F. & Mueller, J. L. (2010). Universal Design of Products. In Wolfgang F. E. Preiser (Ed.) & Korydon H. Smith (Ed.), *Universal Design Handbook* (2nd ed., Chapter 32.). New York: McGraw-Hill.
- 菅沼 直樹・米陀佳祐 (2017). 自動車の自動運転システムにおける交通環境認識. *自動車技術*, **71**(2), 42-47.
- 杉町 敏之・橋本 怜・須田 義大 (2016). ドライビングシミュレータを用いたトラックの隊列走行に対する一般車両の受容性の評価. *自動車技術会 2016 年春季大会学術講演会講演予稿集*, 96-101.
- 杉町 敏之・郭 鐘聲・須田 義大 (2019). トラックの隊列走行における安全確保のための HMI の役割. *自動車技術*, **73**(3), 34-41.
- 鈴木 桂輔・小田 蛍太・見市 善紀 (2015). ACC と車線逸脱防止支援機能を搭載した場合のドライバの運転特性. *自動車技術会論文集*, **46**, 145-152.
- 田平 博嗣・峯 淳子 (2004). 「人間カーナビゲーション」に関する一考察. *ケータイ・カーナビの利用性と人間工学シンポジウム研究論文集 2004*, 59-60.

- 高橋 誠 (2011). 第 11 章 複雑な人間-機械系における状況認識と安全・注意. 原田 悦子・篠原 一光編, 現代の認知心理学 4 注意と安全. 京都: 北大路書房, 251-252.
- 高橋 政代・國松 志保 (2019). 視野障害をもつ者に対する自動運転と高度運転アシストの役割. 自動車技術, **73**(3), 16-21.
- 谷山 健二・松田 和子・永田 絢子 (2016). エレベーター行先予報システムとタッチパネル式乗場操作盤の開発. Elevator Journal, **10**, 16-19.
- The Center for Universal Design (1997). The Principles of Universal Design, Version 2.0. Raleigh, NC: North Carolina State University.
- 坪井 英樹・小内 朝子・文屋 雅弘・森 哲哉 (2010). エレベーター液晶インジケータのカラーユニバーサルデザイン. 東芝レビュー, **65**(2), 15-18.
- 若松 正晴・澤田 久美子・野本 弘平 (2002). 三菱電機デザイン研究所におけるユーザビリティ活動. ヒューマンインタフェース学会誌, **4**, 207-212.
- 若松 正晴 (2005). ユーザビリティと評価法. ユニバーサルデザイン研究会編 新・ユニバーサルデザイン-ユーザビリティ・アクセシビリティ中心・ものづくりマニュアル, 東京: 日本工業出版, 27-40.

業績一覧

学術誌掲載論文

城戸 恵美子・新垣 紀子・青山 征彦・谷川 健二 (2019). エレベーター行先予報システムのユニバーサルデザイン. ヒューマンインタフェース学会論文誌, **21**, 211-224.

城戸 恵美子・新垣 紀子・青山 征彦・朴 信映・河原 健太 (2018). 市街地における運転者・歩行者の不安感を考慮した自動運転の検討. 認知科学, **25**, 293-309.

城戸 恵美子・新垣 紀子・青山 征彦・古本 友紀 (2017). 運転者状態と環境情報を利用する道案内: 人による道案内とカーナビゲーションシステムによる道案内の比較から. ヒューマンインタフェース学会論文誌, **19**, 319-332.

嶋田 淳・河原 健太・城戸 恵美子・朴 信映・吉武 良治 (2017). 自動運転車両における運転者の不安感評価. ヒューマンインタフェース学会論文誌, **19**, 333-342.

野本 弘平・城戸 恵美子・中村 芳知・早川 洋輔 (2007). テレビ番組と所望画質との関係の感性モデル. ヒューマンインタフェース学会論文誌, **9**(2), 57-69.

窪田 悟・山川 正樹・中村 芳知・野本 弘平・城戸 恵美子 (2007). 子供のテレビ視聴距離. 映像情報メディア学会誌, **61**, 234-236.

窪田 悟・嶋田 淳・岡田 想・中村 芳知・城戸 恵美子 (2006). 家庭におけるテレビの観視条件. 映像情報メディア学会誌, **60**, 597-603.

著書

三菱電機株式会社デザイン研究所編 (2001). こんなデザインが使いやすさを生む-商品開発のためのユーザビリティ評価. 工業調査会, 101-139.

国際会議

- Shimada, A., Kawahara, K., Kido, E., Park, S., & Yoshitake, R. (2017). Psychological evaluation experiment of driver in self-driving car. *Proceedings of The 2nd Asian Conference on Ergonomics and Design 2017*, G4-4, 532-535.
- Sakata, R., Morimoto, T., Kido, E., & Jingu, H. (2014). Measurement on the feeling of "Bikkuri" at danger warnings. *Proceedings of the AVEC'14 of 12th International Symposium on Advanced Vehicle Control*. Tokyo, Japan, 51, ThC2-4, 1-6.
- Sakata, R., Kido, E., & Morimoto, T. (2014). Study of Visual Recognition Ability of Content on Automobile Head-Up Displays in Elderly Subjects. *Proceedings of The 5th International Conference for Universal Design in Fukushima & Tokyo*, OP-022, 1-10.
- Iwamoto, H., Asakura, K; Kido, E., & Matsuda, K. (2006). Universal Design of Mitsubishi's Machine-Room-Less Elevator "AXIEZ". *Proceedings of The 2nd International Conference for Universal Design in Kyoto 2006*, O-114, 1-6.

解説

- 石川 泰・澤田 久美子・城戸 恵美子 (2005). 音声インタフェースの評価. 日本音響学会誌, **61**(2), 79-84.

技術報告

- 城戸 恵美子・樋口 博彦, 荒井 秀文, 冨森 健史, 澤田 久美子, 吉田 岳人, 若林 英美, 浅野 径子, 畠中 規, 藤記 拓也 (2007). 二画面ユニバーサルデザイン携帯電話の開発 -発案から商品化まで、上肢障がい者にも使いやすいケータイを目指して-. 日本リハビリテーション工学協会誌, **22**, 177-181.
- 窪田 悟・山川 正樹・中村 芳知・野本 弘平・城戸 恵美子 (2007). 子供のテレビ視聴距離. 映像情報メディア学会誌, **61**, 234-236.
- 朝倉 幸司・城戸 恵美子・松田 和子 (2005). 三菱標準形エレベーター"AXIEZ(アクシーズ)"のデザイン. 三菱電機技報, **79**, 633-636.

宮脇 将志・城戸 恵美子・松田 和子 (2001). 三菱新機械室レスエレベーター”ELEPAQ-i”のユニバーサルデザイン. 三菱電機技報, **75**, 777-781.

講演

城戸 恵美子・山崎 友賀・稲田 雅之 (2018). エレベーター行先予報システムにおける誘導音の開発. 日本福祉のまちづくり学会第 21 回全国大会, 277-280.

城戸 恵美子・新垣 紀子・青山 征彦・朴 信映・河原 健太 (2017). 車の運転中に感じる不安要素. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017 論文集, 269-272.

城戸 恵美子・香林 さやか, 佐藤 理朗, 太田 脩平, 結城 昭正 (2015). 車載用 3Dヘッドアップディスプレイの視認性評価. 日本人間工学会関東支部第 45 回大会, 1C4-3, 1-2.

城戸 恵美子・樋口 博彦・吉田 岳人・浅野 径子・畠中 規・藤記 拓也(2007). 二画面ユニバーサルデザイン携帯電話の開発. 第 22 回リハ工学カンファレンス講演論文集, 11-12.

鈴木 将高・羽原 亮・窪田 悟・中村 芳知・山川 正樹・野本 弘平・城戸 恵美子 (2007). 観視距離と照明環境が液晶テレビの好ましい輝度に及ぼす影響. 日本人間工学会第 43 回大会講演集, 292-293.

窪田 悟・羽原 亮・中村 芳知・山川 正樹・野本 弘平・城戸 恵美子 (2007). 平均画像レベル, 観視者の年齢, 照明環境を考慮した液晶ディスプレイの輝度制御に関する研究. 電子情報通信学会技術研究報告. IE, 画像工学, **106**(537), 35-40.

樋口 博彦・城戸 恵美子・澤田 久美子・富森 健史・吉田 岳人・若林 英美 (2006). 初心の高齢者にも使える携帯電話インタフェースの試作. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006, 465-468.

城戸 恵美子・樋口 博彦・荒井 秀文・吉田 岳人・若林 英美・畠中 規・藤記 拓也(2006). 二画面ユニバーサルデザイン携帯電話の試作機開発. 第 21 回リハ工学カンファレンス, 187-188.

窪田 悟・嶋田 淳・山川 正樹・中村 芳知・城戸 恵美子 (2006). テレビ映像の明るさ制御が視覚疲労の軽減に及ぼす効果. 日本人間工学会第 42 回大会講演集, 426-427.

- 城戸 恵美子・沢田 久美子・樋口 博彦・荒井 秀文・富森 健史・吉田 岳人・若林 英美 (2006). 二画面ユニバーサルデザイン携帯電話試作機の開発. ロボティクス・メカトロニクス講演会 2006, 講演概要集, 2P2-A26, 1-2.
- 野本 弘平・城戸 恵美子・中村 芳知・早川 洋輔 (2006). テレビ番組と所望画質との関係の感性モデル. 電子情報通信学会技術研究報告, SIS, スマートインフォメディアシステム, 49-54.
- 窪田 悟・澤 裕記・山川 正樹・中村 芳知・城戸 恵美子 (2006). 照明環境と観視者の視覚特性を考慮した液晶テレビの輝度制御に関する研究. 電子情報通信学会技術研究報告, IE, 画像工学, **105**(610), 65-70.
- 城戸 恵美子・沢田 久美子・樋口 博彦・荒井 秀文・富森 健史・吉田 岳人・飯島 浩 (2005). 2画面ユニバーサルデザイン携帯電話試作機開発の取り組み. ATAC カンファレンス 2005 京都, 145-146.
- 窪田 悟, 嶋田 淳, 岡田 想, 中村 芳知・城戸 恵美子 (2005). 家庭におけるテレビの観視条件の実態調査. 第1回デジタルコンテンツシンポジウム.
- 城戸 恵美子・佐藤 理朗, 若松 正晴 (2005). エレベーター戸開閉ボタンの識別しやすさ. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2005, 819-822.
- 嶋田 淳・岡田 想・窪田 悟・中村 芳知・城戸 恵美子 (2005). テレビの観視距離と角度の実態調査液晶テレビの視野角設計の基礎データ. 日本人間工学会第41回大会講演集, 186-187.
- 佐藤 祥子・城戸 恵美子・沢田 久美子・今井 智子・坂本 仁美・渡辺 真敏佳 (2005). 家庭洗濯に関する意識と行動に及ぼすライフスタイルの影響. 日本家政学会第57回大会, 35.
- 佐藤 祥子・城戸 恵美子・沢田 久美子 (2004). 衣類乾燥機の受容性に関する調査研究. 日本家政学会第56回大会, 85.
- 佐藤 祥子・沢田 久美子・城戸 恵美子・井上 勝雄 (2003). 家電製品の操作パネルの見やすさに関する研究. 日本家政学会第55回大会, 101.

- 佐藤 祥子・沢田 久美子・城戸 恵美子 (2003). 主婦・高齢者の携帯電話の利用について. シンポジウム「ケータイ・カーナビの利用性と人間工学」2003 研究論文集, 143-148.
- 宮脇 将志・城戸 恵美子・沢田 久美子 (2003). エレベーター操作盤のユニバーサルデザイン. 第2回交通バリアフリーシンポジウム.
- 石川 泰・鈴木 忠・河原 健太・城戸 恵美子 (2002). 音声認識の車載機器への応用とその評価. 第3回システムインテグレーション部門講演会, 2A61-06, 77-78.
- 沢田 久美子・城戸 恵美子 (2002). エレベーターのユニバーサルデザイン開発. ロボティクス・メカトロニクス講演会 2002 講演概要集, 1A1-C01, 18.
- 城戸 恵美子・沢田 久美子・野本 弘平 (2001). エレベーター凸文字ボタンの評価. 第17回 ファジィ・ワークショップ in 佐久, 43-46.

その他の講演

- 2016年11月 (招待講演) 第6回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム.
チュートリアル: 認証のユーザビリティを考える.

受賞歴

- 2019年9月 日本認知科学会 2018年度奨励論文賞
城戸 恵美子・新垣 紀子・青山 征彦・朴 信映・河原 健太 (2018). 市街地における運転者・歩行者の不安感を考慮した自動運転の検討. 認知科学, **25**, 293-309.
- 2018年12月 日本福祉のまちづくり学会第21回全国大会 大会優秀賞
城戸 恵美子・山崎 友賀・稲田 雅之 (2018). エレベーター行先予報システムにおける誘導音の開発. 日本福祉のまちづくり学会第21回全国大会, 277-280.
- 2007年10月 2007年度グッドデザイン賞 ユニバーサルデザイン賞 [経済産業大臣賞]
樋口 博彦・城戸 恵美子・荒井 秀文, エヌ・ティ・ティ・ドコモ フォーマ D800iDS [タッチパネルを用いた可変インタフェースによる携帯電話でのユニバーサルデザインの取組]