

自転車利用者の注視挙動に関する基礎的研究

儀同, 聡 / GIDO, Satoshi

(発行年 / Year)

2011-03-24

(学位授与年月日 / Date of Granted)

2011-03-24

(学位名 / Degree Name)

修士(工学)

(学位授与機関 / Degree Grantor)

法政大学 (Hosei University)

2010 年度 修士論文

自転車利用者の注視挙動に関する 基礎的研究

指導教員：宮下清栄 教授

法政大学大学院 工学研究科
建設工学専攻 修士課程

09R5110 儀同 聡

自転車利用者の注視挙動に関する基礎的研究

儀同 聡

近年、環境負荷の低減や交通渋滞の緩和、さらには健康増進といった効果も期待できる交通手段として自転車への注目が高まっている。しかしその一方で、我が国の自転車利用環境は、自転車事故や放置自転車問題、自転車走行空間の不足といった多くの課題を抱えており、とりわけ、ここ数年の間に急増した自転車事故は大きな社会的問題となっている。自転車利用者が過失の大きい第1当事者となる交通事故の多くは、安全不確認や動静不注視などの自転車利用者の認知・判断ミスによって引き起こされていることが明らかになっている。しかし、自転車利用者の認知・判断と関わりのある注視挙動については研究の蓄積が少なく、自転車利用者の性格や走行条件等との関係性については明らかにされていない部分が多い。

そこで本研究では、アイマークレコーダを用いた屋外実験を実施し、情報エントロピーの概念等を用いて自転車利用者の注視挙動に関する基礎的知見を得ることを目的とした。特に、街路構成要素や歩行者の有無との関連性を分析し、さらに自転車利用者の性格との関係性を明らかにすることを目的とした。

本研究より得られた主な結果は以下の通りである。

- (1) 注意の集中の度合いは走行区間の違いだけでなく、進行方向の違いによっても影響を受ける。
- (2) 注視回数と注視時間の積で表される情報量は、道路空間の混雑度が増すにつれて大きくなる傾向がある。また、混雑度が大きい場所では被験者間の注視挙動に大きな差は生じにくい。
- (3) 道路空間の混雑度が大きい場所では、注視点分布のばらつきが小さくなる。
- (4) 注視点分布のばらつきが小さい人は、危険運転や無謀運転をしやすい性格を有している。

FUNDAMENTAL STUDY ON FIXATION BEHAVIORS OF CYCLISTS

Satoshi GIDOH

In recent years, the attention to a bicycle is rising as the reduction of the environmental load and alleviation of the traffic jam, besides, the effect of a health promotion.

However, on the other hand, the bicycle use environment of our country holds a many problems such as bicycle accident, illegally parked bicycle, and the lack of the bicycle roads, especially, the bicycle accident that increases rapidly during several years is a big social problem. It is clear that many of traffic accidents that cyclists becomes the 1st person with the big fault are caused by the lapse of the cognition and the judgment of cyclists such as a non-checking safety and a no movement fixation. There is little accumulation of the study on fixation behaviors of the cognition and the judgment, and there are many parts which are not clarified about the relationship with character or the driving condition of cyclists.

So, in this study, the outdoor experiment with the eye mark recorder was conducted, and it aimed at acquiring the fundamental knowledge about fixation behaviors of cyclists with the concept of an information entropy etc. Especially, it analyzed relevance with a street constituent factor and the existence of pedestrians , and to clarify the relation to cyclist's character in addition.

The main results obtained in this study are as follows.

- (1) The degree of the concentration of attention is influenced by not only the difference of running section but also the difference of direction.
- (2) The volume of information shown by the product at the fixation time and the number of fixations tends to grow as the congestion degree of the road space increases.
Moreover, In the place where a congestion degree, it is hard to produce the big difference of the fixation behaviors between subjects.
- (3) In the place where a congestion degree of road space is big, unevenness of the fixation point distribution shrinks.
- (4) As for the person with a small unevenness of fixation point has the character that does a dangerous driving and a rush driving easily.

目次

第1章 序論

1.1 研究背景・目的	1
1.2 研究方法	3
1.3 既往研究レビュー	4
1.4 自転車を取り巻く現状と課題	8

第2章 対象地域の現況把握

2.1 対象地域の地勢	11
2.2 道路現況	12
2.3 土地利用現況	15
2.4 自転車事故現況	17
2.5 自転車利用現況	19
2.6 コミュニティサイクル社会実験	22

第3章 人間の視覚機能と眼球運動の計測原理

3.1 人間の目の動き	26
3.2 人間の視覚機能	27
3.3 眼球運動の計測原理	28
3.4 眼球画像の取得方法	29

第4章 眼球運動計測実験

4.1 アイマークレコーダの概要	30
4.2 アイマークレコーダの調整	31
4.3 被験者の選定	32
4.4 実験場所の選定	32

第5章 データ処理

5.1 データ処理の流れ	34
5.2 分析範囲の設定	36
5.3 アイマーク取得精度の検証	38
5.4 注視点データの抽出	39
5.5 サッカードの抽出	42

第 6 章 注視挙動分析

6.1 凝視度-----	43
6.2 注視対象と注視時間の関係-----	45
6.3 注視対象と注視回数の関係-----	47
6.4 注視回数と注視時間の関係-----	51
6.5 情報エントロピーによる注視点分布評価-----	54
6.6 被験者の性格と注視挙動の関係-----	57
6.7 サッカー発生頻度-----	60

第 7 章 結論

7.1 結論-----	61
7.1 今後の課題-----	62

引用文献-----	63
-----------	----

参考文献-----	65
-----------	----

謝辞

第 1 章 序論

- 1.1 研究背景・目的
- 1.2 研究方法
- 1.3 既往研究レビュー
- 1.4 自転車を取り巻く現状と課題

1.1 研究背景・目的

自転車は、子供から高齢者まで多くの人々が利用できる最も身近な交通手段の一つであり、通勤・通学、買物、レジャーなど様々な目的で利用されている。近年は、環境負荷の低減や交通渋滞の緩和、さらには健康増進といった効果が期待できる交通手段としても注目されており、今後、自転車の果たす役割はよりいっそう大きくなると予想される。

しかしながら、我が国の自転車走行空間に目を向けてみると、自転車道や自転車レーンといった自転車専用の走行空間はほとんど整備されておらず、自転車は歩道もしくは車道の路側帯を他の交通手段と共用するかたちで走行しているのが現状である。そのため、鉄道駅周辺や学校などの自転車が大量に集中する地区においては、自転車同士、もしくは自動車や歩行者との錯綜が生じ、いずれの交通主体にとっても危険な状況となっている。

自転車は本来、道路交通法において軽車両として位置付けられていることから、原則として車道を走行することとなっている。また、平成 20 年 6 月 1 日の道路交通法の改正によって普通自転車の歩道通行可能要件がより明確に示されたことにより、①道路標識等で歩道通行可の指定がされている場合、②運転者が 13 歳未満の児童・幼児である場合、③運転者が 70 歳以上の場合、④運転者が身体に障害のある場合、⑤車道又は交通の状況からみてやむを得ない場合を除き、自転車は原則として歩道を走行することができなくなった。しかし、車道空間が狭い我が国では、自動車との交通事故防止の観点から多くの歩道が自転車通行可の指定を受けてきたため、自転車の歩道走行は常態化してしまっている。そのため、歩道上では自転車と歩行者の錯綜による交通事故が急増し、自転車対歩行者事故は 10 年前に比べて約 366%増加している（図 1.1-1）。平成 21 年の警察庁の資料¹⁾によると、自転車乗用車が第 1・第 2 当事者である交通事故の多くは、安全不確認や動静不注視など、自転車利用者側の認知・判断ミスによって引き起こされていることが明らかになっている（図 1.1-2）。しかし、自転車利用者の注視挙動に関する研究の蓄積は少なく、自転車利用者の性格や走行条件等との関係性は明らかにされていない。

そこで本研究では、アイマークレコーダを用いた屋外実験を実施し、自転車利用者の注視挙動に関する基礎的知見を得ることを目的とした。特に、街路構成要素や歩行者の有無による注視挙動の関連性を抽出し、更に自転車利用者の性格と注視挙動の関係について明らかにすることを目的とした。

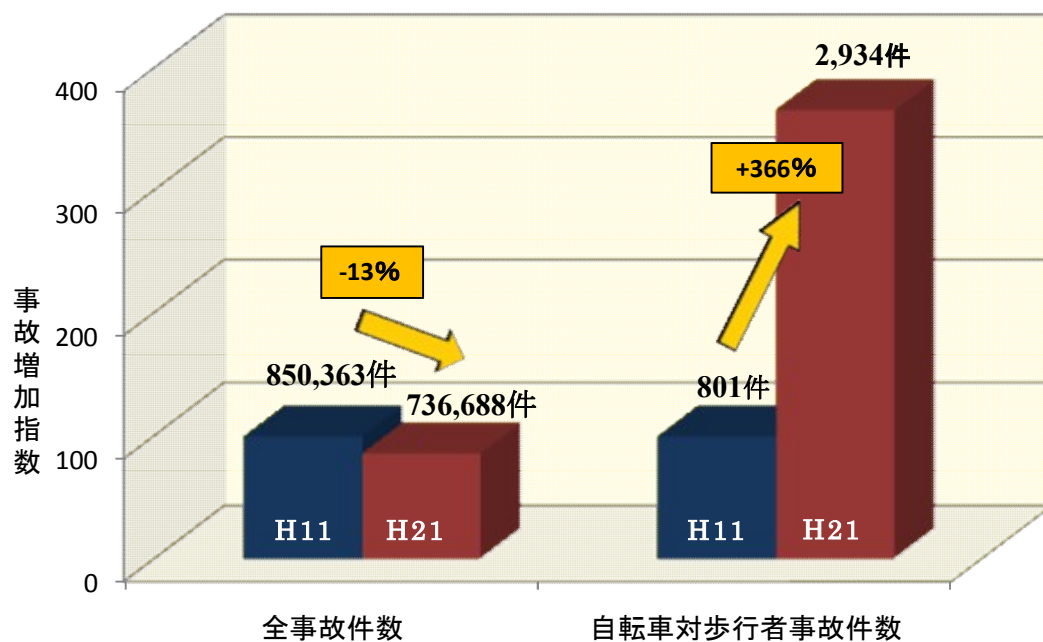
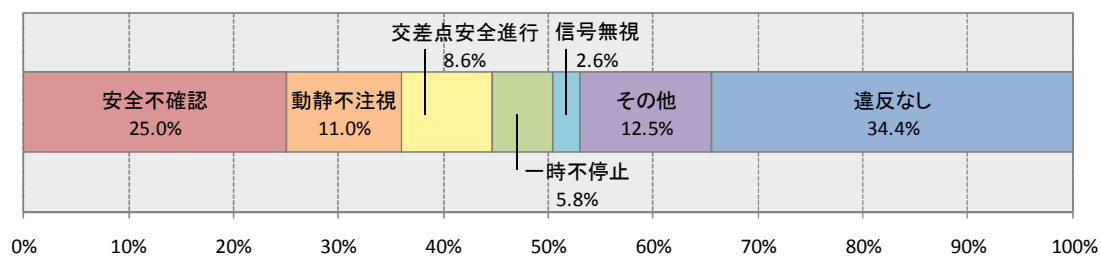


図 1.1-1 全事故件数および自転車対歩行者事故件数の推移

注：事故増加指数は H11 年の事故件数を 100 とした値である。

出典：警察庁資料¹⁾を基に作成



自転車が第 1・第 2 当事者の交通事故死傷者数：153,099 人

図 1.1-2 自転車乗用者が第 1・第 2 当事者の法令違反別交通事故死傷者数（H21 年）

資料：警察庁資料¹⁾を基に作成

1.2 研究方法

研究方法は図 1.2-1 に示す通りである。なお、研究方法や内容の詳細については、各章にて説明を行う。

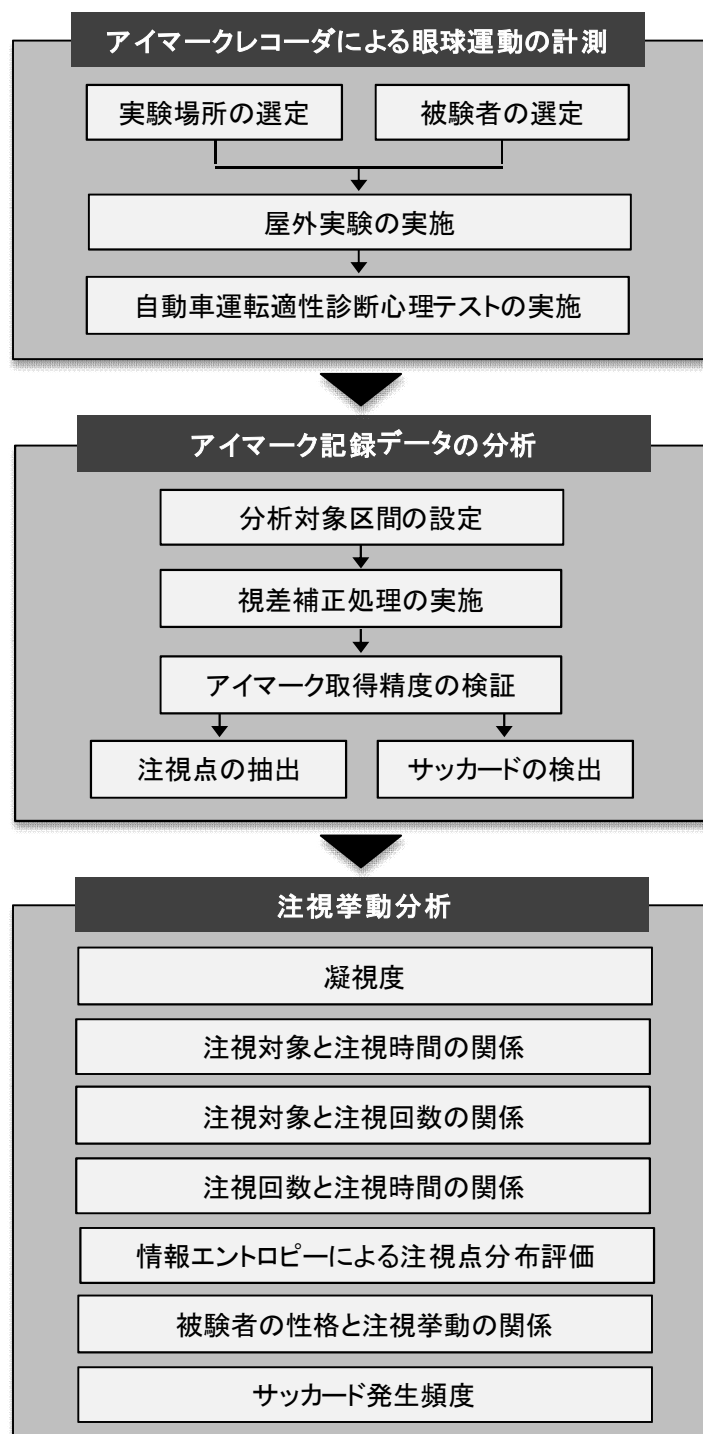


図 1.2-1 研究フロー

1.3 既往研究レビュー

本節では主に、1) 自転車と歩行者の錯綜に関する研究と、2) 自転車・自動車・歩行者等の注視特性に関する研究を対象に、既往研究や先行研究で得られている知見について整理する。1) 自転車と歩行者の錯綜に関する研究は、直接本研究と関係があるものではないが、自転車・歩行者の挙動や錯綜に関する知見を得ることは重要であると考えたため、これまで行われてきた研究について整理することとした。

(1) 自転車と歩行者の錯綜現象に関する研究

① 錯綜時のニアミス指標に関する研究

山中ら²⁾は、自転車と歩行者、自転車と自転車、自転車と車椅子のすれ違い時・追越し時に、いずれかの主体がリスクを感知する状態をニアミス状況と考え、このニアミス状態を両者の位置および速度から判断するニアミス予測モデルを提案し、路外における1対1の実験をもとに「衝突しそうに感じる」ニアミス状態の生起確率推計モデルを開発している。また、この確率を一定時間合計したニアミス強度の指標は、錯綜行動の頻度、通行者の安全感や快適感と関連することが明らかになっている。

押川ら³⁾は、従来、自動車の錯綜を分析するために用いられてきたTTC(Time to Collision)と呼ばれる衝突予測時間指標を自転車と歩行者に適用し、両者の錯綜現象を分析しているが、自動車のように明確な通行スペースや決められた方向への回避行動が成されない歩道空間上の錯綜現象は、TTC指標だけでは危険性を十分に捕捉できない可能性があると報告している。

橘ら⁴⁾は、自転車と歩行者の相対位置と速度を分析して自転車の心理的領域を分析している。

② 錯綜挙動に関する研究

山中ら⁵⁾は、自転車歩行者道を走行する自転車の走行速度に着目して、自転車・歩行者の存在密度、自転車混入率、進行方向が与える影響を回帰分析し、自転車の快適性の評価レベルを提案している。

吉村ら⁶⁾は、歩行者と自転車の接近時の危険管に影響を与える要因として、両者の位置関係と相対速度に着目し、それらの要因が変化したときの自転車と歩行者双方が感じる危険の感じ方とその変化、また両者の相違について分析している。その結果、正面付近で対向した場合は、自転車よりも歩行者の方が先に危険を感じる傾向にあることや、正面から離れると歩行者よりも自転車の方がより早く、危険を回避する行動をとる傾向にあると指摘している。また、相対速度が20km/hを超えると、占有幅(歩行者0.75m、自転車1.0m)以上に余裕が必要であると報告している。

伊東ら⁷⁾は、ビデオ観測調査をもとに自転車通行帯が設置された歩道での歩行者・自転車の挙動について分析を行っており、自転車は現行の走行規則通りではなく自転車歩行者道の左側を通行している事例があることや、すれ違い時に利用者が左右どちらに回避すべきかという点などが混乱しているのが現状であると報告している。

松丸ら⁸⁾は、歩道上における自転車と歩行者の錯綜現象を高所からの DV カメラ撮影によって記録し、歩行者密度と錯綜率の関係や自転車混入率と錯綜率の関係等について分析を行っている。結果として、歩道幅員 2.5m を境として考えた場合、錯綜率が比較的高くなる傾向にある狭幅員と歩行者密度がある程度以上になると錯綜率が収束する広幅員に分けられることや、自転車混入率と錯綜率の関係から狭幅員のほうが歩行者にとって危険であることを明らかにしている。

③自転車の歩車道選択行動に関する研究

小川ら⁹⁾は、大学キャンパス周辺における自転車利用者へのアンケート調査に基づき、歩道設置道路における自転車利用者の歩車道選択行動特性について分析を行っている。結果として、路側選択行動においては歩道上の状態に関する要因が影響を及ぼしているのに対し、走行位置選択行動においてはそれらとともに車道上の自動車交通量も影響を及ぼしていることを明らかにしている。これはすなわち、自転車利用者はまず、歩道上を走行することを想定して道路のどの路側部分を走行するかを意思決定し、その上で歩道上、車道上を走行するかを意思決定している傾向があることを示している。

(2) 注視挙動に関する研究

注視挙動について分析した研究は従来、自動車ドライバーや歩行者を対象に行われてきたが、近年は自転車利用者や車椅子利用者を対象とした研究も行われている。

①歩行者の注視特性に関する研究

知花¹⁰⁾は、日常的に利用されている空間においてアイカメラを用いた歩行実験を行い、慣れた者と不慣れな者の空間把握の違いを注視対象、注視距離、注視高さという点から分析している。分析の結果、不慣れな者は歩行している場所の認知と街路の構造把握のための注視をし、注視対象は沿道の建物が主であると報告している。一方、慣れた者は、歩行している場所を総合的に認知しようとする傾向にあり、注視対象は建物、路面、人、自動車など、分散傾向にあることを明らかにしている。また、不慣れな者は慣れたものに比べて、より遠く、より高いところを注視していると報告している。

加々美ら¹¹⁾は、主要幹線道路における屋外広告物の形態と歩行者の注視特性との関係性について分析しており、置き看板や広告旗は 5～10m の距離、袖看板は 15m 前後、欄干看板および壁面広告は 5m 前後の距離で見られる傾向があることを明らかにしている。また、

街路に対して垂直に設置されている看板や、色彩が派手で大きな看板は繰り返し見られる傾向にあると報告している。

池應ら¹²⁾は、注視対象による注視時間の違いを、短時間注視（100msec 未満）、中時間注視（100msec 以上 300msec 未満）、長時間注視（300msec 以上）の 3 パターンに分けて分析しており、短時間注視で注視されることが多いものは、壁、フェンス、店舗であり、中時間注視では、歩道、階段、走行自転車、人、屋根、長時間注視では、誘導・案内サイン、路面サイン、自動車であることを明らかにしている。

知花ら¹³⁾は、交差点における高齢者と若年者の行動形態の違いと注視の関係性について分析しており、高齢者の注視時間は歩道を移動中、横断中よりも信号待ちのほうが長くなる傾向にあり、若年者は歩道を移動中、横断中、信号待ちの違いによる影響は受けない傾向にあることを明らかにしている。また、高齢者と若年者の注視高さは同じ傾向にあり、両者とも移動中よりも信号待ちの方が高く、注視対象については、高齢者は主に地面と静止物を見ており、若年者は主に車を見ていることを明らかにしている。

②自動車ドライバーの注視特性に関する研究

高桑ら¹⁴⁾は、従来頭部固定により測定されていたアイマークレコーダによる視点挙動を、頭部回転を許容した測定により解析する方法を開発し、エントロピーの概念を用いてドライバーの注視挙動について分析している。エントロピーの概念をもとに注視点のばらつき度や集中度について分析を行った結果、エントロピーは道路環境の複雑さに伴い値が大きくなる傾向にあることを明らかにしている。

三村ら¹⁵⁾は眼球運動の一種であるサッカードに着目し、生活道路における交差点のカラー舗装化が注意喚起においてどのような特徴を示すのかを定量的に分析している。カラー舗装化の事前、事後におけるサッカードの注視位置の分析によって、事後においては標準偏差が小さくなる傾向が確認され、カラー舗装化を実施することによって注意の対象範囲が狭くなる可能性があることを示している。また同様に三村ら¹⁶⁾は、サッカードの発生頻度は同じ被験者であっても、通過回数（経験）の差によって類似するとは限らず、走行状態によって異なる可能性があることを明らかにしている。さらに、サッカード発生頻度の分布は、ポアソン分布に類似した曲線を描くことを明らかにしている。

③自転車利用者や車いす利用者の注視特性に関する研究

知花¹⁷⁾は、交差点付近における車イス利用者と健常者の注視特性を、行動形態と移動形態の違いという観点から分析を行っている。歩行を維持するために空間から得る視覚情報のうち、注視（アイマークの移動が 3° 以内に 0.2 秒以上停留している状態）の占める時間は、移動中では通常歩行で 60%～65%、車イス移動で 40%～45%であり、平均注視時間に個人差は認められないものの、移動中であるか信号待ちであるかによって影響を受けることを明らかにしている。

柴田ら¹⁸⁾は、沿道環境の変化による自転車乗車時の視点挙動の解析と自動車乗車時における注視挙動との比較を行っている。自転車乗車時における注視挙動は、沿道環境の複雑化に伴って注視範囲が広がるとともに、注視時間が減少する傾向にあることを明らかにしている。また、自動車乗車時と自転車乗車時との比較分析においては、注視する時間や範囲に大きな差が生じるものの、停留点軌跡の挙動はほぼ同じ傾向を示すことが示唆されている。

矢島ら¹⁹⁾は、自転車と街路景観の関係性に着目し、街路における自転車利用者の注視傾向について分析を行っている。道幅やカーブの有無といった道路形状が異なる4つの区間で計測を行っており、街路の幅が狭い、街路が曲線という条件の場合には、注視距離が短くなり、視線が横方向に広がる傾向があることを明らかにしている。また反対に、街路の道幅が広い、街路が直線という条件下では注視距離が長くなり、視線が縦方向に広がる傾向があることを明らかにしているほか、交差点付近では横方向の注視が著しく、道路設置物等にアイマークが集中する傾向にあることも明らかにしている。

以上のように、注視挙動に関する研究は自動車ドライバーや歩行者を対象に数多く行われているものの、自転車利用者の注視挙動に関する研究の蓄積は少ない。また、多くの研究は注視挙動と街路構成要素との関係について分析を行うにとどまっており、被験者の心理的・生理的側面との関係性について分析を行った研究はほとんど見られない。

そこで本研究は、以前から研究が進められている街路構成要素と注視挙動の関係性について分析するとともに、自動車運転適性心理テストを用いることによって自転車利用者の性格との関連性についても分析を行う。

1.4 自転車を取り巻く現状と課題

(1) 自転車保有台数

図 1.4-1 は、日本全国の自転車保有台数および自動車保有台数の推移を示したものである。自転車保有台数は年によって若干の減少が見られ時期があるものの、全体としては増加傾向にある。平成に入るまでは自転車保有台数が自動車保有台数を上回っていたが、平成 4 年を境に自動車保有台数が自転車保有台数を上回るようになった。ただし、平成 20 年時点での自転車保有台数は約 6,900 万台、自動車保有台数は約 7,900 万台となっており、以前として自転車は自動車と並ぶ主要な交通手段となっている。

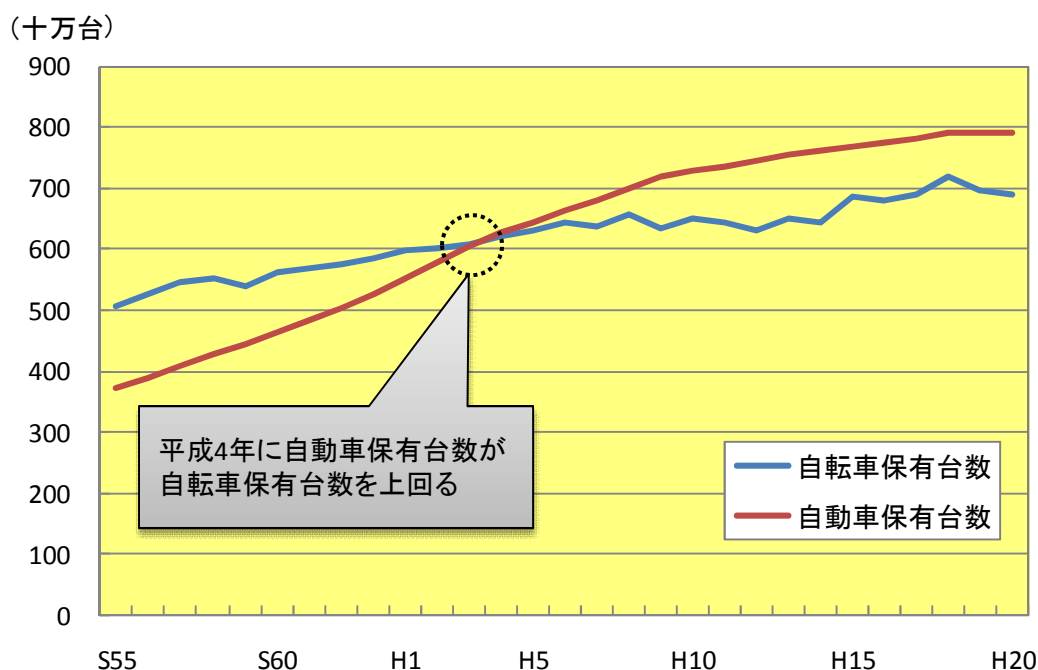


図 1.4-1 自転車保有台数および自動車保有台数の推移

資料：自転車保有台数は（財）自転車産業振興協会が公表している都道府県別自転車保有台数を、自動車保有台数は（財）自動車検査登録情報協会が公表している都道府県別・車種別保有台数表を基に作成。

(2) 自転車事故

図 1.4-2 は、全事故死者数および自転車乗用中・自動車乗車中の構成率の推移を示したものである。近年、交通事故全体の死者数が減少傾向にある一方、全体に占める自転車乗用中の死者数の割合は増加傾向にあり、平成 21 年の構成率は 14.1%となっている。

また図 1.4-3 は、平成 21 年の交通事故死者数を状態別・年齢層別に分類したものであるが、自動二輪車乗車中を除く歩行中、自転車乗車中、原付自転車乗車中、自動車乗車中については 65 歳以上の高齢者が最も多くなっていることがわかる。特に、歩行中および自転車乗車中においては、65 歳以上の高齢者死亡事故が全体の 60%を超えており、際立って高

い値を示している。一般に、高齢者は若者に比べて身体能力や周囲の情報を得る際の反応速度が低くなるため、ちょっとした接触事故や転倒事故であったとしても打ち所が悪く、死亡事故に至るケースが多いと考えられる。

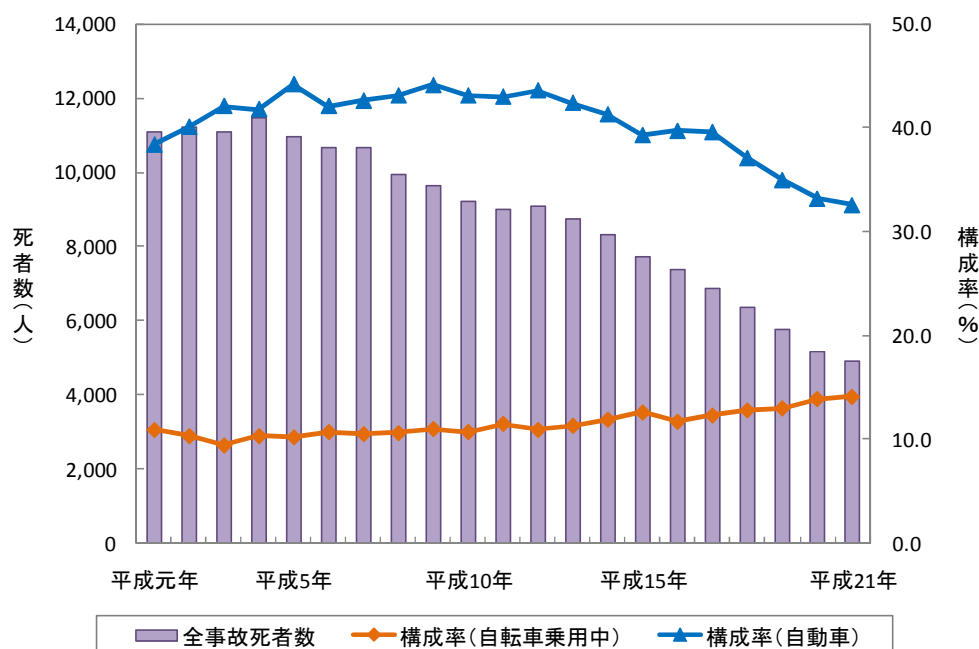


図 1.4-2 状態別死者数の推移

資料：「交通統計（平成 21 年版）」を基に作成

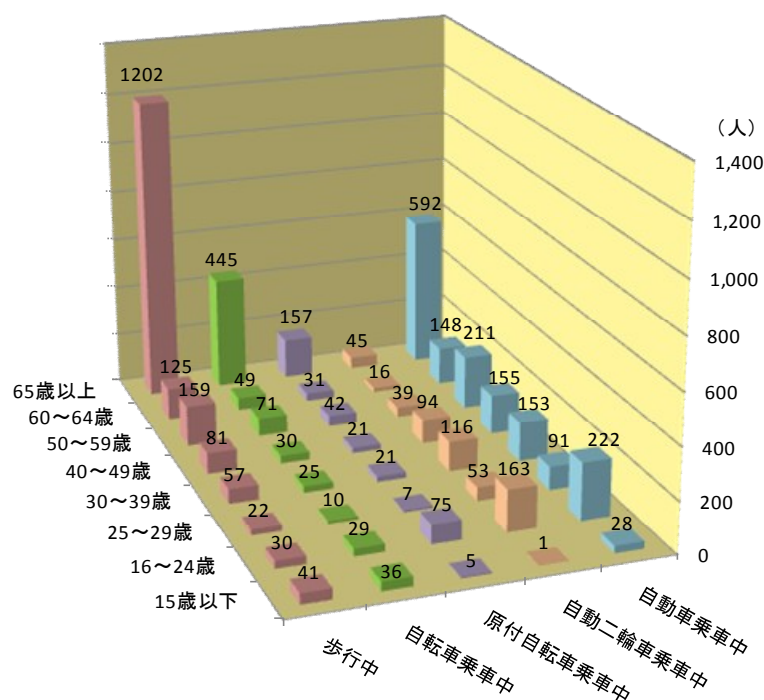


図 1.4-3 平成 21 年中の状態別・年齢層別交通事故死者数

資料：「交通安全白書（平成 22 年）」を基に作成

図 1.4-4 は、平成 21 年に発生した自転車が第一当事者となった交通事故件数を年齢層別に分類したものである。15 歳以下と 16-24 歳といった若年層の割合が大きく、両者を足し合わせると全体の 50%弱を占める。また、65 歳以上の割合も 19.4%と高い値となっている。なぜ、若年層や高齢者層の割合が大きいのかという詳細な理由はわからないが、若年層の自転車運転マナーの低下や、高齢者のハンドル操作ミス等が原因の一つであると推察される。

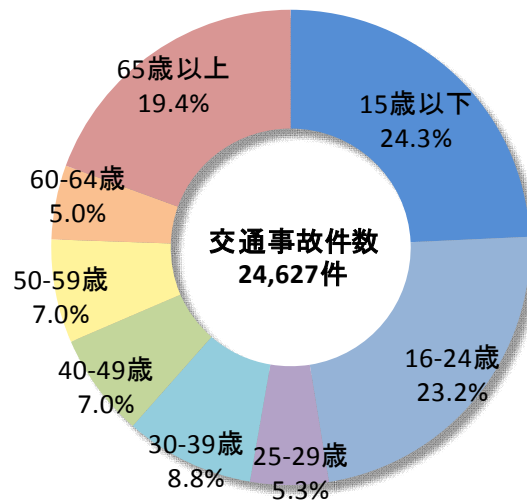


図 1.4-4 自転車が第一当事者となった事故の年齢層別事故件数割合（平成 21 年）

資料：「交通統計（平成 21 年版）」を基に作成

（３）自転車利用と法的責任

自転車は道路交通法において軽車両として位置付けられていることから、法律違反や交通事故を起こすと、自動車と同じように刑事上および民事上の責任を負うことになる。しかし、自転車には自動車のように強制的に保険に加入するといった仕組みがないため、人身事故を起こして相手方を負傷、もしくは死亡させてしまっても、多額の治療費や慰謝料を自費で支払うことができない場合が多く、被害者はもちろんのこと加害者も苦慮する事態となっている。なお、近年発生した自転車での加害事故事例としては、表 1.4-1 のようなものがある。

表 1.4-1 自転車での加害事例

賠償額※	事故の概要
5,000万円	女子高生が夜間、携帯電話を操作しながら無灯火で走行中、前方を歩行中の看護師(57歳)の女性と衝突。看護師には重大な障害が(手足がしびれて歩行困難)が残った。(判例:横浜地方裁判所、平成17年11月25日判決)
4,043万円	男子高校生が朝、赤信号で交差点の横断歩道を走行中、施盤工(62歳)の男性が運転するオートバイと衝突。施盤工は頭蓋内損傷で13日後に死亡。(判例:東京地方裁判所、平成17年9月14日判決)
3,138万円	男子高校生が朝、自転車で歩道から交差点に進入し、女性の保険勧誘員(60歳)が運転する自転車と衝突。保険勧誘員は頭蓋骨折を負い9日後に死亡した。(判例:さいたま地方裁判所、平成14年2月15日判決)
3,124万円	男子中学生が夜間、無灯火の自転車を走行中、対面歩行の女性(75歳)と衝突。女性には重大な障害(後遺障害2級)が残った。
2,581万円	成人男性が夜間、前照灯のないマウンテンバイクで走行中、飼犬を散歩中の短大非常勤講師(71歳)と衝突。短大非常勤講師には重大な障害(後遺障害1級)が残った。(判例:名古屋地方裁判所、平成14年9月27日判決)

※賠償額とは、判決文で加害者が支払いを命じられた金額(上記金額は概算額)

出典：(財) 日本損害保険協会

第2章 対象地域の現況把握

- 2.1 対象地域の地勢
- 2.2 道路現況
- 2.3 土地利用現況
- 2.4 自転車事故現況
- 2.5 自転車利用現況
- 2.6 コミュニティサイクル社会実験

2.1 対象地域の地勢

国土地理院発行の数値地図 5m メッシュ（標高）をもとに作成した、千代田区周辺の標高を図 2.1-1 に示す。区の西部にある JR 市ヶ谷駅や JR 四ツ谷駅周辺では標高約 30m と高くなっており、武蔵野台地の東端部に位置する皇居の方へ向かうにつれ標高は徐々に低くなっている。また、JR 御茶ノ水駅周辺も標高約 20m と高くなっているが、その他、JR 有楽町駅から JR 秋葉原駅にかけての地域や JR 水道橋駅周辺などは標高が低い平地部となっている。

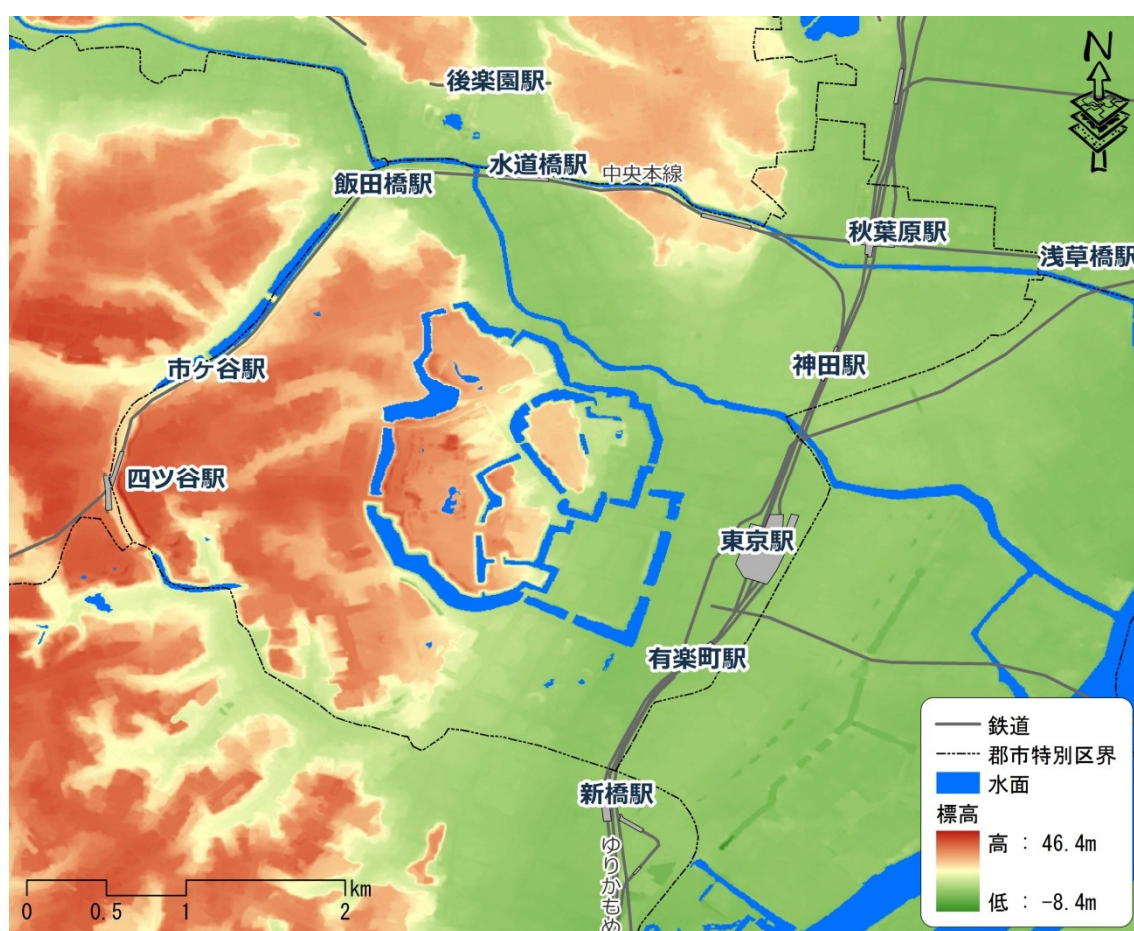


図 2.1-1 千代田区及びその周辺の標高

2.2 道路現況

(1) 道路勾配

千代田区内の道路環境を把握するための指標の一つとして、道路勾配の算出を試みた。道路勾配を算出するにあたっては、国土地理発行の数値地図 2500 の道路中心線データ（ラインデータ）および道路ノードデータ（ポイントデータ）、数値地図 5m メッシュ（標高）データ（ラスタデータ）の 3 つを使用し、以下の手順で作業を進めた。

STEP 1

道路中心線データの各リンクの始点および終点と道路ノードの座標を算出する。また、道路中心線データの各リンクの長さも算出する。

STEP 2

道路ノードと重なる部分にあるラスタデータの標高値を、道路ノードの属性テーブルにかえす。

STEP 3

道路中心線データと道路ノードデータを X、Y 座標をもとにテーブル結合し、道路中心線データの各リンクに始点と終点の標高値を与える。

STEP 4

図 2.2-1 のように、道路リンクの始点 i と終点 j の標高値をそれぞれ e_i 、 e_j 、道路リンクの水平距離を d_{ij} とし、以下の式 (2.1) を用いて道路勾配 g_{ij} を算出する。

$$g_{ij} = \frac{e_i - e_j}{d_{ij}} \quad (2.1)$$

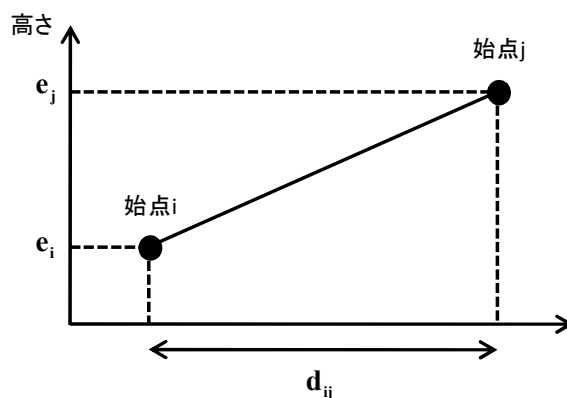


図 2.2-1 道路勾配の算出イメージ

上記の方法を用いて算出した道路勾配を図 2.2-2 に示す。市ヶ谷駅および四ツ谷駅周辺の南北に延びる道路の勾配が急であるほか、皇居の北部の九段坂周辺や御茶ノ水周辺にも勾配のきつい坂道があることがわかる。一方、標高が低い区の東部には勾配のきつい坂道はほとんど存在せず、地理的には自転車で走行しやすい環境が整っている。

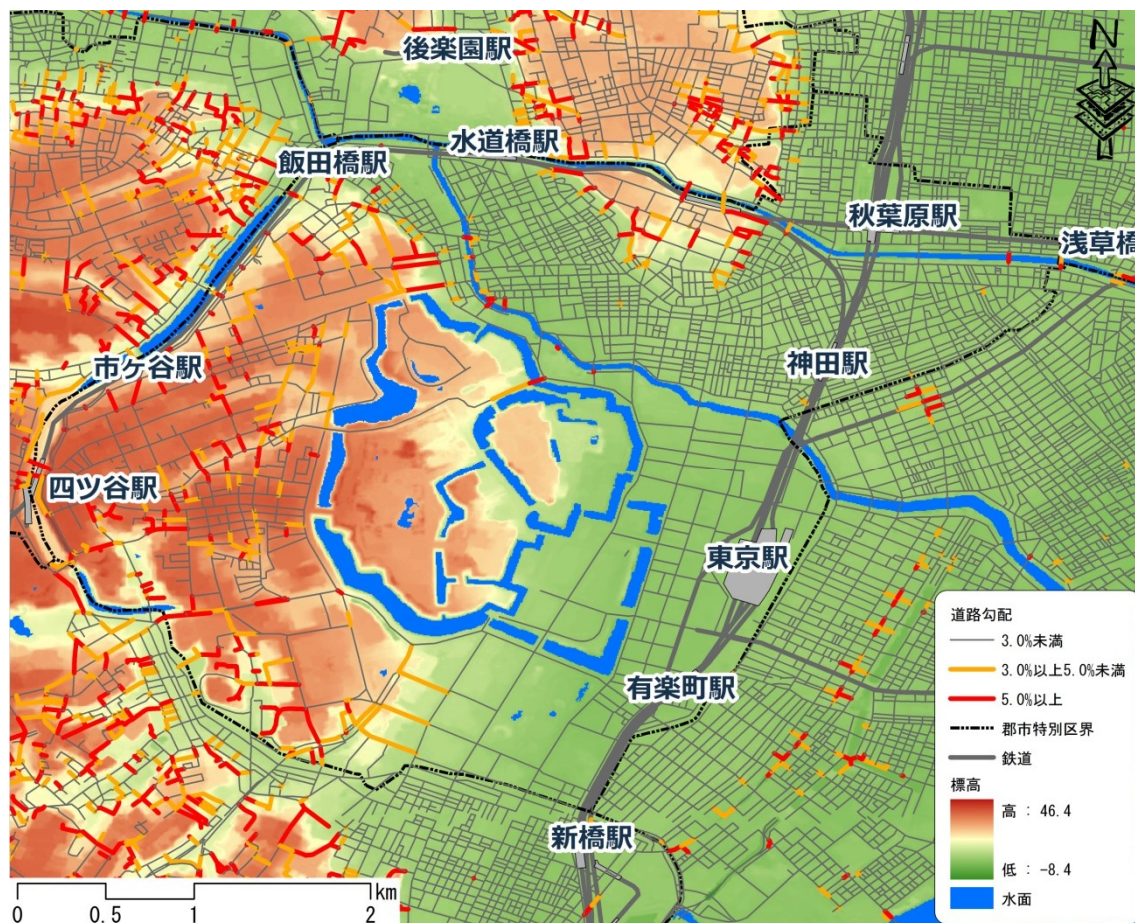


図 2.2-2 道路勾配

(2) 道路幅員および歩道幅員

千代田区がホームページ上で公開している「路線網図及び道路幅員図」と、ゼンリンが発行している住宅地図をもとに作成した道路幅員図および歩道幅員図を図 2.2-3 および図 2.2-4 に示す。本研究で作成した道路ネットワーク（高速道路は除く）においては、千代田区全体の道路総延長約 214.2km のうち、8.0m 以上 12.0m 未満の道路延長が 59.1km と最も長く全体の 27.6%を占めており、20.0m 以上の道路の割合も全体の 22.7%と高い値となっている（表 2.2-1）。幅員 4.0m 未満の狭隘道路は、区西部の四ツ谷・麴町地区、区北部の神保町・神田・秋葉原地区に集中しており、全体の 14.3%を占めている。内堀通りや日比谷通りなどの幹線道路上には幅員 5.0m 以上の広幅員の歩道が整備されており、大・丸・有地区をはじめとする区の南東部にはゆとりのある道路空間が形成されている。



図 2.2-3 道路幅員図

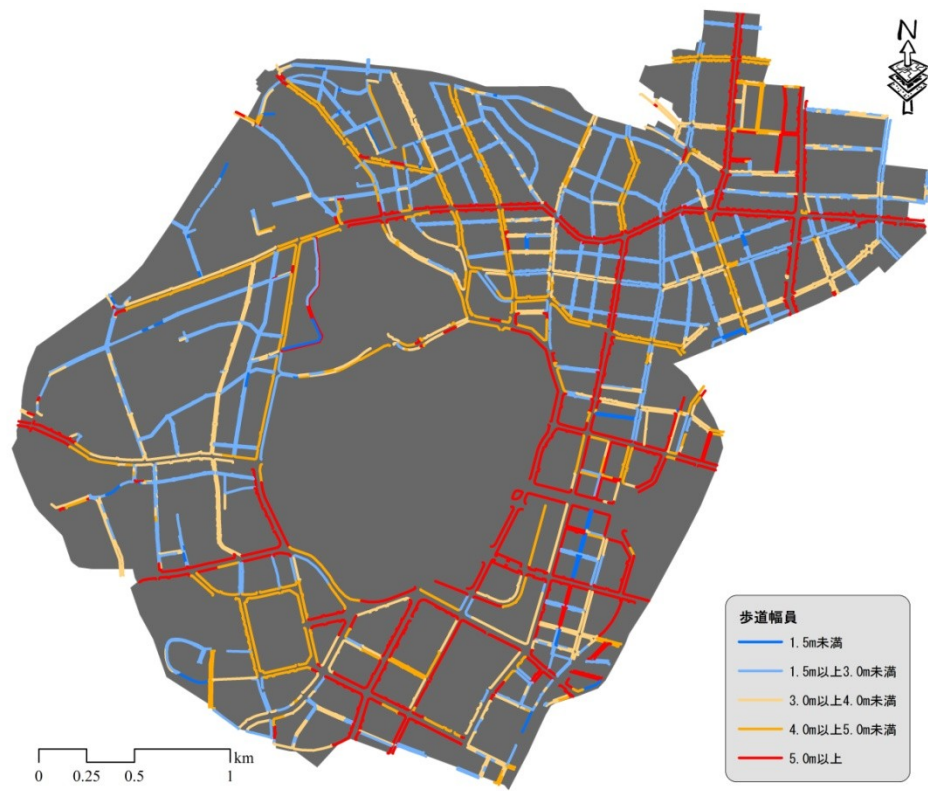


図 2.2-4 歩道幅員図

表 2.2-1 幅員別道路現況

道路幅員	道路延長(km)	割合(%)
4.0m未満	30.6	14.3
4.0m以上6.0m未満	22.1	10.3
6.0m以上8.0m未満	28.1	13.1
8.0m以上12.0m未満	59.1	27.6
12.0m以上16.0m未満	15.4	7.2
16.0m以上20.0m未満	10.2	4.8
20.0m以上	48.6	22.7
計	214.2	100.0

※表中の数値は本研究で作成した道路ネットワークに基づく値である。

2.3 土地利用現況

東京都より借用した平成13年の土地利用現況を図2.3-1に、土地利用面積割合を表2.3-1に示す。千代田区全域の約21.3%は事務所建築物となっており、その大部分は大・丸・有地区や神田・秋葉原地区を中心とする区の東部から北部にかけて集積している。また、区全域の約17.6%は官公庁施設となっており、皇居・永田町・霞が関を中心とする区の南部に集積している。その他、大学や高等学校をはじめとする教育文化施設は、区北部の御茶ノ水駅、区西部の市ヶ谷駅および四ツ谷駅の周辺に集積しており、独立住宅や集合住宅といった住居系地域の多くも区西部の番町地区に集積している。

表 2.3-1 土地利用面積割合（平成13年）

主用途	面積割合[%]
官公庁施設	17.6
教育文化施設	7.1
厚生医療施設	0.7
供給処理施設	0.1
事務所建築物	21.3
専用商業施設	1.5
住商併用建物	1.3
宿泊・遊興施設	2.2
スポーツ・興行施設	0.4
独立住宅	1.3
集合住宅	3.3
専用工場	0.1
住居併用工場	0.1
倉庫運輸関係施設	1.5
屋外利用地・仮設建物	1.2
公園、運動場等	6.4
未利用地等	1.1
道路	24.5
鉄道・港湾等	2.9
水面・河川・水路	5.6

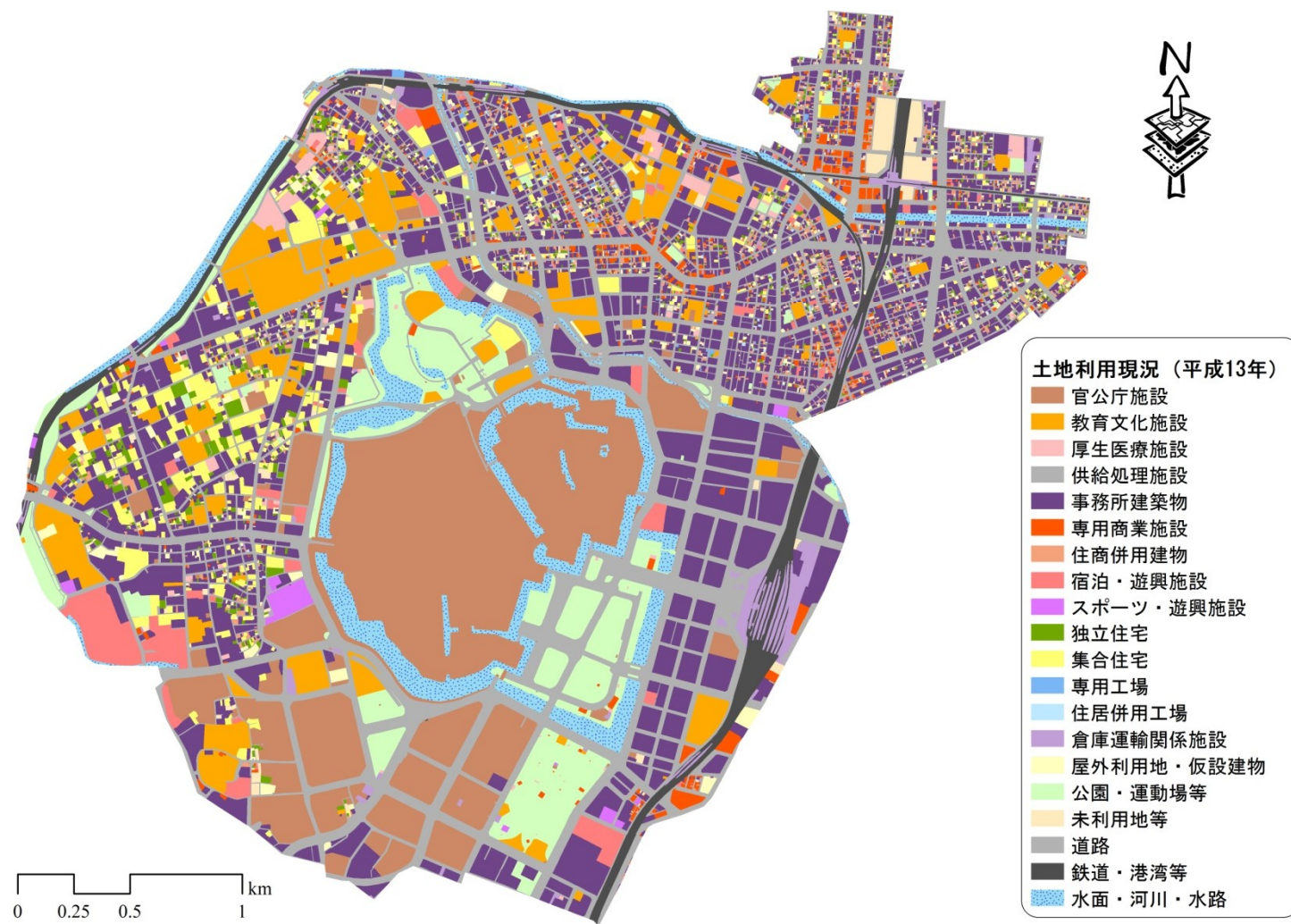


図 2.3-1 土地利用現況（平成 13 年）

2.4 自転車事故現況

警視庁がホームページ上で公開している交通事故発生マップをもとに、平成 22 年上半期に千代田区内およびその周辺地域で発生した自転車事故の発生箇所を調べ、それらを GIS 上にプロットした。また、カーネル密度推定法を用いて自転車事故の発生分布状況を調べた。

カーネル密度推定法とは、点分布を形成する各点の中心にカーネルと呼ばれる密度分布の山を置き、それら全てのカーネルの合計をもって全体の確率密度関数を求める密度推定法である。犯罪学や交通工学の分野では、このカーネル密度推定法を用いて犯罪多発場所や事故多発箇所を特定することが行われているため、本研究でもこの方法を用いることにした。計算を行うにあたっては 2 次元正規分布を用い、検索半径バンド幅を 500m、出力セルサイズを 10m とし、1 平方キロメートル当たりの事故件数を算出した。

カーネル密度推定法を用いて作成した自転車事故発生分布図を図 2.4-1 に示す。色が赤くなっている場所は自転車事故が多発している地域であり、色が黄色くなっている場所は自

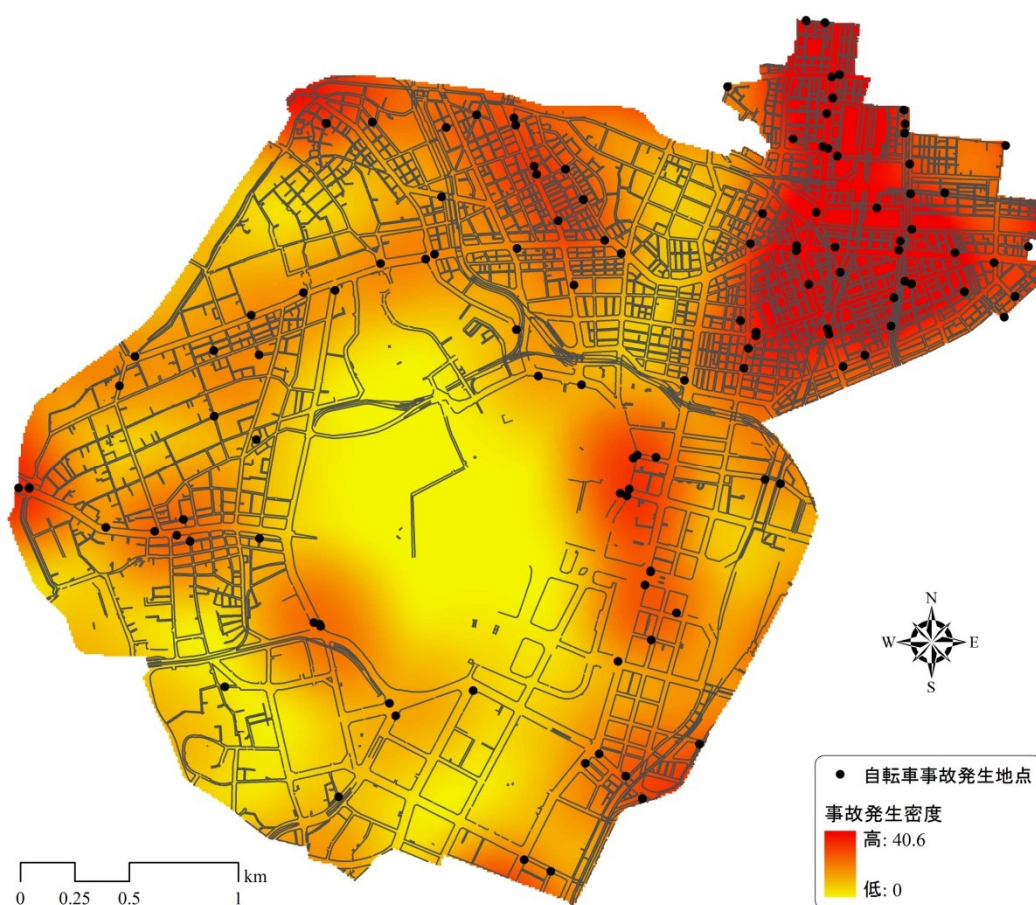


図 2.4-1 自転車事故発生分布状況

※事故発生密度の単位は件/ km^2

転車事故があまり発生していない地域である。千代田区内では、神田駅および秋葉原駅の周辺で自転車事故が多発しているほか、水道橋駅南口の日本大学および専修大学のキャンパス周辺でも自転車事故が発生していることがわかる。また、千代田区内における自転車事故の多くは、中央通りや昭和通り、靖国通りや新宿通りといった幹線道路沿いで発生しており、そのほとんどが交差点付近で起きていることが読み取れる。

また、図 2.4-2 は平成 20 年～22 年にかけての状態別死傷者数の推移を示したものである。自転車乗用中の事故による死傷者数は減少傾向にあるものの大きな変化は見られず、毎年 220～230 人程度の人死が起きていることがわかる。

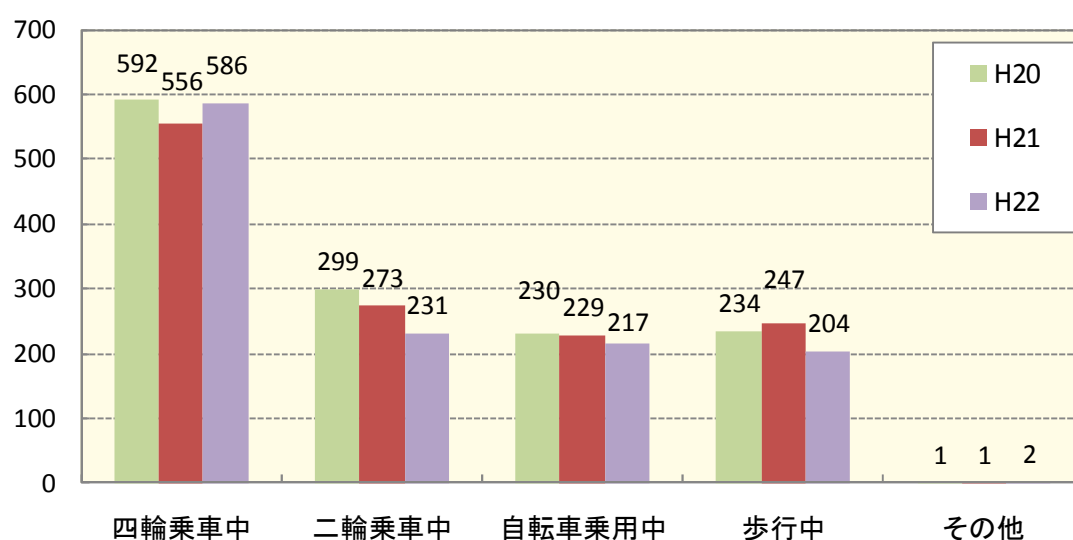


図 2.4-2 状態別交通事故死傷者数

資料：警視庁 HP「警察署別交通事故発生状況」をもとに作成

2.5 自転車利用現況

本節では、平成 20 年に行われた第 5 回東京都市圏パーソントリップ調査の結果をもとに、千代田区内における自転車利用について考察する。

まず表 2.5-1 に、目的別・代表交通手段別の発生集中量（トリップ）の割合を示す。鉄道交通網が発達している千代田区では移動交通手段の中心は鉄道であり、全体の約 75%を占めている。自転車での移動は全体の約 2.0%と低く、鉄道以外では徒歩での移動割合が高くなっている。

次に、図 2.5-1 に 7 時台～18 時台までの時間帯別の自転車発生集中トリップ数を示す。ただし、図中の地区名は表 2.5-2 のゾーンコードに基づき、0010 番の地区を大手町・丸の内地区、0011 番の地区を市ヶ谷・飯田橋地区、0012 番を神田・秋葉原地区、0013 番を有楽町・霞が関地区としている。千代田区内の 4 地区の中で最も自転車が利用されているのは神田・秋葉原地区であり、朝の 8 時台および 9 時台と昼の 13 時台にトリップ数が大きくなっている。他の 3 地区区においてもほぼ同じような傾向が見られるが、トリップ数自体は神田・秋葉原地区に比べると小さい。

図 2.5-2 は千代田区内にある各鉄道駅の端末交通手段としての自転車トリップ数を示したものであるが、東京駅や秋葉原駅、水道橋駅や飯田橋駅等で自転車の需要が大きく、霞が関や永田町などの中央省庁が集まっている地域では需要が小さいことがわかる。

表 2.5-1 目的別代表交通手段別発生集中トリップ割合

	鉄道・地下鉄	バス	自動車	自転車	徒歩	その他
自宅－勤務	94.3	0.7	1.5	1.1	1.6	0.8
自宅－通学	89.6	1.0	0.6	1.6	6.2	0.9
自宅－業務	84.5	0.9	6.8	3.3	2.5	2.0
自宅－私事	72.7	1.5	6.7	5.8	11.9	1.5
帰宅	89.1	0.8	3.2	1.8	3.4	1.7
勤務・業務	58.7	0.5	21.0	2.0	16.2	1.5
私事	45.7	0.7	4.9	1.7	46.3	0.8
不明	58.7	1.8	11.4	2.4	16.9	8.9
計	75.7	0.7	6.2	1.8	14.2	1.3

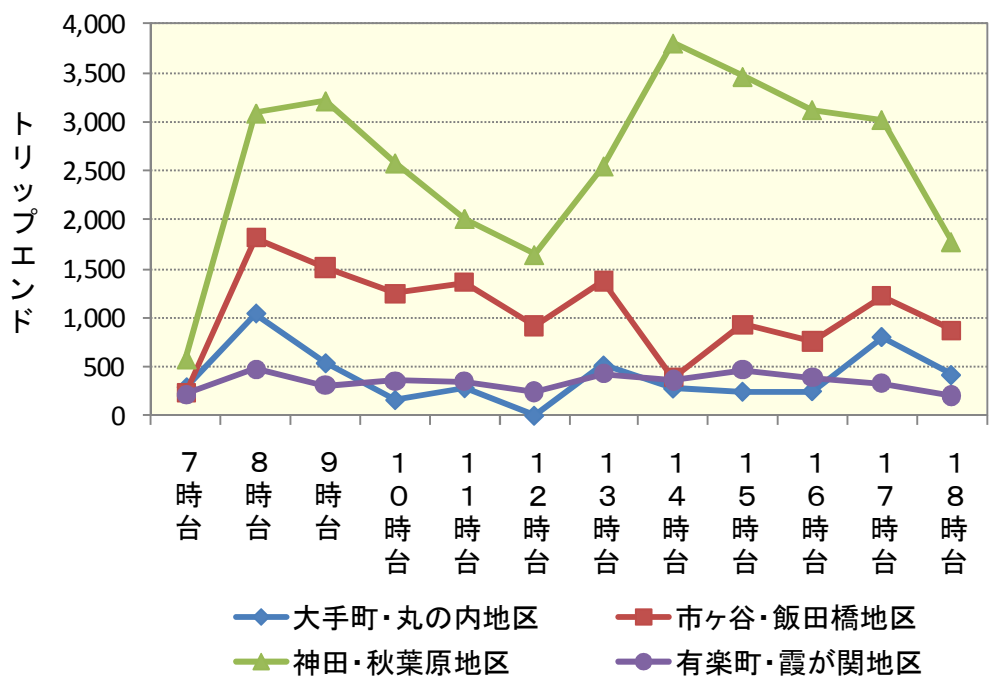


図 2.5-1 時間帯別発生集中トリップ数

表 2.5-2 ゾーンコード表

JISコード	ゾーンコード			該当町丁・字名
	大	中	計	
13101	00	1	0	皇居外苑、千代田、北の丸公園 大手町1丁目～2丁目、丸の内1丁目～3丁目
	00	1	1	紀尾井町、永田町1丁目～2丁目、隼町、平河町1丁目～2丁目 一番町、二番町、三番町、四番町、五番町、六番町、麴町1丁目～6丁目 飯田橋1丁目～4丁目、九段北1丁目～4丁目、九段南1丁目～4丁目、 富士見1丁目～2丁目
	00	1	2	神田神保町1丁目～3丁目、西神田1丁目～3丁目、 一ツ橋1丁目～2丁目、三崎町1丁目～3丁目 内神田1丁目～3丁目、神田多町2丁目、神田司町2丁目、 神田錦町1丁目～3丁目、神田美土代町 神田淡路町1丁目～2丁目、神田小川町1丁目～3丁目、 神田駿河台1丁目～4丁目、猿樂町1丁目～2丁目 神田相生町、神田和泉町、神田佐久間河岸、 神田佐久間町1丁目～4丁目、神田練塀町、神田花岡町、神田平河町、 神田松永町、外神田1丁目～6丁目 岩本町1丁目～3丁目、鍛冶町1丁目～2丁目、神田岩本町、 神田鍛冶町3丁目、神田北乗物町、神田紺屋町、神田須田町1丁目～2丁目、 神田富山町、神田西福田町、神田東紺屋町、神田東松下町、神田美倉町、 東神田1丁目～3丁目
	00	1	3	内幸町1丁目～2丁目、有楽町1丁目～2丁目 霞が関1丁目～3丁目、日比谷公園

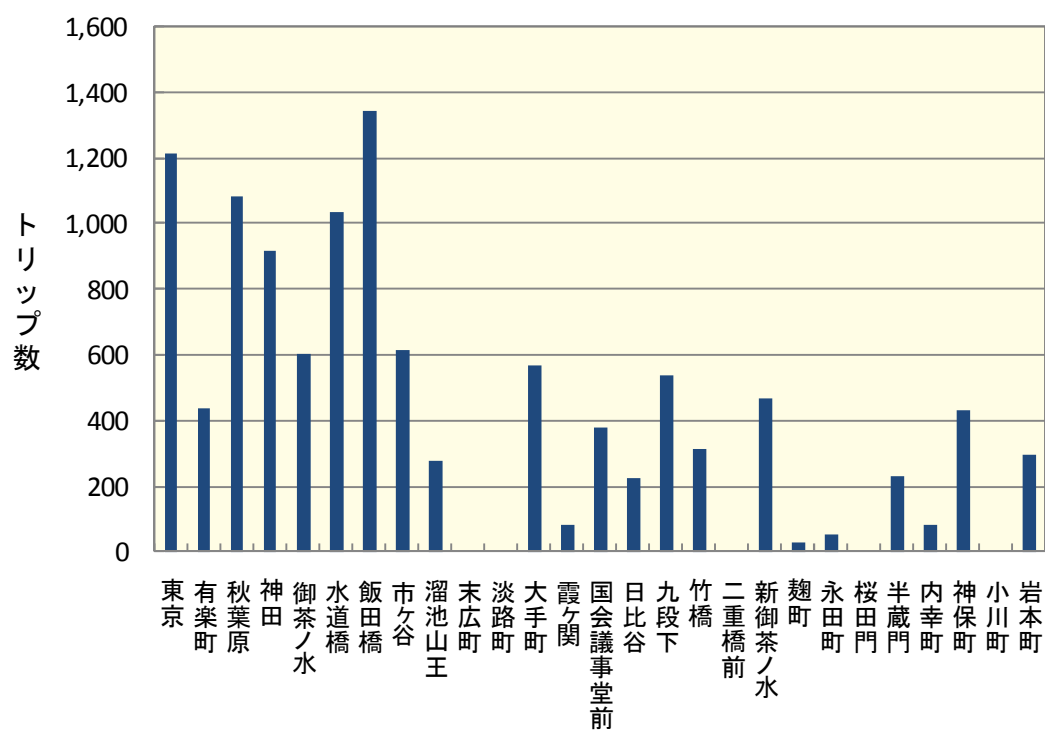


図 2.5-2 鉄道駅別自転車トリップ数

※トリップ数は乗車・降車を足し合わせた値である。

2.6 コミュニティサイクル社会実験

千代田区は、「経済と環境の調和」という政策課題に対応するための策の1つとして、自転車利用の促進による環境にやさしい交通の実現を目指している。本節では、平成22年1月16日（土）～2月14日（日）にかけて行われたマルチポート型コミュニティサイクル社会実験（大丸有地区・周辺地区環境交通 第2次社会実験）のデータをもとに、自転車利用者の移動範囲について考察する。

（1）コミュニティサイクル社会実験実施の背景

平成21年1月に国から「環境モデル都市」に選定された千代田区は、「経済と環境の調和」という政策テーマの具体化が課題となっており、今後も都市機能の更新に伴い業務床面積や国際レベルのホテル・コンベンション等の施設等が増加するとともに、皇居、丸の内、秋葉原・神田等の第1級の資源を有することから、観光・買い物・業務等の目的での移動・回遊が増加することとなり、運輸部門において快適性等を増進するとともに、自動車交通量の減少等にもつながる環境交通への本格的な取り組みが問われている。

その手段として、千代田区においては以前から自転車が注目されており、とりわけ、神田地区等では強いニーズがあり、平成11年度においては中央区と連携して自転車利用環境整備の基本的方向を「自転車での移動が楽しくなる街づくり」と定めた「自転車利用環境整備基本計画」を、また、平成16年度には自転車専用レーン整備等を位置づけた「かんだ賑わいまちづくり構想」を策定した。

このような背景のもと、千代田区全体を対象とする自転車プランの構築と実現に向けて、平成20年度からコミュニティサイクル社会実験を断続的に実施している。

（2）第2次コミュニティサイクル社会実験の概要

第2次コミュニティサイクル社会実験の概要を表2.6-1に示す。社会実験は平成22年1月16日（土）～2月14日（日）の間の土日を対象に行われたが、2月13日は降雪により社会実験が中止となったため、実際に社会実験が行われたのは計9日間であった。社会実験期間中は、千代田区内の主要駅を中心に計8つのサイクルポートが設置され、利用者はどのポートからでも自由に自転車の貸出・返却が行えるシステムとなっていた。自転車は各ポートに5台設置され、そのうちの3台は電動アシスト付自転車で、その他の2台は普通自転車であった。利用対象者は、大丸有地区・周辺地区環境交通推進協議会ホームページより事前に個人情報と参加希望メニューを登録したモニターがメインであり、その他の一般利用者は貸出自転車に空きが発生した場合のみ貸出が行われた。なお、この社会実験においては、自転車利用料金は無料となっていた。

表 2.6-1 第 2 次コミュニティサイクル社会実験の概要

サイクルポート 設置場所	<ul style="list-style-type: none"> ・神田駅周辺…神田駅西口商店街うな正前カシワ敷地 ・秋葉原駅周辺…秋葉原駅西口交通広場 ・飯田橋駅周辺…区政会館自転車駐車場 ・市ヶ谷駅周辺…外濠公園市ヶ谷見附交番裏 ・四ツ谷駅周辺…四ツ谷駅前広場 ・九段下駅周辺…旧千代田区役所 ・大丸有地区…仲通りビル自転車駐車場、新国際ビル自転車駐車場
サイクルポートの 運営方法	<p>【貸出・返却方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・貸出、返却、アンケートに関するスタッフ要因として1箇所1名を常時配置 ・受付時には実験概要の説明、身分証明書の確認、保健内容の説明・署名、GPSの付与及び実験パンフレットとコミュニティサイクルマップを手渡す ・返却時には、利用者を対象とした簡易アンケート調査を行う <p>【設置の備品】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・椅子2脚(折りたたみ型) ・のぼり(各ポート3本) ・机 ・プラスチックフェンス
貸出し自転車	<p>【設置台数】</p> <p>40台(=1箇所5台(電動アシスト付自転車3台、普通自転車2台)×8箇所) ※合わせて、子供用自転車(ヘルメット含む)を3台準備</p> <p>【自転車貸出し事業者】</p> <p>NPOベイウィンド環境ヨコハマ推進協会</p>
利用対象者	<p>モニター + 一般利用者</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モニターは大丸有地区・周辺地区環境交通推進協議会ホームページにより個人情報(氏名、メールアドレス、性別、電話番号、住所)と参加希望メニュー(利用日、利用開始時間帯、貸出サイクルポート)を登録 ・一般利用者は貸出自転車に空きが発生した場合のみ貸出しを行った
運営時間	<p>11時～15時(貸出は14時まで)</p> <p>※利用日の降水確率が80%(前日正午時点)を超える場合は中止</p>
料金	無料

(3) 第 2 次コミュニティサイクル社会実験データの概要

第 2 次コミュニティサイクル社会実験では、各サイクルポートに設置された 5 台の自転車のうち、先着 2 台(家族や友人での利用の場合は 1 台)に対して GPS を付与し、実験期間中の走行軌跡が記録されていた。本研究では、千代田区ならびに大丸有地区・周辺地区環境交通推進協議の事務局を務めているランドブレイン株式会社よりご提供頂いた GPS データをもとに、コミュニティサイクル利用者の回遊行動について考察する。

(3) コミュニティサイクル利用者の行動範囲

図 2.6-1 は、第 2 次コミュニティサイクル社会実験期間中に得られた GPS データを Google earth 上に重ね合わせたものである。千代田区内に設けられた 8 つのポート間、特に千代田区東部の神田駅や秋葉原駅、東京駅などを中心としてエリアで自転車移動が多く行われていることがわかる。しかし、コミュニティサイクル利用者の移動範囲は千代田区内だけに

とどまらず、港区のお台場や芝公園、台東区の浅草寺や江東区の豊洲など広域的な広がり
で利用されていることがわかる。

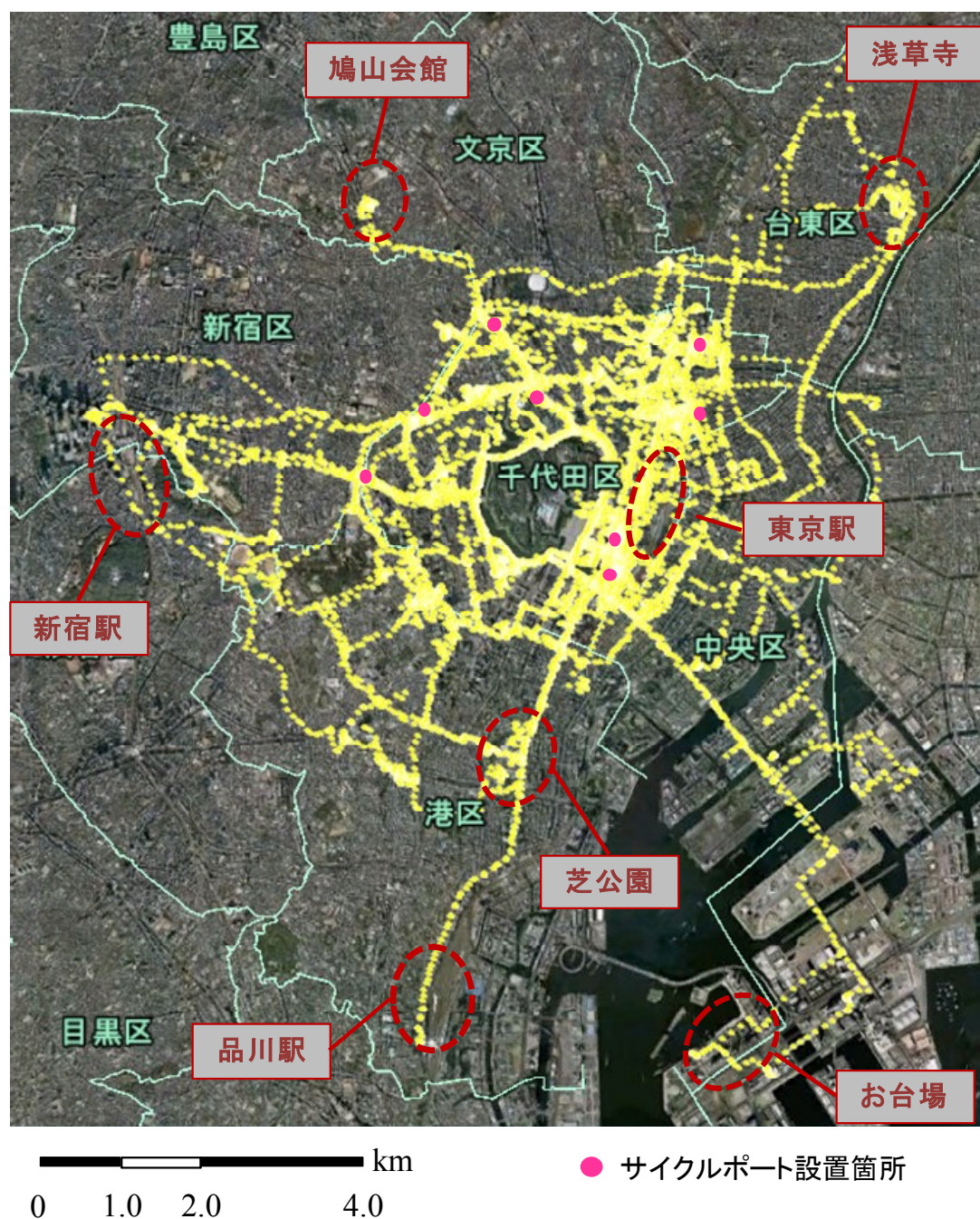


図 2.6-1 コミュニティサイクル利用者の移動範囲
資料：第2次コミュニティサイクル社会実験 GPS データ (n=51)

また図 2.6-2 は、カーネル密度推定法を用いて自転車利用者の滞留箇所を抽出したものであるが、内堀通りや靖国通り、新宿通りなどの幹線道路沿いで密度が高くなっており、それ以外の細街路等はほとんど利用されていないことがわかる。したがって、移動に際しては最短経路などは選択されずに、現在位置を把握しやすく歩道なども整備されていて走りやすい幹線道路が選択され则认为られる。

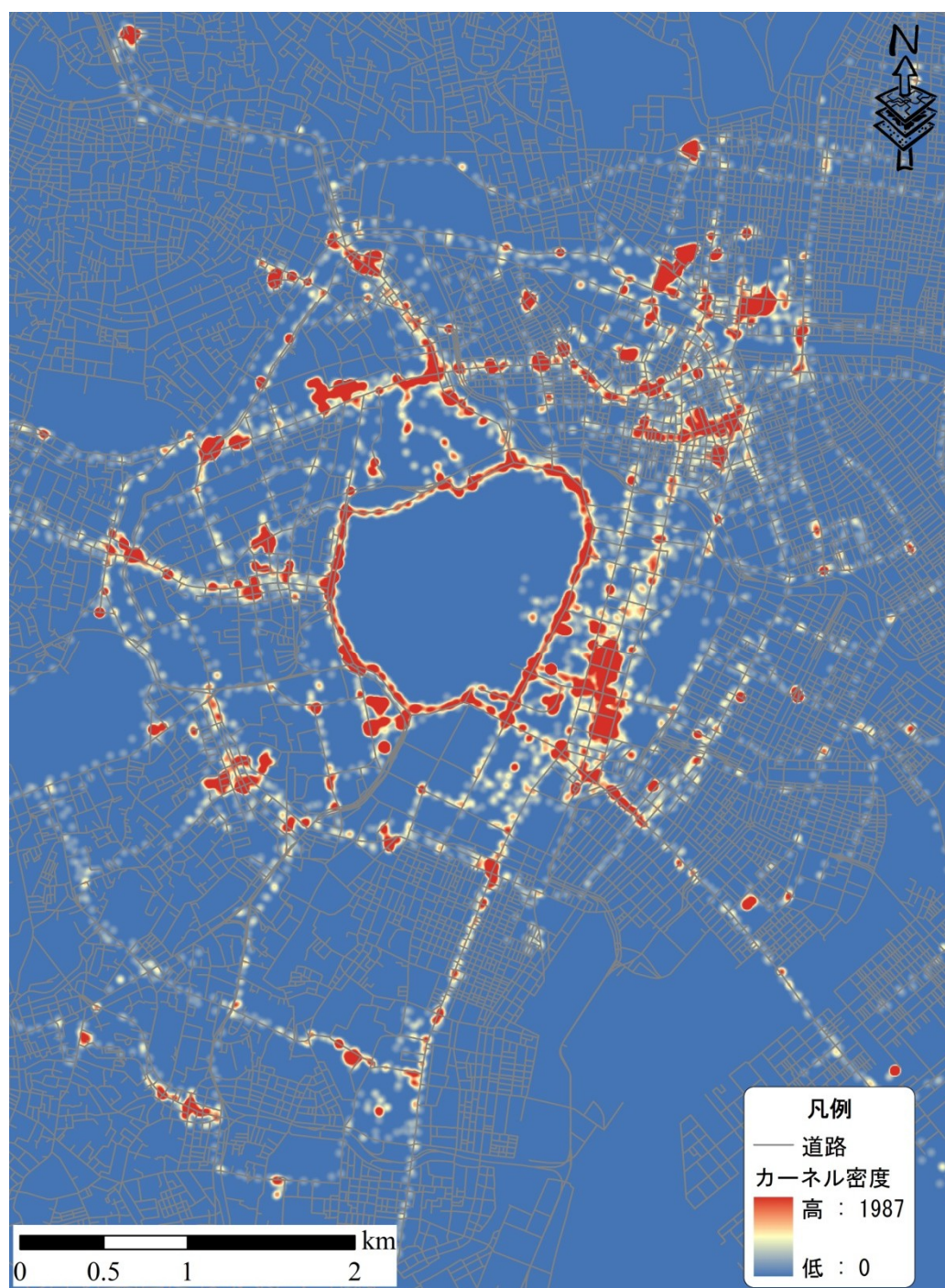


図 2.6-2 カーネル密度推定法による自転車利用者の滞留箇所の抽出

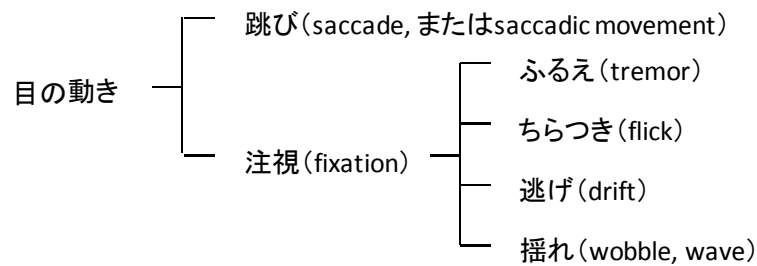
※セルサイズ 5m、検索半径 40m で解析を行った。また、単位は points/ha である。

第 3 章 人間の視覚機能と眼球運動の計測原理

- 3.1 人間の目の動き
- 3.2 人間の視覚機能
- 3.3 眼球運動の計測原理
- 3.4 眼球画像の取得方法

3.1 人間の目の動き

目の動きに関する研究は、すでに 17 世紀前半ケプラーが手掛けたと言われている。しかし、体系的な研究は今世紀初頭にいろいろな学問分野ではじめられ、以降、約半世紀にわたって目の動きについての定説が固定した。現在、注視行動における目の動きは次のように分類されている。



この分類は定説となっているが、ほかの機能をもつ動きも見出されている。すなわち、追跡運動 (pursuit movement)、代償性運動 (compensatory movement)、輻輳 (convergence)、開散 (divergence)、また眼振 (nystagmus) などである。追跡運動とは、ほぼ $30^{\circ} / \text{sec}$ 以下の速さで動く対象をなめらかに追っていく目の動きのことを指す。目は静止している線状の対象をたどるときや、対象を次々に見るときには注視点は速い動き (跳び) と静止 (注視) を繰り返す。

(以上、引用文献 20 より引用)

3.2 人間の視覚機能

我々が眼を動かさずに見える範囲は視野（field of vision）と呼ばれ、単眼で直前方の一点を凝視した時に、上方約 50° 、下方約 70° 、左右それぞれ約 100° の範囲が見えるとされている。両眼での視野は約 200° で、そのうち色彩まで確認できるのは、左右それぞれ 35° までである。注視線から視角 2° の範囲は、視力が最も鋭い部分である中心視（central vision）と呼ばれる領域であり、その外は周辺視野（peripheral visual field）と呼ばれる（図 3.2-1）。また、動的な環境で注視点の周辺の情報を発見することができる範囲のことを有効視野（functional visual field）と呼び、約 $4^{\circ} \sim 20^{\circ}$ の広がりを持つとされている。効視野は道路の混雑度のような交通要件の増大に伴って狭くなり、周辺視パフォーマンスが低下するとともに、疲労による覚醒水準の低下からも影響を受けるとされている。さらに周辺視には、ドライバーが路面や景色の“流れ”を捉えながら、進行方向が正しいかどうかを判断し、更に走行している道路に進入してくる歩行者や自動車の動きに備える役割があるとされている。

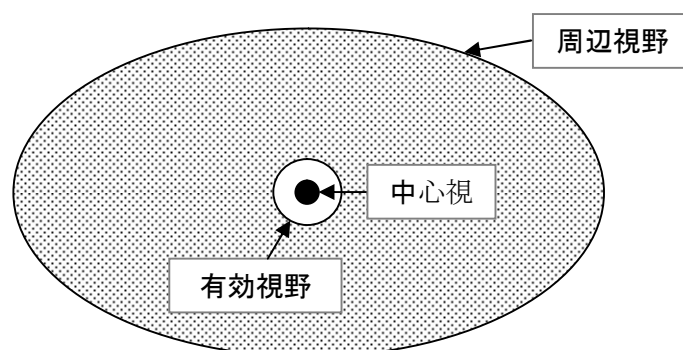


図 3.2-1 視野のイメージ

3.3 眼球運動の計測原理

眼球運動の計測原理は古くから研究が行われており様々な手法が提案されているが、一般的によく用いられる原理は以下のものである。

① 強膜反射法

角膜（黒目）と強膜（白目）の光に対する反射率の差を利用して眼球運動を測定する。

② 角膜反射法

光を角膜に当てると、光は角膜前面、角膜後面、水晶体前面、水晶体後面の各屈折面で反射され、それぞれ第 1,2,3,4 プルキンエ像と呼ばれる反射像をつくります。この中で最も明るい第 1 プルキンエ像をミラーで反射させてカメラで捉え、眼球運動を計測する。

③ EOG (electro-oculography) 法

眼球には前側（角膜側）が正、後ろ側（網膜側）が負の電位差、すなわち角膜-網膜電位が存在する。この電位の変化を眼の左右、上下に 1 対ずつ電極を付けて検出し、眼球運動の計測を行う。

④ サーチコイル法

コイルを組み込んだコンタクトレンズを被験者の眼球に装着し、被験者自身を磁界の中に入れる。そうすると、磁界に置かれたコイル、すなわち被験者の眼球に装着されているコイルに磁界となす角度に比例した電位が発生し、眼球運動を高い精度で計測することができる。

⑤ Fundus Haploscope を利用する方法

Fundus Haploscope と呼ばれる赤外線眼底カメラを用いて無散瞳下に眼底と中心窩の関係を計測する。

⑥ 画像解析による方法

眼球運動をカメラで撮影し、その映像を画像処理することで視線方向を検出することができる。また、視線方向は眼球画像の中から瞳孔の中心位置を求める手法が一般的に用いられている。

3.4 眼球画像の取得方法

眼球運動を解析する場合、アイマークレコーダによって解析処理に最適な眼球の画像を取得する必要があり、一般的には、被験者に対して不可視であり、自然光のノイズから逃れられる赤外線等によって眼球を照明する。

①明瞳孔法

フラッシュ付きカメラを使用して人物の顔を移すと、目が赤く写る赤目現象が起きるが、これはカメラが発行したフラッシュの光が網膜に当たり、その反射をカメラが捉えるために生じる。この原理と同様に、アイマークレコーダのレンズ光軸と照明の光軸を同軸にして眼球を照明すると、網膜上の光の反射がアイマークレコーダによってとらえられ、眼球の瞳孔部分が常に明るくなる。この明るい部分を画像処理によって抽出する方法を明瞳孔法と呼ぶ。

②暗瞳孔法

アイマークレコーダのレンズ光軸から離れた位置に照明器を設置して眼球を照明すると、照明された眼球の瞳孔部分は光の反射がなくなり、アイマークレコーダによってとらえられた眼球画像の瞳孔部分は暗くなる。この暗い部分を画像処理によって抽出する方法を暗瞳孔法と呼ぶ。

第 4 章 眼球運動計測実験

- 4.1 アイマークレコーダの概要
- 4.2 アイマークレコーダの調整
- 4.3 被験者の選定
- 4.4 実験場所の選定

4.1 アイマークレコーダの概要

本研究では、自転車乗車時の眼球運動を計測するにあたり、ナックイメージテクノロジー社製のモバイル型アイマークレコーダ (EMR-9) を使用した。アイマークレコーダには、視野映像記録用カメラとアイマーク検出ユニットが搭載されており、アイマーク検出ユニットによって検出されたアイマークの位置座標を視野映像と合成させることにより、被験者の眼の動きを計測・記録することができる。

本実験で使用したアイマークレコーダの主な仕様を表 4.1-1 に、アイマークレコーダを装着した被験者の様子を写真 4.1-1 に示す。ヘッドユニットには、左右それぞれの眼のアイマークを 60Hz でサンプリングすることができるスポーツグラス型のユニットを採用し、視野カメラには水平画角 92° のレンズを取り付けた。また、各被験者のアイマークは瞳孔法（暗瞳孔法）によって検出した。

表 4.1-1 アイマークレコーダの主な仕様

アイマーク検出方法	瞳孔法（暗瞳孔法）
検出レート	60Hz
検出分解能	眼球運動 水平 $\pm 0.1^{\circ}$ 垂直 0.1° 瞳孔径 0.02mm
測定範囲	眼球運動 水平 $\pm 40^{\circ}$ 垂直 $\pm 20^{\circ}$ 瞳孔径 2.5～7.0mm
ヘッドユニット	スポーツグラス型（重量：約75g）
視野カメラ用レンズ	水平画角 92°



写真 4.1-1 アイマークレコーダを装着した被験者

4.2 アイマークレコーダの調整

アイマークレコーダを用いて被験者の眼球運動を正確に計測するためには、被験者にアイマークレコーダを装着させた後、視野カメラやアイマーク検出ユニット等の調整を行う必要がある。本研究では、主に以下の手順でアイマークレコーダの調整を行った。

STEP 1：カメラの装着とカメラ位置の調整

被験者にアイマークレコーダを装着した後、スポーツグラスの下端部に付いている瞳孔の動きを検出するためのカメラの位置調整を行う。また、視野映像撮影用のカメラの向きを調整し、実際に被験者が見ている範囲が写るように調整する。

STEP 2：二値化

スポーツグラスの下端部に取り付けられているカメラによって映し出される被験者の眼球映像を二値化し、アイマーク検出ユニットから照射される LED 光以外の光を眼球が反射しないように調整する。

STEP 3：キャリブレーション

各被験者にアイマークレコーダを装着させる際には、被験者による眼球の物理的な形状の差異や生理的な個体異差を補正する必要がある。また、眼球画像から得られる瞳孔座標データや角膜反射点座標データはただ単に眼球の位置データにすぎないため、注視点データを得るためには視覚刺激画面の判明している 9 点を約 2.0m 離れた場所から被験者に注視させ、視覚刺激画面と眼球の位置データに相関させるキャリブレーションを行う。この作業を行うことによって、視野映像の上に重ね合わせたアイマークと被験者が実際に注視している位置とを一致させることができる。

4.3 被験者の選定

本実験の被験者は、コンタクトレンズや眼鏡を使用していない 20 代前半の男子学生 5 名とした。アイマークレコーダ（EMR-9）は、コンタクトレンズや眼鏡を着用した者でも使用することができるが、コンタクトレンズのずれや眼鏡フレームのアイマーク検出用カメラへの写り込み等は、計測結果に誤差を生じさせることがあるため、本実験では被験者を裸眼である者に限定した。

また、アイマークレコーダを用いた注視挙動や注視特性に関する研究では、一般的に 1/30 秒や 1/60 秒といった非常に微小な時間で記録されたデータを扱うことになるため、被験者数や分析対象とするデータ数・データ記録時間を増やしてしまうと、計測後のデータ整理の段階で多大な時間と労力を要することになる。既往研究においても被験者の数を 5～10 名程度に設定し、データ分析および考察を行っているケースが多く見受けられるため、本研究の被験者数は 5 名とした。

4.4 実験場所の選定

注視挙動計測実験は、2010 年 12 月 8 日（水）の 13 時から 17 時にかけて実施し、実験場所は図 4.4-1 に示す東京都千代田区内の神保町駅周辺とした。この地域内には、東西方向に靖国通りが、南北方向に白山通りが通っており、靖国通りの南側の沿道には多くの書店が軒を連ね、神保町の代名詞ともいえる古書店街を形成している。神保町及びその周辺地域には書店の他にも、大学や専門学校、飲食店やスポーツ用品店などが数多く集積しており、連日、若者からお年寄りまで多くの人々で賑わいを見せている。

写真 4.4-1 は、調査対象区間の様子を示したものである。“さくら通り”と呼ばれる区間 1 と“すずらん通り”と呼ばれる区間 2 は、靖国通りの裏通りにあたる場所であり、車道幅員はどちらも約 11.0m である。いずれの区間も決して広いとは言えないものの、道路の両側には歩道が設置されており、区間 1 の歩道幅員は約 2.5m、区間 2 は約 3.4m となっている。また、両区間には一方通行規制がかけられており、東側から西側へのみ車両の通行が許可されている。ただし、標識には「自転車を除く」との記載があるため、自転車は双方向への通行が認められている。区間 1 と区間 2 は、道路構造的にはほぼ同じであるが、区間 2 は飲食店や書店が軒を連ねる商店街となっているため、区間 1 よりも歩行者交通量が多く自転車が通行しづらい環境となっている。

区間 3 および区間 4 は靖国通りに設けた区間であり、歩道幅員は約 5.0m と比較的広い空間が確保されている。しかし、歩道上には電線類の地中化に伴って設置された配電箱や街路樹等があるため、部分的ではあるが有効幅員は 4.0m 程度となっている。また、多くの書店が軒を連ねる靖国通りの沿道には、店頭に並べられた書籍を手にとる人々が停留しているため、自転車で通行する際には注意を要する場所となっている。



図 4. 4-1 実験場所および調査対象区間の概要



図 4. 4-1 調査対象区間の様子

第5章 データ処理

- 5.1 データ処理の流れ
- 5.2 分析範囲の設定
- 5.3 アイマーク取得精度の検証
- 5.4 注視点データの抽出
- 5.5 サッカードの抽出

5.1 データ処理の流れ

本研究では、屋外実験によって得られたアイマーク記録データを分析するにあたり、ナックイメージテクノロジー社製のアイマーク解析ソフトウェア EMR-dFactory Ver.2.0 を使用し、以下の3つのステップを経てデータ処理を行った。

STEP 1：分析範囲の設定

アイマークデータを用いた研究では一般に、1/30 秒もしくは 1/60 秒単位で分析を行うため、分析対象とするデータの記録時間が長くなればなるほど分析に要する時間が増大する。そのため、全てのデータを分析対象とするのではなく、実験によって記録された視野映像や数値データを参考に分析範囲を定め、分析に要する負担を最小限に抑える。

なお、本研究の分析範囲の詳細については本章の第2節にて説明を行う。

STEP 2：視差補正処理

本実験で用いたアイマークレコーダ（EMR-9）は、視野カメラが眼球回転位置に無いため、キャリブレーションを行った距離より近いところや遠いところを被験者が見ると、アイマークが実際に見ているものからずれて表示されることがある。このずれは一般に、視差もしくはパララックス（parallax）と呼ばれるものであり、被験者が注視していたものを判別しやすくするためにはこの視差を補正する必要がある。本研究では、EMR-dFactory Ver.2.0 の視差補正処理機能を用いることによりこの問題を解決した。

STEP 3：アイマーク取得精度の検証

本実験で用いたアイマークレコーダでは、視野映像を毎秒 30 フレーム、アイマークデータを毎秒 60 フレームで記録した。しかし、被験者の瞬きや左右・上下方向への大きな目の動き、さらには太陽光の反射などが原因でアイマーク検出ユニットが被験者の眼球（瞳孔）画像を正確に取得できなかった場合には、記録データの中にエラーを含むフレーム（以下、消失フレームと称す）が生じてしまう。被験者のアイマークをエラーなく全て記録することは不可能であるものの、消失フレーム数が多いと実験結果への影響が大きくなるため、分析結果等への信頼性に疑問を残すことになる。

そのため本研究では、分析を行う前の段階で、アイマークデータがどの程度正常に取得されているのかを検証することにした。なお、詳細については本章の第3節にて説明を行う。

STEP 4：注視点データの抽出

注視とは、一定範囲内にある同一対象物を一定時間以上見続けている状態を指す言葉であり、注視が起きた点（位置）のことを注視点と呼ぶ。アイマークレコーダを用いた研究では、この注視に着目して分析を進めることが一般的によく行われている。しかし、移動を伴う屋外実験では、アイマークデータから注視点を抽出する際に目視による判読を必要とするため、分析に膨大な時間を要する場合が多い。

そこで本研究では、一定範囲内にある対象物を一定時間以上見続けている状態である停留に着目し、停留点を注視点とみなして分析を行うこととした。なお、注視点の抽出方法の詳細については本章の第 4 節にて説明を行う。

STEP 5：サッカードの抽出

サッカード (saccade) とは、静止する対象物を見るときに注視を移す跳躍運動のことであり、サッカードが生じた際の眼球速度は $100^{\circ}/s \sim 500^{\circ}/s$ と非常に高速であり、最大速度は $700^{\circ}/s$ を超えることもあると言われている。サッカードが生じるということは、その空間において様々な対象を注視しようとする生理的、もしくは意識的反応が生じているということであり、言い換えればサッカードの特徴からその空間における注意反応を捉えることができるものと考えられる。

また一方で、サッカードは高速な眼球運動であることから、人間がサッカード中に知覚する映像は不鮮明になると考えられるが、実際には脳内でサッカード抑制と呼ばれる情報のマスキング・統合（すなわち不鮮明な映像を脳内から排除し、サッカード前後の映像を統合する）が行われており、そのような映像は知覚しない。つまり、サッカードが頻繁に行われるということは、多くの情報を獲得しているようで、単位時間当たりでみれば実はその空間に対する情報の多くを欠落しているということになる。さらにサッカード時には周辺視の能力が低下することも知られており、情報の収集できる範囲も限定的になってしまうと言える（以上、参考文献 16 より引用）。

以上のことを踏まえ本研究では、各被験者のアイマークデータの中からサッカードを抽出し、道路空間や被験者間が与える影響について分析を行う。なお、サッカードの抽出方法については本章の第 5 節にて説明を行う。

5.2 分析範囲の設定

本研究では、図 5. 2-1 および図 5. 2-2 に示す 6 つの区間を分析対象区間とし、各被験者の注視挙動を分析することにした。各区間はいずれも信号機のない交差点を含む長さ 20m の直線部であり、単路部から交差点に進出し、交差点を横断し終えるまでの一連の注視挙動について分析を行った。

なお、図 5. 2-1 に記載されている区間 1 と区間 1-2、区間 4 と区間 4-2 はそれぞれ同じ交差点を含む区間であるが、区間 1 と区間 2 は進行方向に向かって左側の歩道を走行した経路 1 のデータ、区間 1-2 と区間 4-2 は進行方向に向かって右側の歩道を走行した経路 2 のデータを対象とするものである。



図 5. 2-1 分析対象区間



図 5.2-2 分析対象区間の様子

5.3 アイマーク取得精度の検証

本研究では、屋外実験より得られた各被験者のアイマークデータの取得精度を検証するため、知花が¹⁷⁾用いている以下の式(5.3.1)をもとに消失率を算出した。

$$St = \frac{Sft}{Bft} \times 100 \quad (5.3.1)$$

ただし、**St**は消失率(%)、**Sft**は消失フレーム数の合計、**Bft**は分析フレーム数の合計である。

区間別・被験者別に算出したアイマーク消失率を表5.3-1に示す。区間1における被験者Aの消失率20.6%が最大となり、その他のデータは20.0%を下回る値となった。知花¹⁷⁾や三村ら¹⁵⁾¹⁶⁾は、実験で得られたデータが信頼できるかどうかを、アイマーク消失率が20.0%以下となることを一つの基準として判断しており、本研究で得られた値は概ねその基準を満たしている。よって、本研究で得られたデータは十分信頼できるものと判断し、以降、分析を行う際に使用することとした。

表 5.3-1 アイマーク消失率の算出結果

	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	被験者E
区間1	20.6	13.3	9.0	0.7	2.1
区間2	0	4.7	7.6	0.8	3.7
区間3	7.2	12.3	6.2	1.8	18.9
区間4	2.6	7.1	2.0	4.5	1.1
区間1-2	0	12.6	6.8	2.5	1.7
区間4-2	2.4	4.2	8.9	4.2	0.8

※表中の数値は視差補正処理によって得られたアイマークの消失率であり、単位は%である。

5.4 注視点データの抽出

(1) 注視の定義

本章の第 1 節でも述べたとおり、本研究では停留および停留点の抽出概念を用いて注視および注視点抽出する。一般に、停留点を算出するためには停留時間および停留範囲を設定する必要があるが、決まった値が存在するわけではないため研究者自らが値を決める必要がある。

本研究では、既往研究を調べたところ、知花¹⁷⁾の定義が参考になると考え、 3° 以内の範囲に 0.2 秒以上の停留が起きている状態を注視と定義し、注視が起きた際にアイマークと重なり合っているものを注視対象物と定義した。

(2) 注視点データの抽出方法

本研究では、屋外実験より得られたアイマークデータから注視点（停留点）データを抽出するにあたり、ナックイメージテクノロジー社製のアイマーク解析ソフトウェア EMR-dFactory Ver.2.0 を使用した。EMR-dFactory には開始点法、重心点法、速度法の 3 種類があるが、本研究では重心点法を用いて停留点の抽出を行った。

重心点法とは、現時点までのアイマーク座標の重心点を基準として、次に続くアイマークが基準位置から一定範囲内にあるかどうかを判定する方法であり、判定には停留点算出設定の最小時間 t_{\min} と最大範囲 R_{\max} を用いる。研究では、本節第 1 項で述べた停留時間 0.2 秒を最小時間 t_{\min} 、停留範囲 3° を最大範囲 R_{\max} に設定し、停留点（注視点）の算出を行った。

以下、停留点算出の具体的な流れを示す。

STEP 1

開始点となる n 番目のアイマークを中心とした半径 R_{\max} の円を停留判定領域とする。

STEP 2

次のアイマークである $n+1$ 番目のアイマークが停留判定領域内にあるかどうかを判定する。判定領域内に $n+1$ 番目のアイマークがある場合は、そのアイマークを停留データ候補として範囲内のアイマーク座標の重心を算出し、重心を判定領域の中心として STEP 2 へ戻る。一方、判定領域内に $n+1$ 番目のアイマークがない場合には、そのアイマークの前で停留が終わったとして次の STEP 3 へと進む。

STEP 3

判定領域内にあるアマーク集合から時間 $te - ts$ を算出し、停留点算出設定の最小時間 t_{\min} と比較する。ただし、 ts は領域内のはじめのアイマークの時間、 te は領域内の終わり

のアイマークの時間であり、 $te - ts \geq t_{\min}$ ならこの集合を停留点とみなす。

STEP 4

STEP 2 で最後の判定に使用したアイマークを新しい始点として STEP 1 へ戻る。

図 5.4-1 は、重心点法の連続による停留点の算出を STEP 1 から順に、段階的に表したものである。円は最大範囲 R_{\max} を表しており、点線で描かれた円は判定のみに使われた円を、実線で描かれた円は停留点と判定された円を示している。 $Cn \sim i$ は、データ番号 n から i までの重心座標を中心とした判定円を表している。仮に、データ周波数 29.97Hz、最小時間 0.1sec 秒とした場合の停留点は

停留点 1 : 停留点座標 C1~4 中心 : データ 1~4 : 停留時間 0.100

停留点 2 : 停留点座標 C5~8 中心 : データ 5~8 : 停留時間 0.100

停留点 3 : 停留点座標 C9~16 中心 : データ 9~16 : 停留時間 0.234

となる。

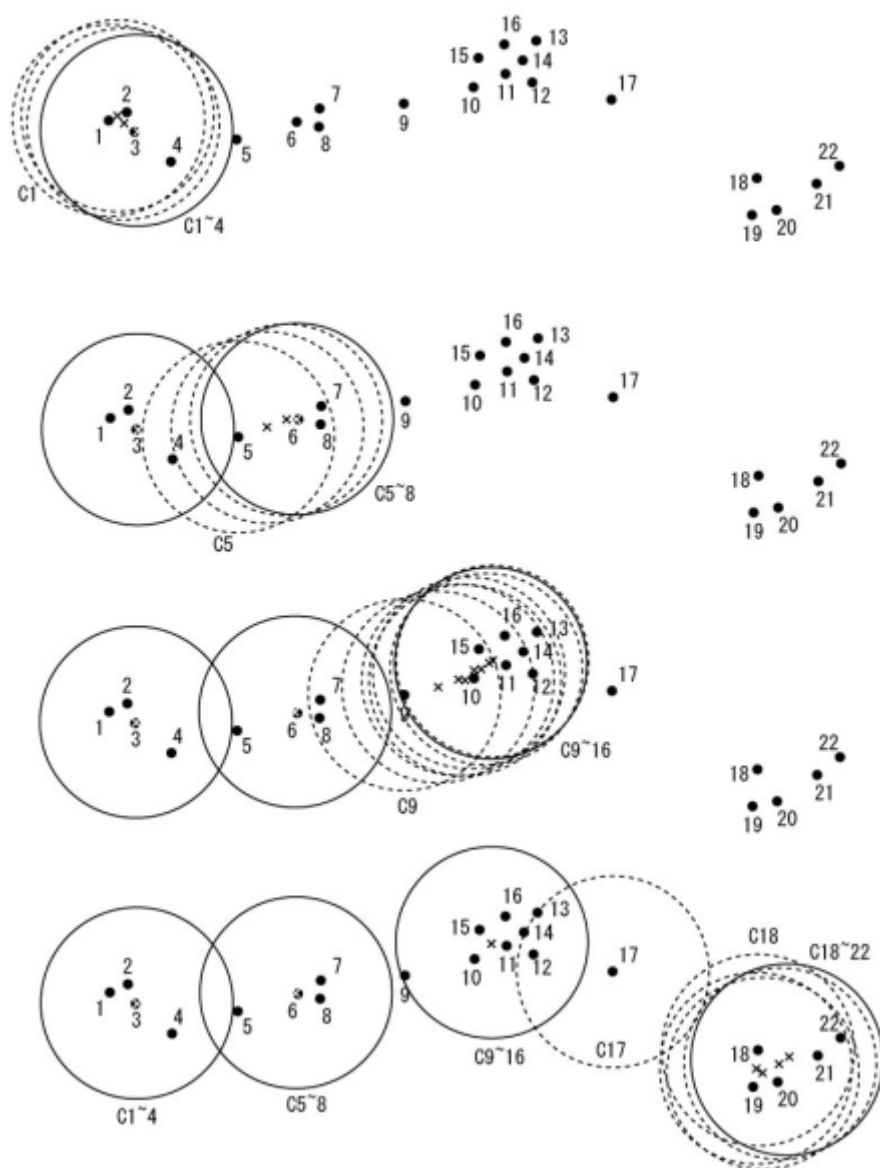


図 5.4-1 重心点法による停留点算出のイメージ

資料：ナックイメージテクノロジー社

5.5 サッカーダの抽出

本研究では、三村ら¹⁵⁾¹⁶⁾の研究を参考に、角速度 $100^{\circ}/s \sim 500^{\circ}/s$ の眼球運動をサッカーダ運動として定義し、データの抽出を行った。ただし、アイマークレコーダに記録された生データには、サッカーダに関する直接的な情報は含まれていないため、アイマークの位置座標をもとに下記の手順にしたがってサッカーダの抽出を行った。なお、サッカーダを抽出するにあたっては、1 フレーム 1/60 秒で記録されているアイマークデータを 1 フレーム 1/30 秒のデータに加工し、視差補正処理によって得られた両眼のアイマーク位置座標を用いて抽出した。

STEP 1

n 番目アイマークの水平方向および垂直方向の位置座標を (x_n, y_n) 、 $n+1$ 番目のアイマーク位置座標を (x_{n+1}, y_{n+1}) とし、以下の式 (5.5.1) をもとにアイマーク移動距離 L を求める。

$$L = \sqrt{(x_{n+1} - x_n)^2 + (y_{n+1} - y_n)^2} \quad (5.5.1)$$

ただし、移動距離 L の単位は $^{\circ}$ である。

STEP 2

アイマーク移動距離 L をアイマーク記録間隔である 1/30 秒で除し、アイマーク移動速度 V を求める。ただし、 V の単位は $^{\circ}/s$ である。

STEP 3

$100^{\circ}/s \leq V \leq 500^{\circ}/s$ に該当するデータをサッカーダとみなし抽出する。

第 6 章 注視挙動分析

- 6.1 凝視度
- 6.2 注視対象と注視時間の関係
- 6.3 注視対象と注視回数の関係
- 6.4 注視回数と注視時間の関係
- 6.5 情報エントロピーによる注視点分布評価
- 6.6 被験者の性格と注視挙動の関係
- 6.7 サッカー発生頻度

6.1 凝視度

停留時間分布に関する研究は従来から理論的になされており、その頻度分布はガンマ関数の一つの型であるアーラン分布に適合することが知られている。そのアーラン分布は、2つのパラメータ λ （整数）および k （正の整数）によって定まり、その確率密度関数は以下の式（6.1.1）に従うとされている。

$$f(t) = \frac{\lambda^k \cdot t^{k-1}}{(k-1)!} \exp(-\lambda t) \quad (6.1.1)$$

ここで、正の整数値である k は凝視度であり、平均停留時間を m とすると2つのパラメータ λ と k は、 $m = k/\lambda$ の関係が成り立つ。

凝視度（ k ）とは、注意の集中の度合いと目の動きの関連を表す指標であり、値が大きいほど集中の度合いが高いことを示す。本研究では、分析区間ごとに算出した平均注視時間を平均停留時間とみなして確率密度関数の理論値を求め、理論値との適合度を有意水準 5% の χ^2 検定で行い、最もあてはまりがよかった k の値を凝視度とした。

表 6.1-1 に各区間の凝視度と平均注視時間を示す。区間 4、1-2、4-2 は凝視度の値が 7～8 と高い値を示し、区間 2 および区間 3 は凝視度が 4～5 と低い値となった。また、靖国通りに設けた区間 4 と 4-2 は凝視度が同じ値となったものの、区間 3 は区間 4 や 4-2 に比べて凝視度が低い値となった。またその傾向は、進行方向が異なる区間 1 と区間 1-2 の比較においても見られる。したがって、注意の集中の度合いと目の動きの関連は、走行区間の違いだけでなく、進行方向の違いによっても影響を受けると考えられる。

また、図 6.1-1 は表 6.2-1 の値を式（6.1.1）にあてはめて求めた各区間の注視時間頻度分布の理論値を示したものである。区間 2 や区間 3 といった凝視度が低い値を示した区間は、凝視度が高い区間 4 や区間 1-2 に比べて注視時間が比較的長い 0.5 秒以上の注視が行われる割合が高いことがわかる。

表 6.1-1 凝視度算出結果

	区間1	区間2	区間3	区間4	区間1-2	区間4-2
凝視度	6	4	5	7	8	7
平均注視時間 (sec)	0.378	0.447	0.464	0.375	0.369	0.376

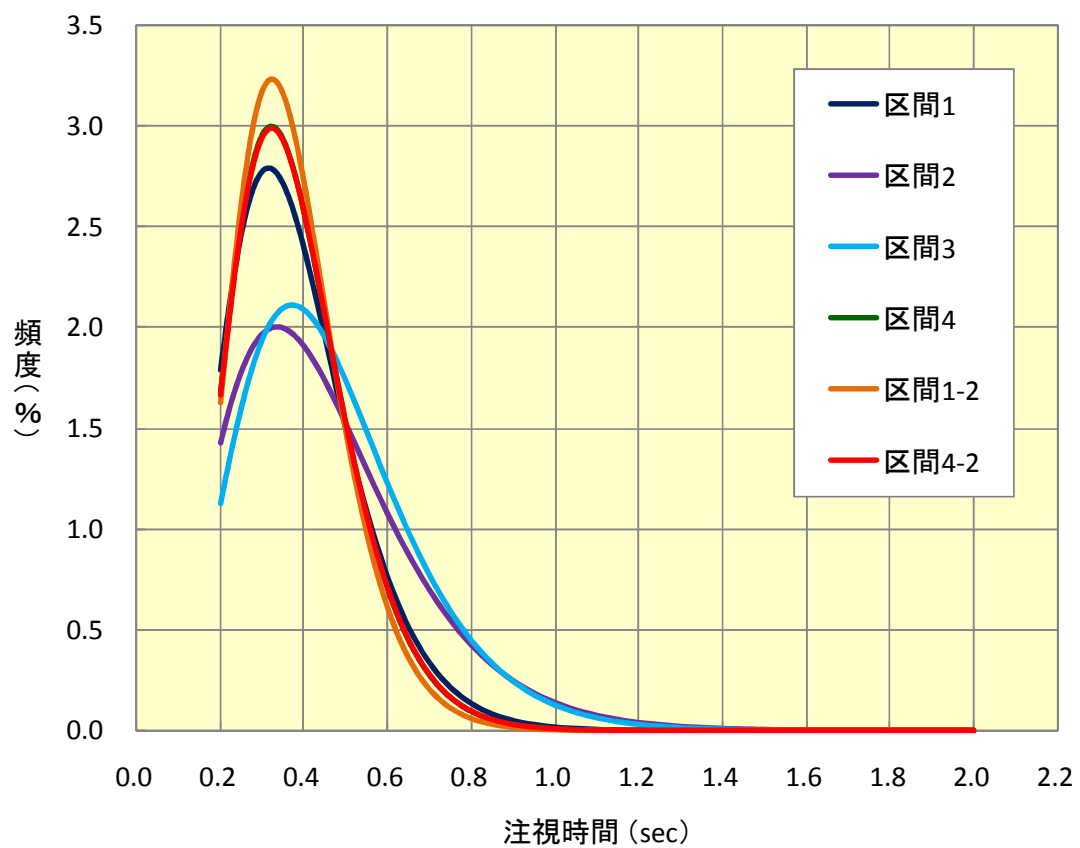


図 6.1-1 アーラン分布に基づく各区間の注視時間頻度分布（理論値）

6.2 注視対象と注視時間の関係

分析対象区間内における多種多様な注視対象を表 6.2-1 のように 13 種類に分類し、各注視対象の平均注視時間を算出した。また、区間ごとに有意水準 5% の適合度検定を行い、注視時間が他の項目に比べて有意に長いと判断できる項目を抽出した。

表 6.2-2 に区間別・注視対象別の平均注視時間を示す。本章の第 1 節において凝視度が低い値となった区間 2 および区間 3 では、凝視度が高い区間 1-2 や 4-2 に比べて平均注視時間が長いという結果が得られた。また区間別にみると、靖国通りの裏通りにあたる区間 2 では、歩行者、ファサード、路上設置物の平均注視時間が 0.5 秒以上と長く、とりわけ歩行者を注視する時間が有意に長い結果となった。この理由としては、区間 2 は歩道幅員が狭く人通りの多い商店街となっているため、歩行者を追い抜く際やすれ違う際に、歩行者や路上設置物、民地側の壁等との間隔に注意を払う必要があるためであると考えられる。

一方、平均注視時間が短く凝視度が高い区間 1-2 は、歩道幅員が狭くお店の数や人通りが少ない裏通りであるため、周囲を見渡す時間が他の区間に比べて増えると考えられる。したがって、0.5 秒以上注視する対象物がファサードのみとなり、区間全体の平均注視時間も短くなったと考えられる。

表 6.2-1 注視対象分類項目

注視対象	具体例
歩行者	歩いている人や店先に立っている人
自転車	人が乗ってこいでいる自転車
自動車	動いている自動車、駐車車両
路面	アスファルトやタイル等で舗装された部分
路面サイン	横断歩道のゼブラ模様など
段差	車道と歩道の境界部、車道の路肩
信号・標識	信号機や道路標識
陳列商品	店先に並べてある商品やショーウィンドウ
屋外広告物	袖看板や立て看板など
ファサード	建物の壁面(ショーウィンドウは除く)
道路付属物	道路植栽、街路灯など
障害物	三角コーン、路上に駐輪されている自転車、ボラードなど
遠方	アイマークが遠方にあり注視対象が特定できない場合や空を見ていた場合

表 6.2-2 注視対象別平均注視時間

	区間1	区間2	区間3	区間4	区間1-2	区間4-2	全区間
歩行者	0.542	0.501 **	0.462 **	0.384 **	0.289	0.418 **	0.439 **
自転車	-	0.376	-	0.534	-	-	0.428
自動車	-	-	-	0.234	0.200	0.337	0.319
路面	0.373 **	0.359 **	0.250	0.234	0.311 **	0.382	0.344 **
路面サイン	0.250	0.242	0.259	0.501	0.287	0.300	0.286
段差	0.344	0.317	0.617	0.392	0.296	0.223	0.347 **
信号機・標識	-	-	-	0.584	-	-	0.584
陳列商品	-	0.237	0.526	0.334	-	0.267	0.346
屋外広告物	0.250	-	0.276	-	-	0.384	0.296
ファサード	0.334	0.709	0.345	0.316	0.696 **	0.381 **	0.426 **
路上設置物	0.200	0.614	0.343	0.361	-	0.272	0.391
障害物	-	-	0.359	0.250	-	-	0.304
遠方	0.380	0.492 **	0.658 **	0.444 **	0.347	0.363	0.457 **
平均	0.378	0.447	0.464	0.563	0.369	0.376	0.400

**が付いている項目は、有意水準 5%の適合度検定の結果、他の項目よりも注視時間が有意に長いと判定された項目を示す。また、平均注視時間が 0.5 秒以上の項目を赤色で示している。

6.3 注視対象と注視回数の関係

表 6.2-1 の注視対象分類項目をもとに注視対象と注視回数の関係性について分析を行った。なお、分析を行うにあたっては、本章の第 1 節および第 2 節より得られた結果を基に注視対象別の注視を、0.2 秒以上 0.5 秒未満の短時間注視と 0.5 秒以上の長時間注視の 2 種類に分類し、有意水準 5%の適合度検定によって統計的に注視する回数が多い注視対象を抽出した。

(1) 区間 1 の分析結果

区間 1 の分析結果を図 6.3-1 に示す。区間 1 において短時間注視される回数が有意に多い注視対象は、路面、段差、ファサード、遠方の 4 項目であり、長時間注視される回数が有意に多い注視対象は歩行者および遠方の 2 項目であった。路面と段差が短時間注視のみで注視回数が有意に多いとなった理由としては、区間 1 の歩道の舗装状況が悪かったことが影響したものと考えられる。路面に凹凸がある場所を走行する際にはバランスを崩さないよう路面性状に注意を払う必要があるため、路面の状況を頻繁に確認していたと考えられる。

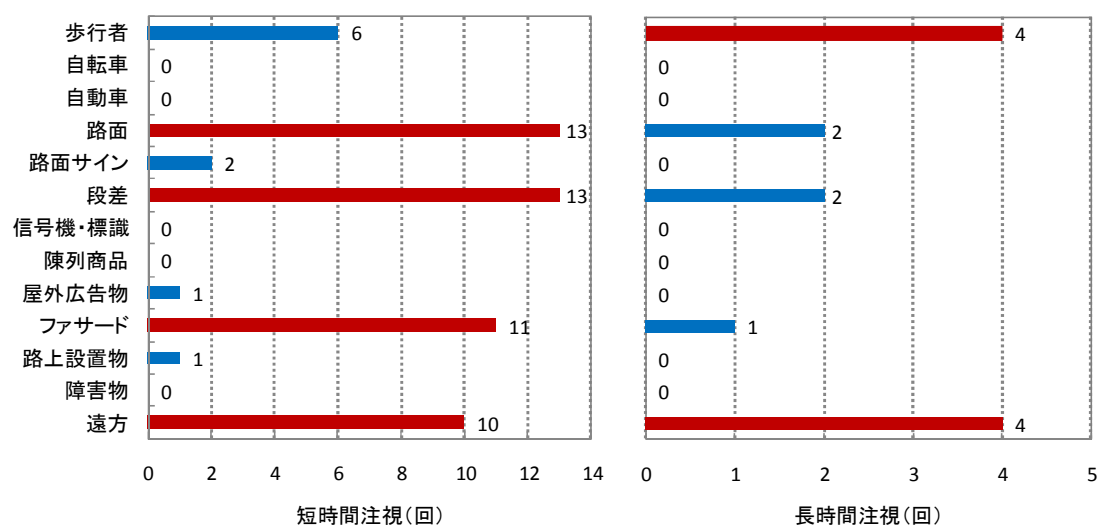


図 6.3-1 注視対象別注視回数（区間 1）

※図中の赤色の棒は適合度検定の結果、他の項目よりも注視回数が有意に多いと判別された注視対象を示す

（２）区間２の分析結果

区間２の分析結果を図 6.3-2 に示す。区間２において短時間注視される回数が有意に多い注視対象は、歩行者、路面、段差の３項目であり、長時間注視される回数が有意に多い注視対象は歩行者の１項目のみであった。

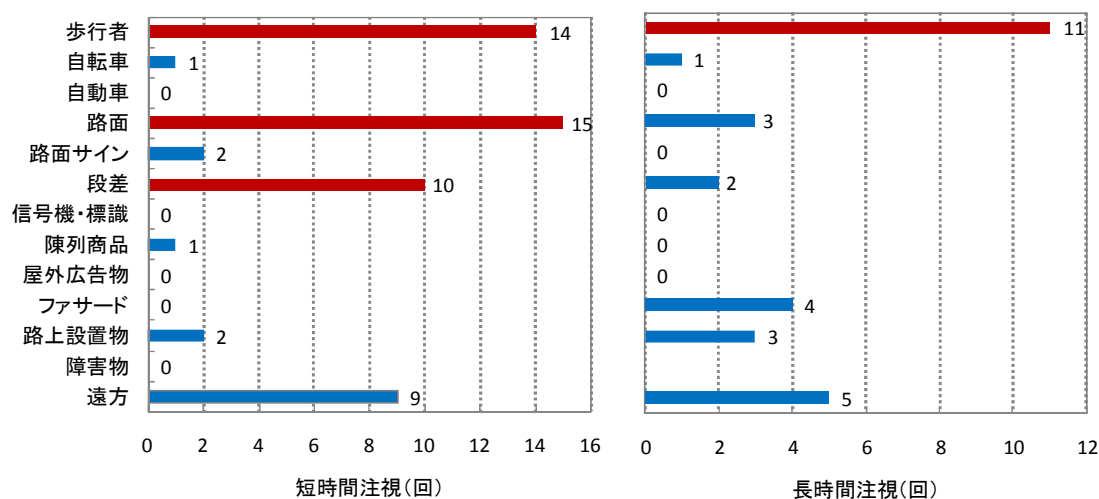


図 6.3-2 注視対象別注視回数（区間 2）

※図中の赤色の棒は適合度検定の結果、他の項目よりも注視回数が有意に多いと判別された注視対象を示す

（３）区間３の分析結果

区間３の分析結果を図 6.3-3 に示す。区間３において短時間注視される回数が有意に多い注視対象は、歩行者、遠方の２項目であり、長時間注視される回数が有意に多い注視対象は歩行者の１項目のみであった。区間３においては、前方に歩行者が多数いる場合には短時間注視を行い、前方に歩行者がいない場合には遠方を注視する傾向が見られた。

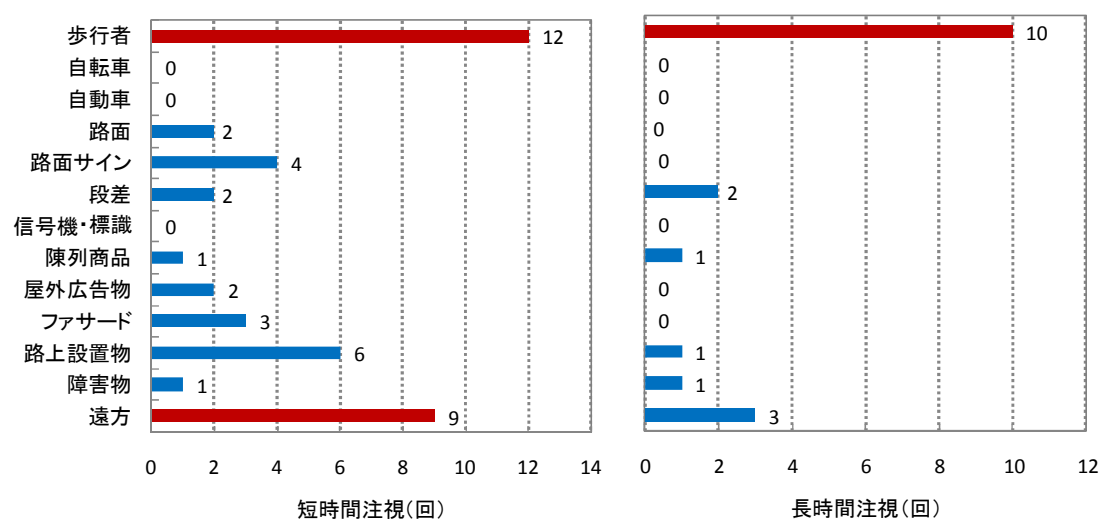


図 6.3-3 注視対象別注視回数（区間 3）

※図中の赤色の棒は適合度検定の結果、他の項目よりも注視回数が有意に多いと判別された注視対象を示す

(4) 区間4の分析結果

区間4の分析結果を図6.3-4に示す。区間4において短時間注視される回数が有意に多い注視対象は、歩行者、ファサード、遠方の3項目であり、長時間注視される回数が有意に多い注視対象は歩行者と遠方の2項目であった。

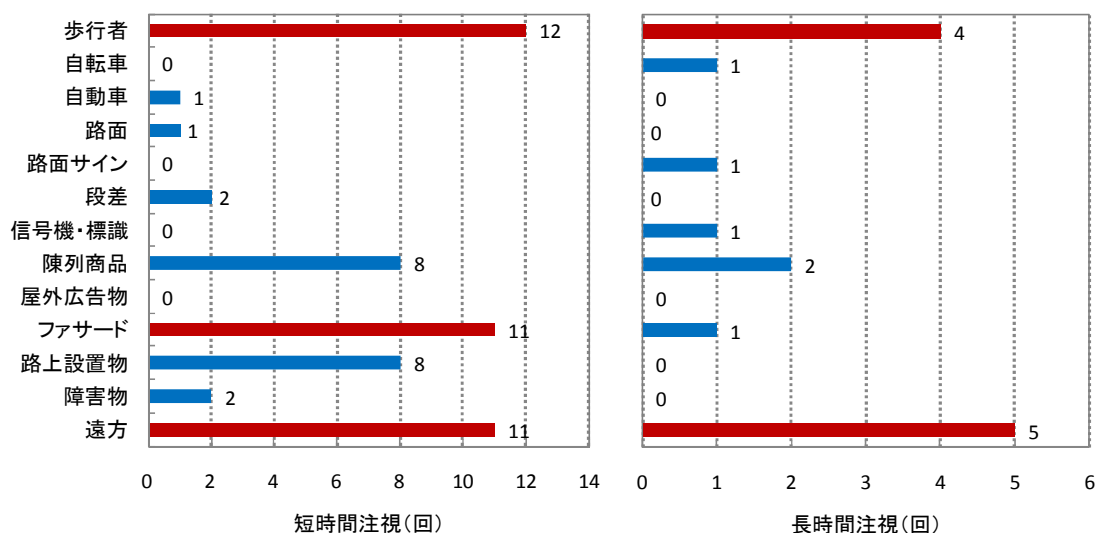


図 6.3-4 注視対象別注視回数（区間4）

※図中の赤色の棒は適合度検定の結果、他の項目よりも注視回数が有意に多いと判別された注視対象を示す

(5) 区間1-2の分析結果

区間1-2の分析結果を図6.3-5に示す。区間4において短時間注視される回数が有意に多い注視対象は路面の1項目のみであり、長時間注視される回数が有意に多い注視対象はファサードの1項目のみであった。

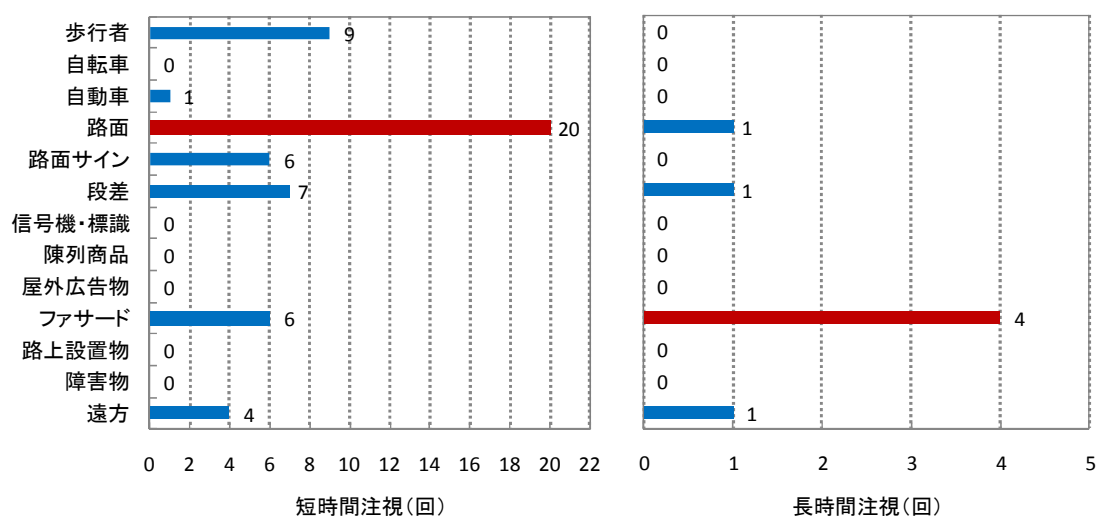


図 6.3-5 注視対象別注視回数（区間1-2）

※図中の赤色の棒は適合度検定の結果、他の項目よりも注視回数が有意に多いと判別された注視対象を示す

（６）区間 4-2 の分析結果

区間 4-2 の分析結果を図 6.3-6 に示す。区間 4-2 において短時間注視される回数が有意に多い注視対象は歩行者とファサードの 2 項目であり、長時間注視される回数が有意に多い注視対象は歩行者の 1 項目のみであった。

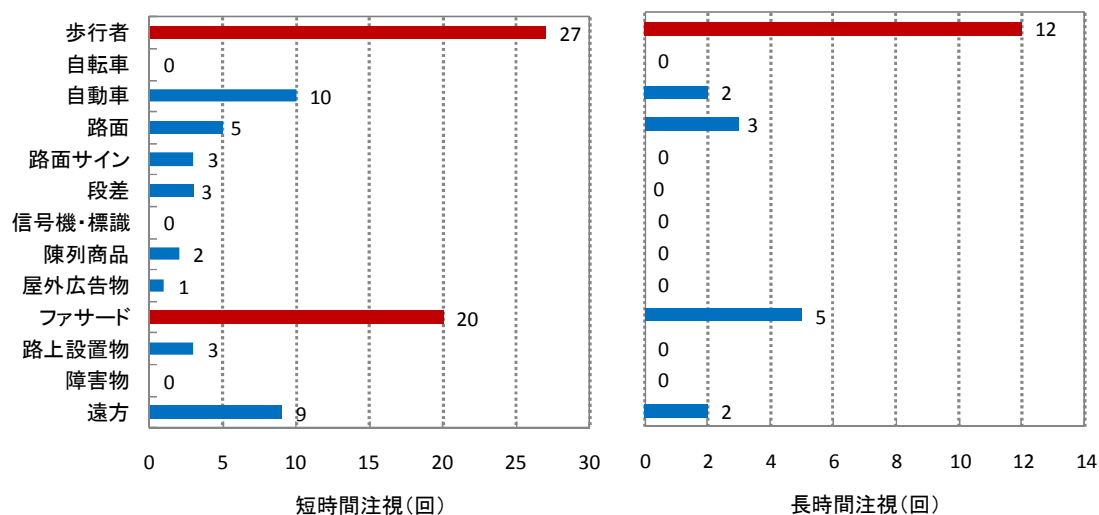


図 6.3-6 注視対象別注視回数（区間 4-2）

※図中の赤色の棒は適合度検定の結果、他の項目よりも注視回数が有意に多いと判別された注視対象を示す

（７）全区間の分析結果

区間 1～区間 4-2 の全 6 区間のデータを全てまとめて分析した結果を図 6.3-7 に示す。全 6 区間を通じて短時間注視される回数が有意に多い注視対象は、歩行者、路面、ファサード、遠方の 4 項目であり、長時間注視される回数が有意に多い注視対象は歩行者と遠方の 2 項目であった。

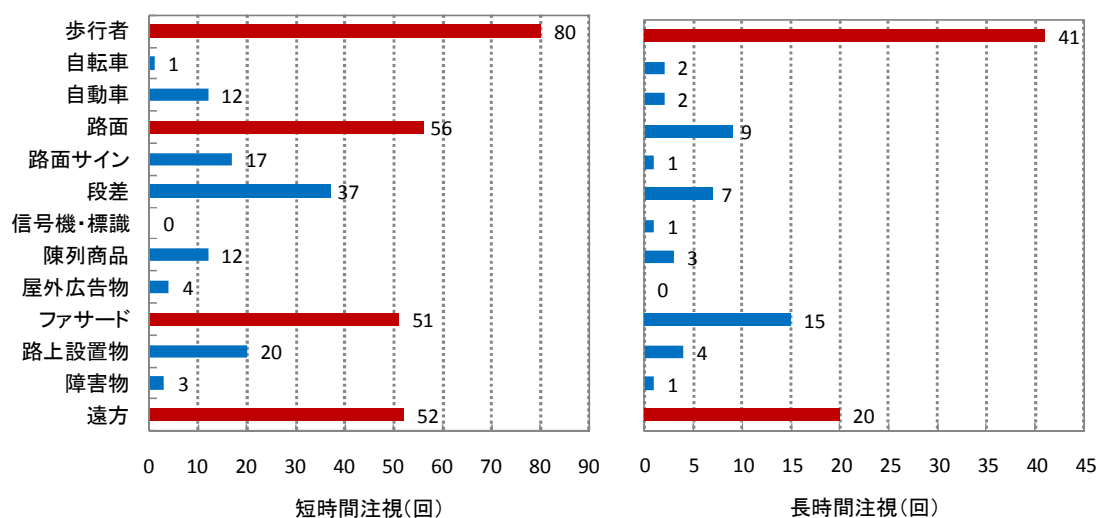


図 6.3-7 注視対象別注視回数（全 6 区間）

※図中の赤色の棒は適合度検定の結果、他の項目よりも注視回数が有意に多いと判別された注視対象を示す

6.4 注視回数と注視時間の関係

注視時間は視覚探索（visual search）の効率と、各注視点での注意あるいは処理の深さの二つの側面に関係するものとして、情報の獲得を検討するうえで重要な測度となる。注視時間が短いと一定時間内に多箇所への注視を行うことが可能となり、視覚探索の効率は良くなる。他方、注視時間が長いと、一般的には当該注視点での処理が深いことを示すとされており、これらは相反する関係になる²²⁾。

既往研究においては門間ら²³⁾が、都市高速道路のS曲線部におけるドライバーの注視挙動を対象に、平均注視回数と平均注視時間の関係について分析を行っており、両者の間には図6.4-1のようなレード・オフの関係（反比例の関係）が成り立つことを明らかにしている。また門間ら²³⁾は、平均注視時間と平均注視回数の積である回帰係数 a を“注意の払い方（attention performance）”と呼び、交通量が多く混雑度が大きい区間や事故の多い曲線区間ほどこの値が大きくなる傾向にあることを明らかにしている。

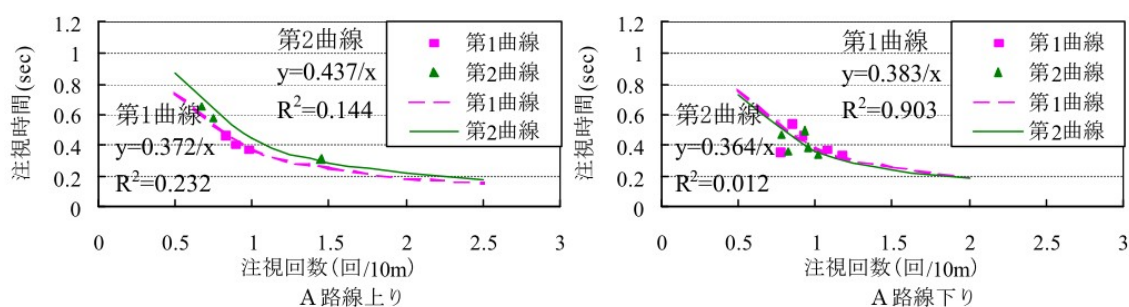


図 6.4.1 既往研究における高速道路走行時の注視時間と注視回数の関係

出典：引用文献[23]

以上のように、平均注視回数や平均注視時間の間にはトレード・オフの関係が成り立ち、空間の混雑度や危険度を計る指標として利用できる可能性があるとの報告がされているが、歩行者や自転車、車椅子といった他の交通モードについても自動車運転時と同様の関係が成り立つのかどうかは明らかにされておらず、検証の余地が残されている。

そこで本研究では、自動車運転時の注視挙動において成り立つとされる平均注視回数と平均注視時間のトレード・オフ関係が、自転車走行時においても成り立つのかどうかを検証するため、以下の式（6.4.1）および式（6.4.2）によって定義される平均注視時間と平均注視回数を算出し、両者の関係性について分析を行った。

$$Ht = Tt/Tk \quad (6.4.1)$$

$$Hk = Tk/St \quad (6.4.2)$$

ただし、**Ht** は平均注視時間 (sec/回)、**Tt** は総注視時間 (sec)、**Hk** は平均注視回数 (回/sec)、**Tk** は総注視回数 (回)、**St** は走行時間 (sec) である。

図 6.4-2 および表 6.4-1 に分析区間別・被験者別に算出した平均注視時間と平均注視回数の関係を示す。門間ら²³⁾の報告通り、自転車利用者の平均注視回数と平均注視時間においてもトレード・オフの関係が成り立つと考えられる。しかし、全データを対象とした分数（反比例）近似曲線を求めたところ自由度修正済み決定係数 (R^2) の値が 0.35 となり、近似曲線に対するあてはまりは良くなかった。ただし、図 6.4-2 を見ると、分析対象区間によってばらつきの程度が異なっているため、各区間のデータに対して先程と同様に近似曲線を求めた。区間別に算出した近似曲線の回帰係数 **a** および自由度修正済み決定係数 R^2 の値を表 6.4-2 に示す。靖国通りを左側走行した区間 3 および区間 4 において **a** と R^2 の値が大きくなっていることがわかる。ここで、平均注視時間と平均注視回数の積である回帰係数 **a** の値を各被験者が自転車走行中に取得した“情報量”であると捉えると、靖国通りのようにたくさんの店舗が集積し、歩行者交通量も多い幹線道路上では道路空間全体の混雑度が大きくなるため、被験者も危険を避けるためにより多くの情報を得ようとする注視挙動を働かせたと考えられる。また、混雑度が大きい場所では、歩行者や路面など、注視対象が進行方向前方にあるものにある程度限定され则认为られるため、各被験者は同じような注視挙動を示し、結果として近似曲線のあてはまりが良くなったと考えられる。

一方、**a** および R^2 の値が小さくなった区間 1 および区間 2 は、歩道幅員が狭い裏通りであるため、歩行者の数が一人増えることによる空間内の情報量の増加は靖国通りのように常に一定数の歩行者がいるような場所に比べて大きいと考えられる。そのため、歩行者数の増減などのちょっとした道路環境の変化が注視挙動に大きな影響を与え、結果として、被験者間の注視挙動にばらつきが生じたと考えられる。

表 6. 4-1 平均注視時間および平均注視回数の算出結果

	区間1		区間2		区間3		区間4		区間1-2		区間4-2	
	Ht	Hk	Ht	Hk	Ht	Hk	Ht	Hk	Ht	Hk	Ht	Hk
被験者A	0.36	1.54	0.47	1.48	0.39	1.34	0.37	1.64	0.33	2.13	0.37	1.99
被験者B	0.34	1.43	0.39	1.54	0.56	1.24	0.38	1.73	0.29	1.65	0.32	1.74
被験者C	0.55	1.05	0.42	1.62	0.58	1.09	0.34	2.01	0.86	1.06	0.43	1.81
被験者D	0.29	1.89	0.47	1.26	0.36	2.09	0.39	1.46	0.29	1.32	0.30	2.33
被験者E	0.43	2.17	0.48	1.72	0.49	1.39	0.34	2.35	0.30	2.37	0.46	1.72

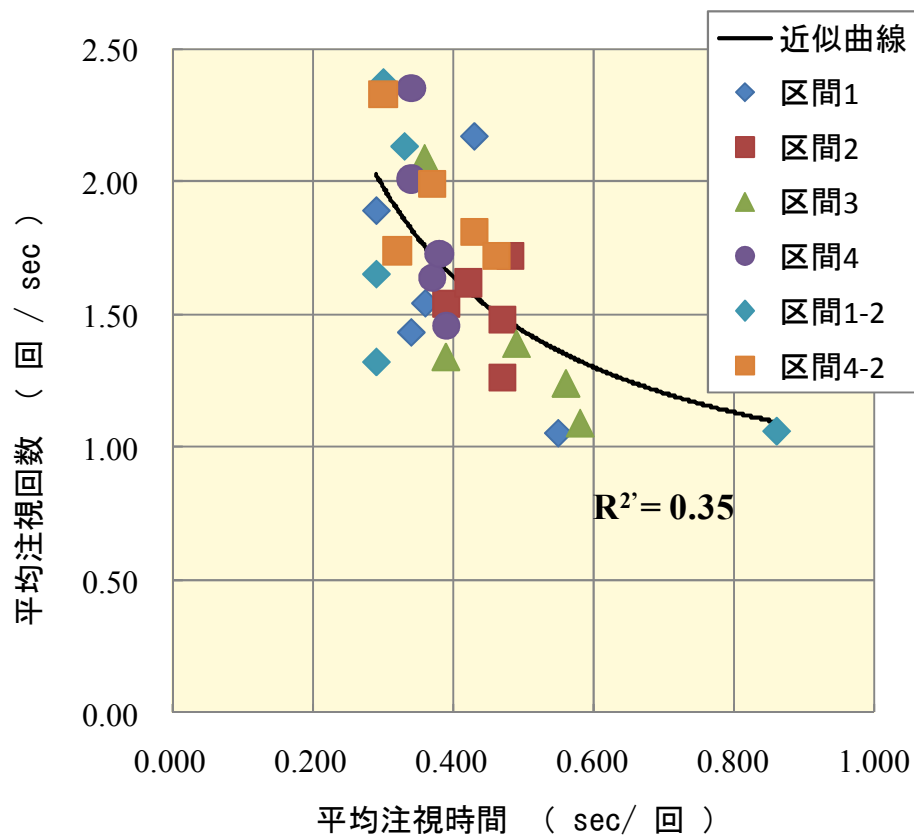


図 6. 4-2 平均注視回数と平均注視時間の関係

表 6. 4-2 近似曲線の回帰係数と自由度修正済み決定係数

	回帰係数 a	$R^{2'}$
区間1	0.30	0.1未満
区間2	0.10	0.1未満
区間3	0.91	0.99
区間4	1.75	0.76
区間1-2	0.30	0.1未満
区間4-2	0.34	0.17

6.5 情報エントロピーによる注視点分布評価

本章の第 4 節にて分析を行った注視回数と注視時間の関係を、「不確かさ」や「曖昧さ」を示す尺度である情報エントロピーの概念を用いて、注視点分布という観点から分析を行った。

情報エントロピーとは、1865 年にドイツの物理学者であるルドルフ・クラウジス (Rudolf Julius Emmanuel Clausius) が、物質や熱の拡散の程度を表すパラメータとして考案したエントロピーという概念をもとに、アメリカの数学者であるクロード・シャノン (Claude E. Shannon) が、1948 年に「A Mathematical Theory of Communication」の中で発表した情報量を定義する情報理論の一つである。なお、情報エントロピーは次の式 (6.5.1) によって求められる。

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (6.5.1)$$

ここで、**H** : 情報エントロピー (情報量)、**p_k** : 事象 **i** の起こる確率

情報エントロピーは、不確かさや曖昧さ、無秩序さ等の程度が甚だしいほど値は大きくなり、また、各事象の生起確率が等しければ情報エントロピーは最大となる。

一般に、情報エントロピーを算出する際には、ある空間を任意の数に分割する必要があるため、一般的には任意の大きさのメッシュを作成し、メッシュ単位で計算を行う場合が多い。例えば、図 6.5-1 は 8 つに区切られた空間の中に存在する歩行者を模式的に表したものであるが、全歩行者数を **N**、各メッシュの中に存在する歩行者の数を **n** とした場合の情報エントロピーを求めると、図 6.5-1 の左側の状態は 2.87、右側の状態は 2.82 となる。このように、分布のばらつきが大きいほどエントロピーの値も大きくなる。

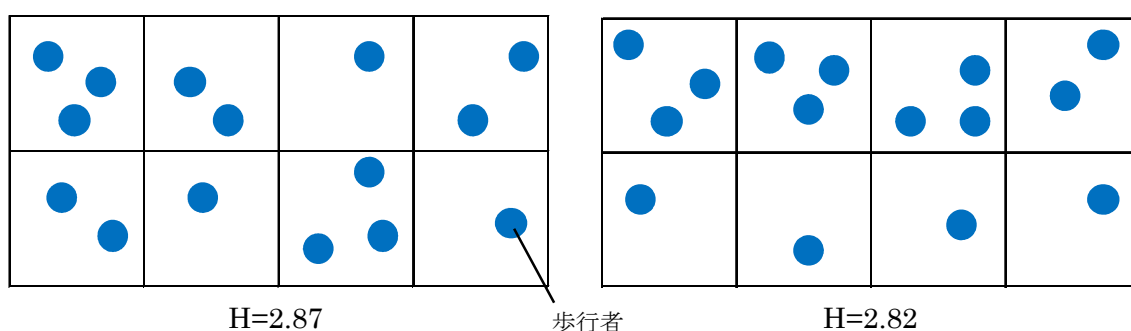


図 6.5-1 エントロピーのイメージ

本研究では図 6.5-2 のように、視野映像およびアイマーク位置座標全体を 16×16 の計 256 メッシュに分割し、各メッシュ内の注視回数および注視時間を度数と考え、総注視回数および総注視時間に対する比をそれぞれの生起確率としてエントロピーを算出した。

区間別に集計したエントロピーの算出結果を図 6.5-3 に示す。区間 1 と区間 2、また区間 3 と区間 4 のように、道路構造や混雑度が類似する区間同士の注視回数エントロピーはほぼ同じ値を示した。また、

道路幅員が広く交通量も多い区間 3 および区間 4 のエントロピーは、道路幅員が狭く交通量も比較的少ない区間 1 および区間 2 のエントロピーに比べて小さい値を示した。この結果より、エントロピーの大きさは混雑度によって変化し、混雑度が大きい場所ほどエントロピーは小さくなり注視点分布のばらつきが小さくなると考えられる。このような傾向を示す理由としては、本章の第 4 節でも述べたように、混雑度が大きい場所では進行方向前方を注視する状態が続くため、必然的に注視点のばらつきが小さくなるためであると考えられる。ただし、区間 4 と区間 4-2 のように混雑度がほぼ同じ場所であるにもかかわらず、進行方向の違いだけでエントロピーの値が大きく変化した区間もあったため、混雑度以外にも注視挙動に影響を与えている要素はあると考えられる。

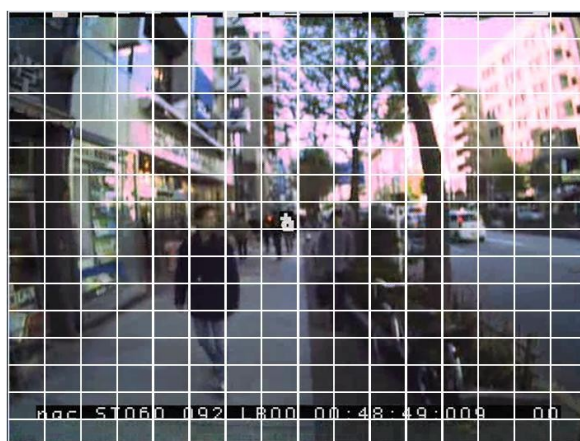


図 6.5-2 情報エントロピー算出メッシュ
※1 メッシュの大きさは縦 4.3° 、横 5.8° である。

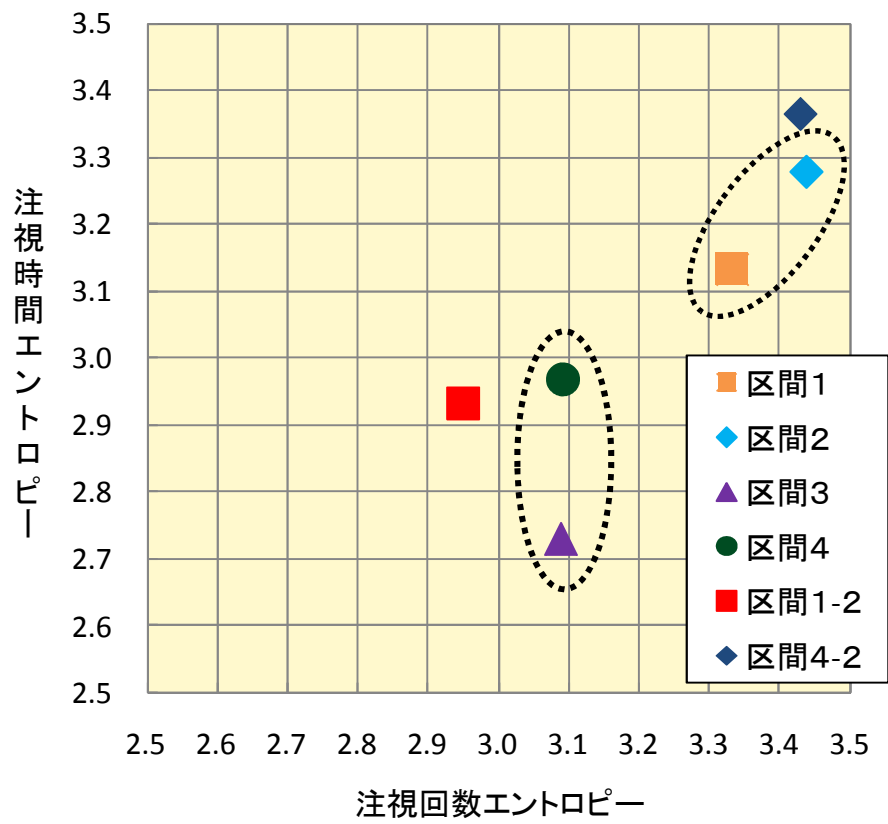


図 6.5-3 エントロピー算出結果

6.6 被験者の性格と注視挙動の関係

自転車乗車時の注視挙動は、道路空間の混雑度以外に被験者の性格とも少なからず関係性があると考え、5名の被験者全員に対して「自動車運転適性診断心理テスト（以下、心理テストと称す）」を実施した。このテストはweb上で誰もが無料で受けることができ、これまでも自転車走行時に生じるストレスという心理的側面から自転車走行空間の評価を行った研究²⁵⁾ ²⁶⁾などにおいても利用されているため、本研究でも被験者の性格を分析および把握するためのツールとして有用であると考え利用することとした。

心理テストは表 6.6-1 に示す、「攻撃性」、「情緒薄弱性」、「衝動性」、「虚栄心」、「神経過敏性」、「自己中心性」という6つの項目を、「かなり高い」、「高い」、「普通」、「少し低い」、「低い」の5段階で評価し、被験者の性格を診断するものである。また、テスト終了時には各項目に対する評価スコアも表示される。ただし、このスコアは評価項目によって配点異なるため、他の評価項目と成績の良し悪しを比較することはできないが、被験者間での比較は可能となる。

表 6.6-1 自動車運転適性診断心理テストの評価項目とその特徴

評価項目	傾向・特徴
攻撃性	攻撃性は、身体的あるいは精神的に他者を攻撃する程度を示す尺度である。攻撃性の高い人は交通違反に対して罪悪感が少なく、違反を犯しやすい傾向がある。運転時における攻撃性は、交通事故や交通違反に強く結びつくとされている。
情緒薄弱性	情緒薄弱性は、精神的に不安定かどうかを示す尺度である。この傾向が高い人は、気分がイライラしたり感情が沈みがちな時は、ヒヤッとする不安定な運転をしたり、運転中に悩み事を考え安全運転の意識が欠けてしまうことが多い。また、攻撃性の次に事故に結びつきやすいとされている。
衝動性	衝動性は、自制心をなくしてすぐ衝動的になったり、せっかちな行動をとりやすいかどうかを示す尺度である。この傾向が高い人は、慌てたり、「脇見運転」「ながら運転」で事故になる可能性がある。また、攻撃性と結びつくともかなり危険な行動を起こす可能性があるとされている。
虚栄心	虚栄心は、他者に対して自分をよく見せようとする態度をとりやすいかどうかを示す尺度である。この傾向が高い人は、他人に対して自分をよく見せようとする気持ちが強いいため、派手な運転や危険な運転をする傾向がある。
神経過敏性	神経過敏性は、慎重になりすぎて周囲の変化に過敏になりやすいかどうかを示す尺度である。この傾向が高い人は、咄嗟の状況変化にどう対処してよいのかわからなくなるなど、咄嗟の判断に弱い。
自己中心性	この尺度が高い人は、自分勝手な判断や行動をとりがちで、自分の思いこみで行動したり、常に自分を正当化するという傾向があり、「見込み運転」や「だろー運転」に結びつきやすい。

ここで、表 6.6-2 に 5 人の被験者の心理テストの診断結果を示す。表中の○や△などの記号は 5 段階評価の結果を示しており、評価が高い者ほど危険な運転や無謀な運転をしやすい傾向にあると判断される。また、記号の隣に書かれている数値は、テスト終了時に表示される各項目のスコアを偏差値に換算したものであり、各項目の中で最も偏差値が高かった者を赤で、逆に最も低かった者を青で示している。テストの結果、被験者 C と被験者 E は評価の高い項目を多く有していることから、他の被験者に比べて危険な運転や無謀な運転をしやすい性格を有していると考えられる。

図 6.6-1 は、本章の第 5 節で算出したエントロピーを被験者別に集計し直したものである。自転車走行時に無謀な運転をしやすい傾向にあると考えられる被験者 C と被験者 E は、他の被験者に比べてエントロピーが低く、注視点分布のばらつきが小さい結果となった。注視点分布のばらつきが少ないということは、注視する範囲がある程度限定されており、特定のものや特定の方向を注視しやすい傾向にあると考えられる。前方に歩行者等がいる場合にはこのような注視傾向が見られても問題がないと考えられるが、交差点を横断する際などにもこのような傾向が見られる場合には、歩行者、自転車、自動車と接触事故を起こす危険性があるため非常に危険である。

そこで、実験時に得られた視野映像を確認し、各区間内の分析対象交差点を横断する際に左右の安全確認を行ったかどうかを定性的に判断した。その結果、被験者 C と被験者 E は安全確認を行わずに進行方向前方を注視した状態で交差点を横断するケースが多く見受けられた（表 6.6-3）。したがって、各被験者の性格は注視挙動と少なからず関連性があるものと考えられ、特に注視点分布のばらつきが小さい人（エントロピーが小さい人）は、進行方向前方などの特定の方向を注視しやすい傾向にあることから交差点等で事故を引き起こす可能性が高いと考えられる。

表 6.6-2 心理テストの診断結果

	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	被験者E
攻撃性	△ (47.3)	× (45.1)	× (45.1)	× (42.8)	△ (69.8)
情緒薄弱性	△ (33.5)	△ (52.4)	○ (64.4)	△ (47.2)	△ (52.4)
衝動性	△ (41.4)	△ (49.2)	△ (41.4)	△ (49.2)	△ (68.7)
虚栄心	△ (48.0)	△ (32.6)	△ (53.1)	○ (63.3)	△ (53.1)
神経過敏性	△ (40.5)	△ (50.0)	○ (69.0)	△ (46.8)	△ (43.7)
自己中心性	△ (42.4)	◎ (53.6)	◎ (66.9)	△ (38.0)	△ (49.1)

◎: かなり高い ○: 高い △: 普通 ×: 低い

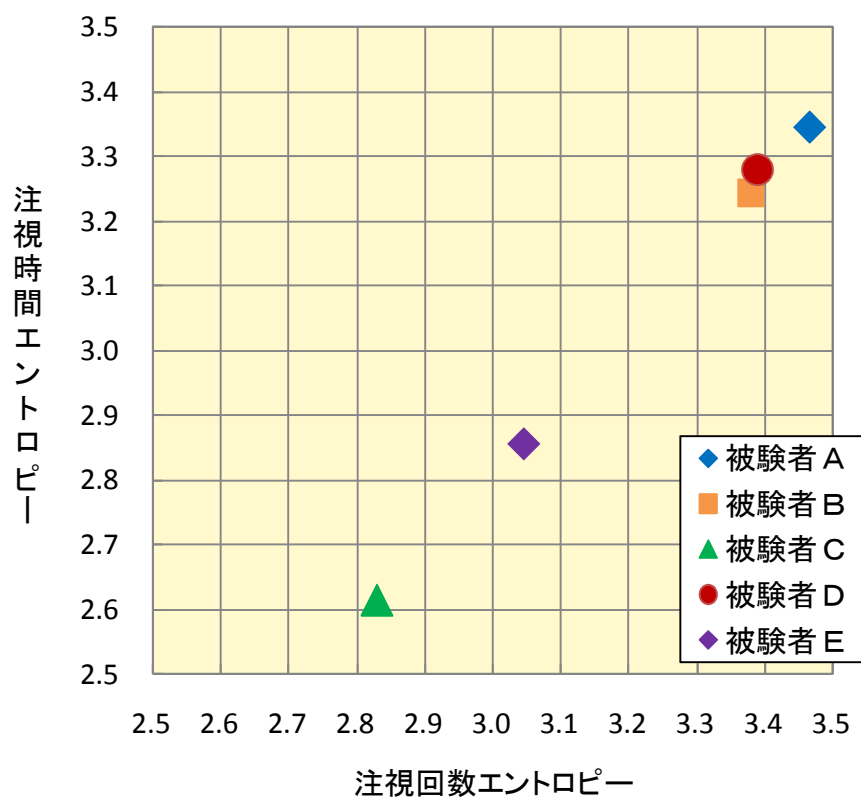


図 6.6-1 エントロピー算出結果（被験者別）

表 6.6-2 心理テストの診断結果

	区間1	区間2	区間3	区間4	区間1-2	区間4-2
被験者A	×	○	○	○	○	○
被験者B	○	○	○	○	○	○
被験者C	○	×	○	×	×	×
被験者D	○	○	○	○	○	○
被験者E	×	×	×	○	×	×

○：安全確認を行った形跡あり ×：安全確認を行った形跡なし

6.7 サッカー発生頻度

サッカーとは、視線を移す時に生じる急速な眼球運動のことであり、最大速度は $700^{\circ}/s$ を超えると言われている。先行研究^{15) 16)}においては、サッカー発生頻度を用いた生活道路の安全性評価指標の構築が検討されているが研究事例がまだ少ないため、その有用性が明らかにされていない。

そこで本研究では、分析区間内で生じたサッカーを被験者別に抽出し、サッカー発生頻度（秒間当たりのサッカー発生回数）がどのような要因と関連性があるのかを考察することとした。なお、サッカーの抽出方法や定義は先行研究にならい、検出レート 60Hz でサンプリングされたアイマークデータを1フレーム $1/30$ 秒のデータに変換した後、アイマーク位置座標をもとに算出した眼球速度が $100^{\circ}/s \sim 500^{\circ}/s$ の範囲内のものをサッカーと定義した。

図 6.7-1 に区間別・被験者別に算出した秒間当たりのサッカー発生頻度を示す。これを見ると、被験者 C や被験者 E は全ての区間においてサッカー発生頻度が低い値を示す一方、被験者 B や被験者 D は比較的高い値を示しており、サッカー発生頻度は被験者による違いが大きいことがわかる。また、被験者 B と被験者 D のサッカー発生頻度に注目すると、全体的に値の変動の仕方が類似しており、この傾向は被験者 A と被験者 E など他の被験者間でも部分的に見られる。よって、サッカーの発生頻度は個人差があるものの、走行区間の混雑度や道路構造なども何らかの影響を与えていると考えられる。ただし、本研究ではその問題の原因究明までには至らなかったため今後の課題とする。

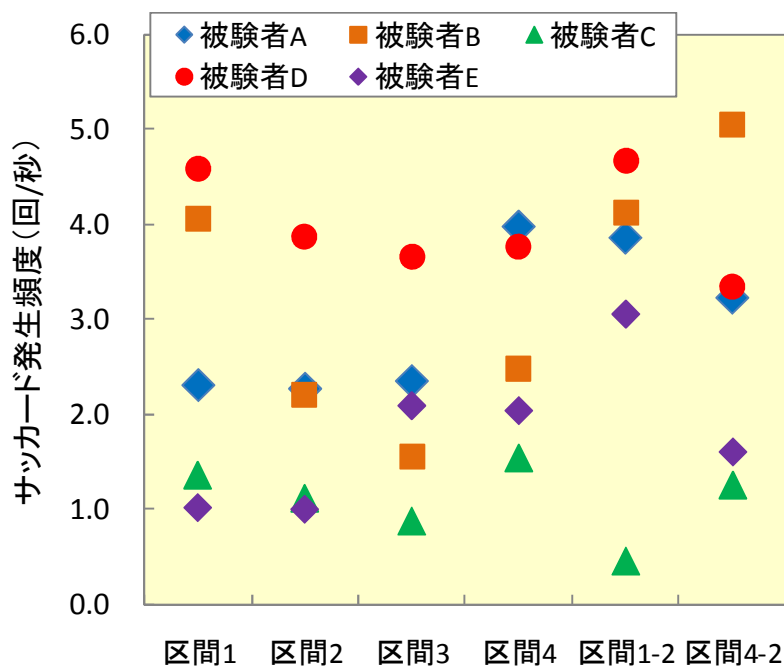


図 6.7-1 サッカー発生頻度

第7章 結論

7.1 結論

7.2 今後の課題

7.1 結論

本研究より得られた結論を以下に示す。

1. 注意の集中の度合いを示す凝視度は、走行区間の違いだけでなく進行方向の違いによっても影響を受ける。
2. 凝視度が低い値を示した区間では、注視時間が比較的長い 0.5 秒以上の注視が行われる確率が高くなり、平均注視時間も長くなる。
3. 自転車利用者が注視する時間が長い対象物は、歩行者、路面、ファサード、遠方の 4 つである。
4. 注視回数と注視時間の積で表される情報量は、道路空間の混雑度が増すにつれて大きくなる傾向がある。ただし、混雑度が同じ場合であっても進行方向が異なることにより情報量の大きさも異なる場合があったことから、混雑度以外の要因も注視挙動に影響を与えていると考えられる。
5. 混雑度が大きい幹線道路では、注視対象が進行方向前方の路面や歩行者に限定されやすくなるため被験者間の注視挙動に大きな差が生じにくく、注視時間と注視回数の間には明快なトレードオフ（反比例）の関係が成り立つ。一方、道路空間が狭く混雑度が小さい場所では、歩行者の有無などのわずかな道路環境の変化が注視挙動に大きな影響を与えるため注視挙動にばらつきが生じやすくなる。
6. エントロピーの値は混雑度によって変化し、混雑度が大きい場所ほどエントロピーの値は小さくなる傾向がある。
7. 自転車利用者の性格と注視挙動は関連性があり、危険な運転や無謀な運転をしやすい性格を有している人は注視点分布のばらつきが小さい。また、注視点分布のばらつきが小さい人は、特定のものや特定の方向を注視しやすい傾向があるため、信号機の無い交差点を横断する際などは左右の安全確認を行わない場合が多い。

7.2 今後の課題

1. 本研究では、被験者の頭部回転を考慮せずにエントロピーを算出したが、頭部回転を許容するか否かで結果が変わってくる可能性もある。そのため、頭部回転を許容した分析方法を今後検討することが必要である。
2. 屋外実験を行う場合には、歩行者交通量などの交通条件を統一することができないため、分析結果がどのような要因に最も影響を受けたのかを判断することが難しい。そのため、3D-VR およびドライビングシミュレータの利用可能性を検討し、各被験者が同一条件で実験を行える環境をつくる必要がある。
3. 本研究では被験者を男子大学生のみに限定して実験を行ったが、今後は女性や高齢者なども含め、性別や年齢が異なる多くの被験者で実験を行うことにより、一般的な注視挙動特性を明らかにすることが必要である。

引用文献

- 1) 政府統計の総合窓口：<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001062201>
(2011.2.14)
- 2) 山中英夫：自転車の走行環境評価について-混在交通に着目して-, 交通工学, Vol.40, No.5, pp.20-26, 2005.
- 3) 押川智亮, 小川圭一：自転車の錯綜現象に対する交通コンフリクト指標の適用可能性に関する検討, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.29, No.17, 2004.
- 4) 高範, 原田昇, 太田勝敏, 室町泰徳：低速度域における自転車の挙動と占有領域に関する研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第4部, Vol.56, pp.314-345, 2001.
- 5) 山中英生, 田宮佳代子, 山川仁, 半田佳孝：自転車走行速度に着目した歩行者・自転車混合交通の評価基準, 土木計画学研究・論文集, Vol.18, No.3, pp.471-476, 2001.
- 6) 吉村正浩, 足達健夫, 萩原亨, 内田賢悦, 加賀屋誠一：歩行者・自転車双方の心理を考慮した歩道空間の安全性評価に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.31, No.120, 2005.
- 7) 伊藤真人, 金利昭：自転車通行帯が設置された歩道での歩行者・自転車の挙動分析-東京都荒川区南千住駅前通りでのケーススタディ-, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.31, No.121, 2005.
- 8) 松丸未和, 大蔵泉, 中村文彦, 平石浩之：自転車の歩道通行可運用区間における錯綜現象に関する研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.56, pp.318-319, 2001.
- 9) 小川圭一, 松隈矩之, 押川智亮：歩道設置道路における自転車の歩車道選択行動に関する分析, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.31, No.122, 2005.
- 10) 知花弘吉：歩行者の注視傾向からみた空間把握に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, Vol.520, pp.159-164, 1999.
- 11) 加々美淳, 赤松明, 久下靖征：屋外広告物の形態と歩行者の注視特性との関係, 日本デザイン学会研究発表大会概要集, Vol.54, pp.238-239, 2007.
- 12) 池應れいか, 岡崎甚幸, 鈴木利友：駅前市街地における注視対象と注視行動-街路における探索歩行時の注視に関する研究その2-, 日本建築学会学術講演梗概集 E-1 建築計画 1, Vol.2004, pp.813-814, 2004.
- 13) 知花弘吉, 亀谷義浩, 竹嶋祥夫：交差点付近における高齢者と健常者の注視特性, 日本建築学会論文集, Vol.73, No.624, pp.319-324, 2008.
- 14) 高桑栄司, 齋藤和夫, 榎谷有三：アイマークレコーダによる運転者の視点挙動解析方法について, 土木学会北海道支部論文報告集, No.45, pp.499-502, 1989.
- 15) 三村泰広, 稲垣具志, 李泰榮, 野田宏治, 北畠正巳, 荻野弘：眼球運動からみた交差点カラー舗装化による注意喚起の定量化に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.40, No.91, 2009.

- 16) 三村泰広, 稲垣具志, 野田宏治, 北畠正巳: 眼球運動による生活道路の安全性評価指標の構築に関する研究, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.41, No.117, 2010.
- 17) 知花弘吉: 交差点付近における車イス利用者と健常者の注視特性, 日本建築学会計画系論文集, No.510, pp.155-160, 1998.
- 18) 柴田直俊, 谷下雅義, 鹿島茂: アイマークレコーダによる自転車乗車時の視点挙動解析, 土木学会年次学術講演会講演概要集第4部, Vol.56, pp.316-317, 2001.
- 19) 矢島拓弥, 後藤春彦, 遊佐敏彦: 自転車利用者の注視傾向に関する研究～街路空間の比較分析を通して～, 日本建築学会大会学術講演梗概集 F-1 都市計画建築社会システム, Vol.2009, pp.647-648, 2009.
- 20) 村田隆祐: 注視行動の統計的性質, 土木学会論文報告集, Vol.213, pp.55-63, 1973.
- 21) (社)交通工学研究会: 交通工学ハンドブック 2008 (DVD-ROM 版), 丸善, 2008.
- 22) 三浦利章: 行動と視覚的注意, 風間書房, 2002.
- 23) 門間健, 岩崎征人, 古市朋輝: 都市高速道路 S 曲線部における注視挙動と運転行動, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.26, No.157, 2002.
- 24) 自動車運転適性診断心理テスト HP: <http://car.sinritest.com/> (2010.2.14)
- 25) 中島豪太, 金利昭, 鹿島茂: 心拍間隔指標を用いたストレス計測による自転車走行環境評価に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.40, No.288, 2009.
- 26) 松田和香, 竹林弘晃, 砂川尊範, 新田保次: 心電図トランスミッタを活用した自転車走行空間の実験的評価, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.37, No.146, 2008.

参考文献

- ・古賀一男：眼球運動実験 ミニ・ハンドブック，（財）労働科学研究所出版部，1998.
- ・横山広充，宮岸幸正：頭部の回転を考慮した初期注視範囲把握のための実験的検討，日本建築学会大会学術講演概要集(九州)，Vol.2007，pp.469-470，2007.
- ・石井信行，小松深志：歩行ナビゲーション利用者の経路探索歩行時注視特性，土木計画学研究・公演集，Vol.24，No.3，pp.567-575，2007.
- ・今村顕，森一彦，宮野道雄：経路探索における注視地点からみた環境分析，生活科学研究誌，Vol.2，pp.117-131，2003.
- ・奥山滋介，相原良孝，木村一祐，清水浩志郎，溝端光雄，西田泰，北川博巳，目黒力：高齢ドライバーの認知能力と注視特性について，土木計画学研究・公演概要集，Vol.28，2003.
- ・吉田五波，後藤春彦，三宅諭：車窓シークエンス景観における注視特性に関する研究，日本建築学会計画系論文集，Vol.540，pp.213-220，2001.
- ・渡辺聡，後藤春彦，三宅諭，李彰浩：商業地街路における歩行者の看板注視傾向に関する研究～銀座中央通りにおける歩行実験の分析～，日本建築学会計画系論文集，Vol.574，pp.113-120，2003.
- ・鈴木利友，岡崎甚幸，池應れいか：駅前市街地における仮設サインとアイカメラをもちいた探索歩行実験-街路における探索歩行時の注視に関する研究その 1-，日本建築学会学術講演梗概集 E-1 建築計画 1，Vol.2004，pp.811-812，2004.
- ・野村幸子，岸本達也：GPS・GIS を用いた鎌倉氏における観光客の歩行行動調査とアクティビティの分析，日本建築学会総合論文誌(4)，pp72-77，2006.
- ・森田勝也，吉井稔雄，北村隆一：エントロピーを用いた歩行者交通流の状態記述方法，土木学会年次学術講演会公演概要集，Vol.64，pp.59-60，2009.
- ・中野雅弘，片桐信，奥野正富，オウアンキ，内山善基：モバイル GIS と情報端末を用いた都水基盤施設の定量的評価に関する研究，土木情報利用技術論文集 Vol.19，pp.317-328，2010.
- ・本郷達也，朝倉康夫：GPS による移動データを用いた奈良飛鳥地域での周遊行動の分析，土木学会年次学術講演概要集，Vol.58，pp.441-442，2003.
- ・李早，宗本順三，吉田哲，康ペン：GPS を用いた水辺での行動の研究-中国の住宅団地における水景施設での歩行実験-，日本建築学会計画系論文集 Vol.3，No.630，pp.1665-1673，2008.
- ・山本泰裕，伊藤弘，小野良平，下村彰男：GPS を用いた新宿御苑における利用者の行動パターンに関する研究，ランドスケープ研究 Vol.69，No.5，pp.601-604，2006.
- ・有馬貴之：動物園来園者の空間利用とその特性-上野動物園と多摩動物公園の比較-，地理学評論 Vol.83，No.4，pp.353-374，2010.

- ・長尾光悦, 川村秀憲, 山本雅人, 大内東 : GPS ログからの周遊型観光行動情報の抽出, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.105, No.224, pp.23-28, 2005.
- ・長尾光悦, 川村秀憲, 山本雅人, 大内東 : GPS ログデータからの周遊観光行動の推定及び分析, 情報処理学会全国大会講演論文集 Vol.68, No.4, pp.345-346, 2006.
- ・陳曉峰, 秋田直也, 小谷通泰 : プローブデータを用いたトラック運行実態分析の有効性に関する検討, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.35, No.115, 2007.
- ・水野洋幸, 西堀泰英, 南部浩之, 白水靖郎 : プローブパーソン調査データを用いた自動車の細街路利用特性の分析, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.35, No.134, 2007.
- ・北村清州, 中嶋康博, 鈴木紀一, 金城一也, 我那覇亮次 : プローブパーソン調査手法の簡素化と観光交通行動調査への適用, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.35, No.129, 2007.
- ・竹上直也, 松田浩一郎, 塚口博司 : 街路網形態からみた歩行者の経路選択行動特性, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.28, No.66, 2003.
- ・貞廣雅史, 堀口良太, 松本修一 : 携帯 GPS 測位ログデータを用いた交通行動調査に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.35, No.128, 2007.
- ・小高佑樹, 平野研人, 因雄亮, 北爪繭子, 樋口政和, 川崎秀二, 村上仁己 : 携帯電話 GPS の特性評価-GPS 誤差の群特性-, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.34, No.10, pp.5-8, 2010.

謝辞

本研究を行うにあたり、終始丁寧なる御指導と多くの御助言を頂いた宮下清栄教授に深く感謝の意を表します。

また、適時適切なる御意見を頂いた高橋賢一教授にも厚く御礼申し上げます。

お忙しい中、アイマークレコーダーEMR-9 及び解析ソフト EMR-dFactory の貸与にご協力頂いた、株式会社ナックイメージテクノロジーの染谷晋様、屋外実験を行うにあたり、被験者の待機場所の提供や実験機器の電源確保にご協力頂いた千代田区まちづくり推進部の長田昭一郎様、峰岸啓介様、千代田区社会実験データをご提供して頂いたランドブレイン株式会社の瀬戸慎一様にこの場を借りて深く御礼申し上げます。

そして、同じ研究室の仲間としてお互いに切磋琢磨し、2年間苦楽を共にした、修士2年の池上孝政君と東中昌也君に深く御礼申し上げます。

また、空間分析研究室修士1年の新堀未生さん、林祐徳君、学部4年の浅井壮君、阿蘇愛美さん、岩本誠史君、大原浩平君、小山裕也君、清水翔太君、新郷洋平君、鈴木俊也君、外村剛久君、福田哲也君、本間修平君、箕輪龍人君、村田和寛君には、教える事も教えられること事も多々あり、有意義な時を過ごすことができました。特に、外村君は後輩でありながらも良き相談相手として研究のサポートをして頂きました。ここに感謝の意を表します。

また、フォーキャスト市ヶ谷ビルにて、1年間苦楽を共にした、都市空間情報研究室の秋本秀憲君、岩井創君、小川俊平君、貴依聡史君、そして環境水文学研究室の土屋雄大君に感謝の意を表します。

2011年2月19日

儀同 聡

資料編

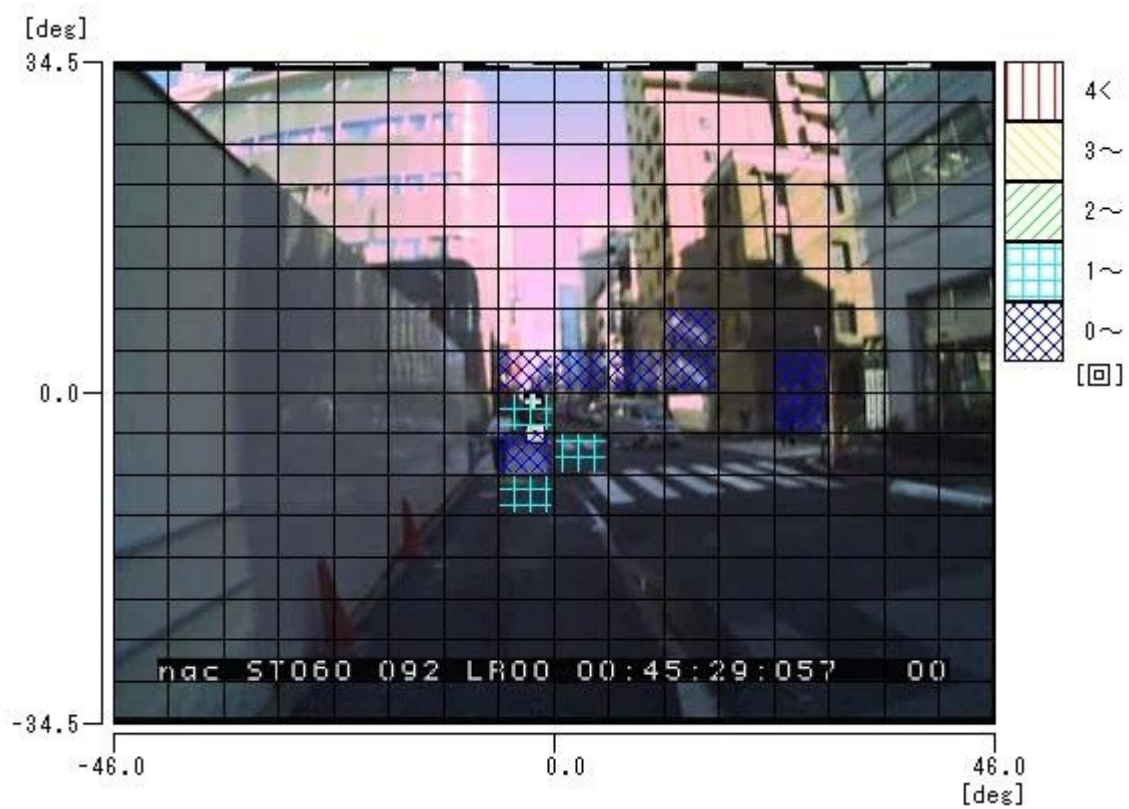


図1 注視回数分析図（被験者 A, 区間 1）

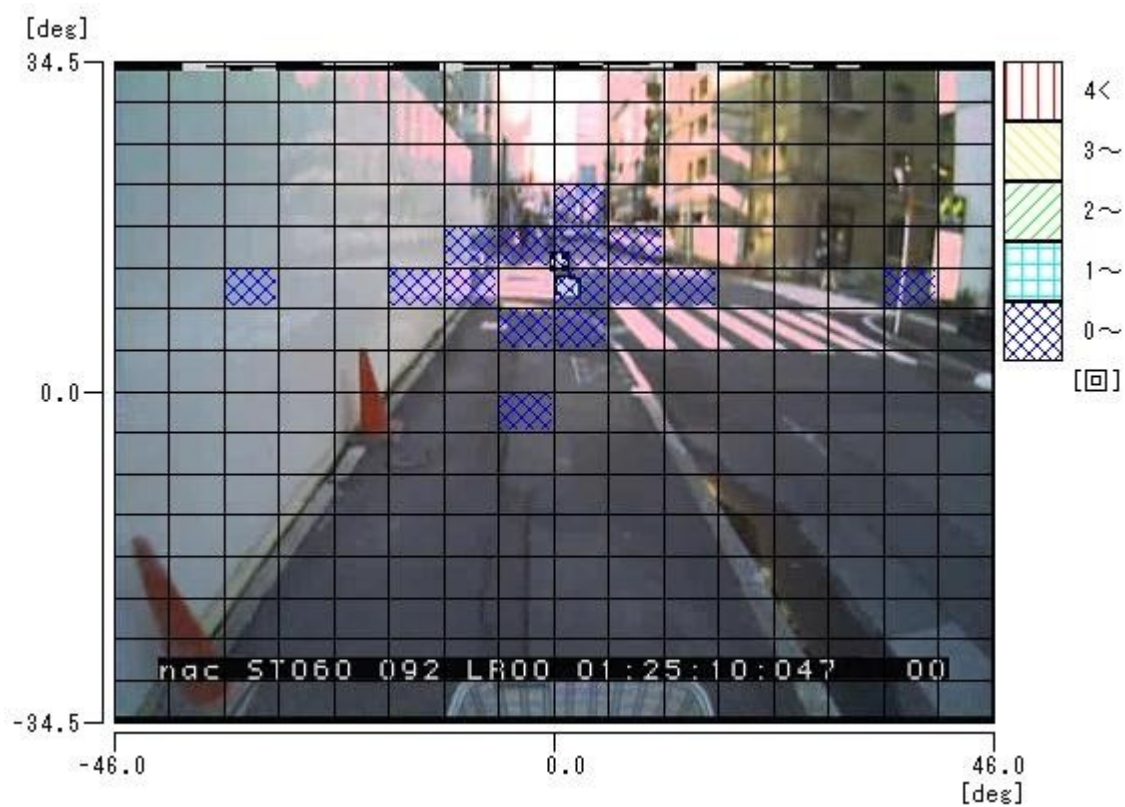


図2 注視回数分析図（被験者 B, 区間 1）

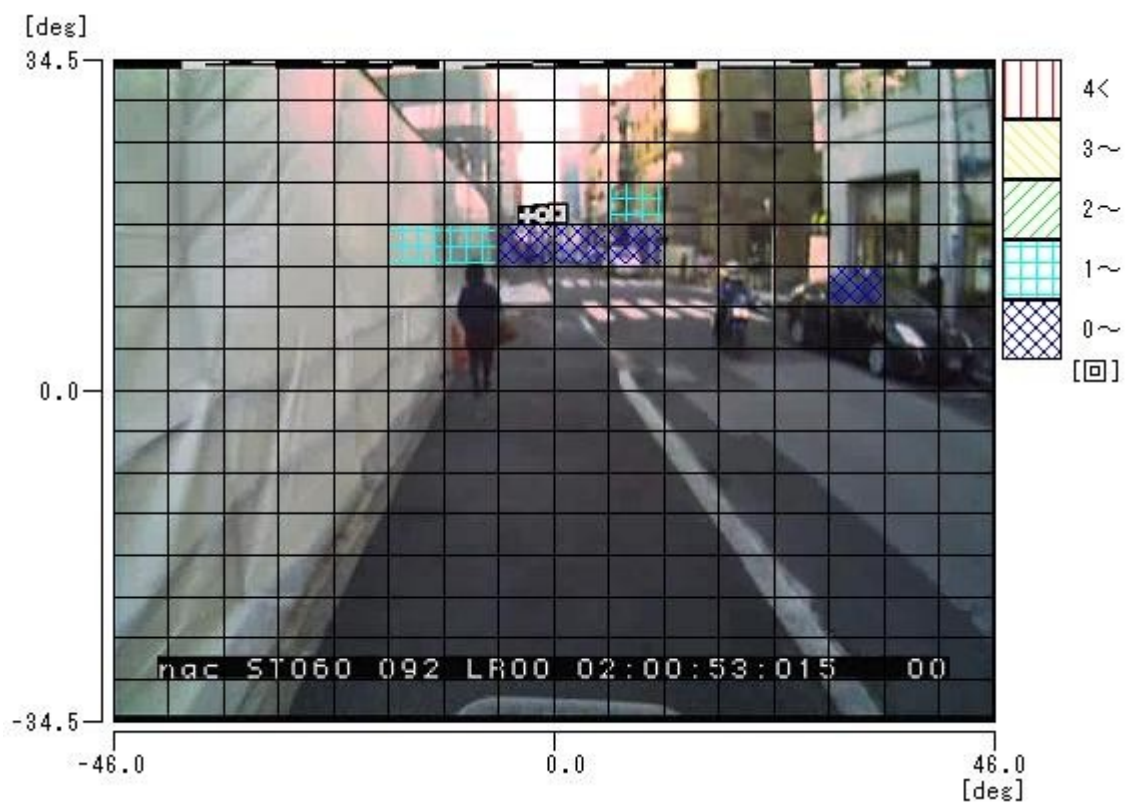


図3 注視回数分析図（被験者C，区間1）

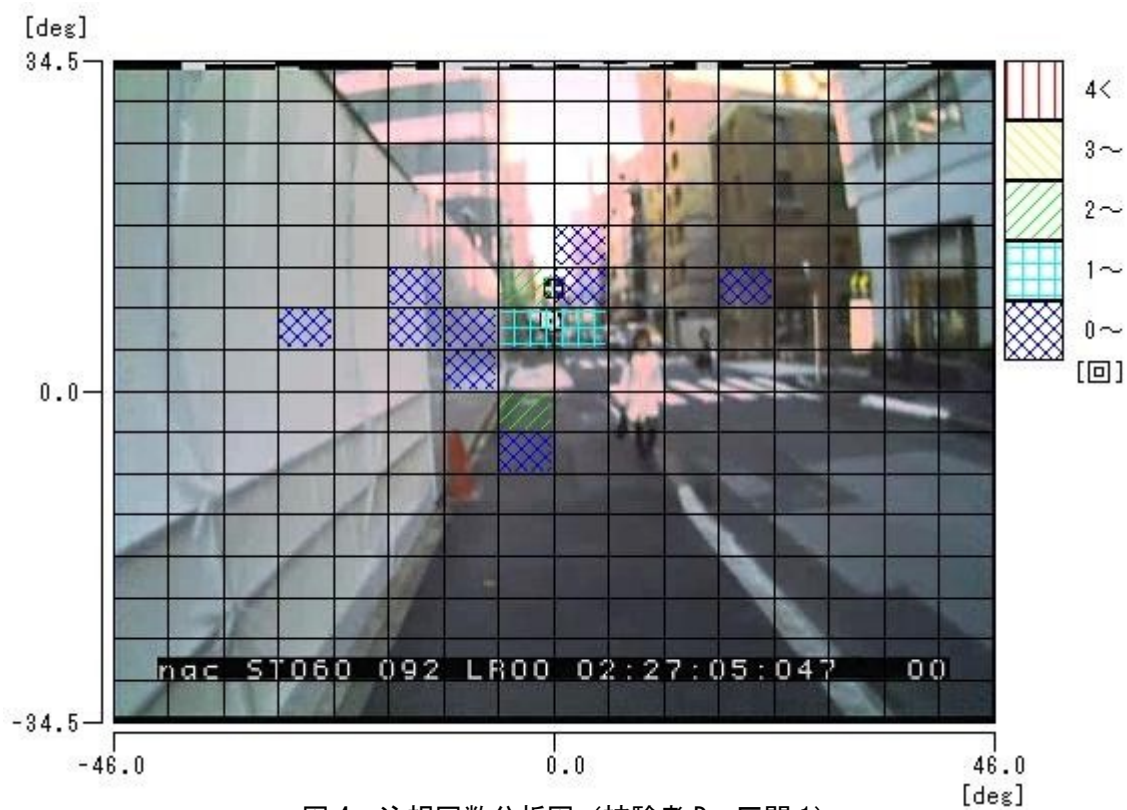


図4 注視回数分析図（被験者D，区間1）

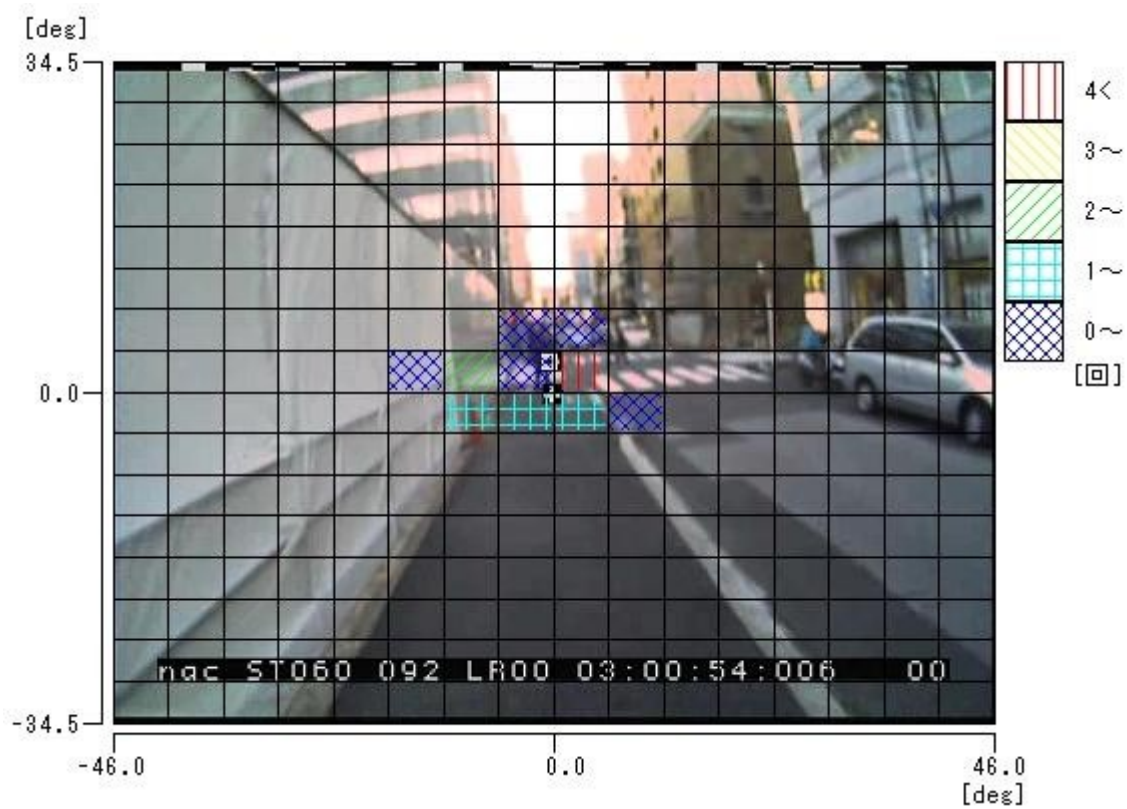


図5 注視回数分析図（被験者 E, 区間 1）

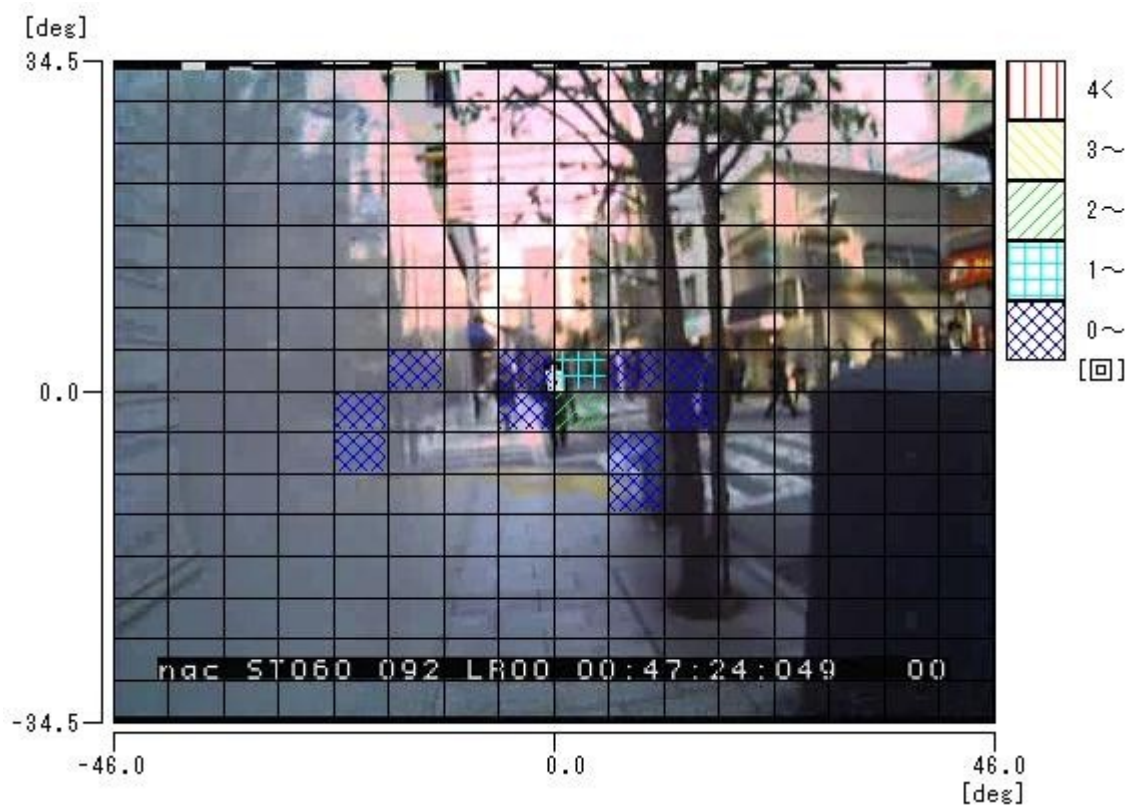


図6 注視回数分析図（被験者 A, 区間 2）

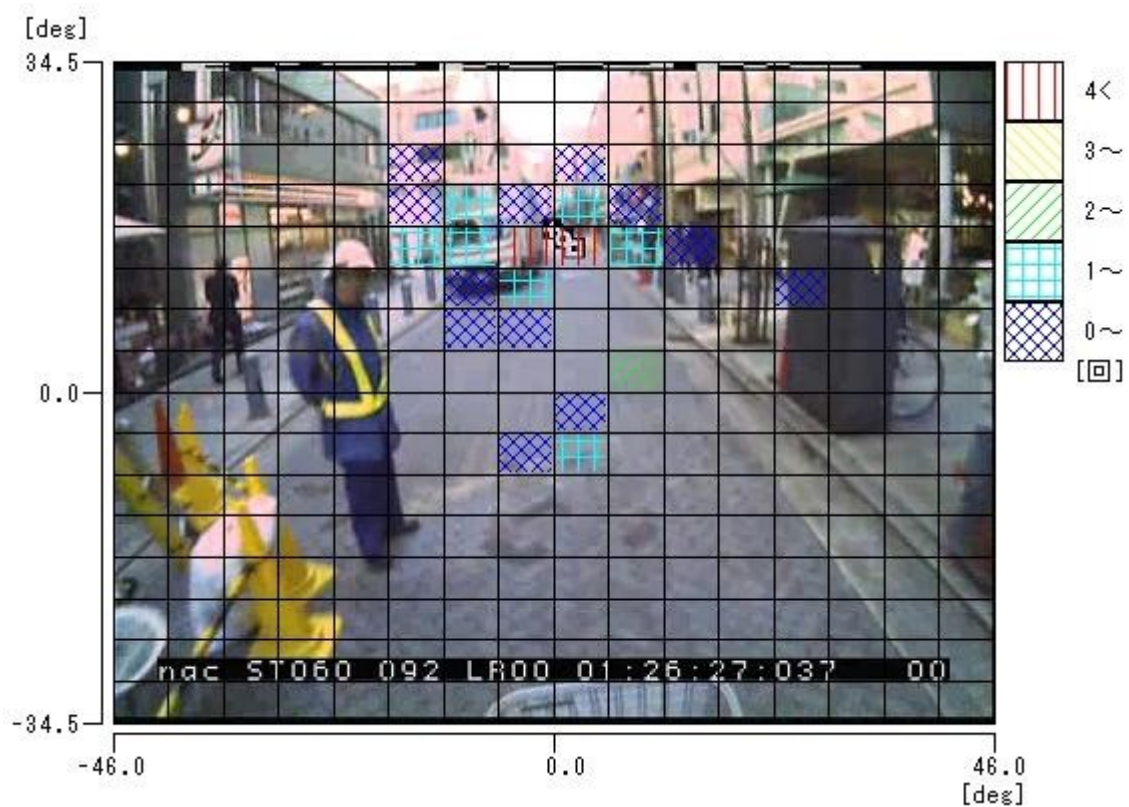


図7 注視回数分析図（被験者B, 区間2）

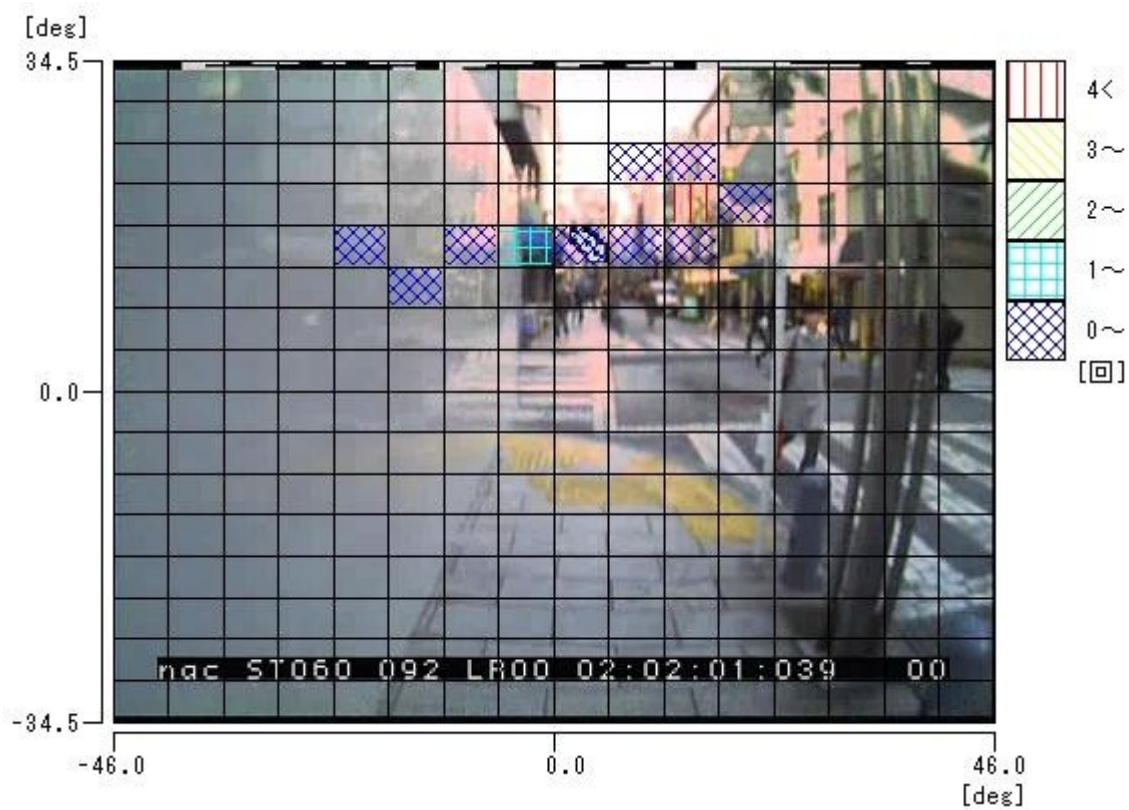


図8 注視回数分析図（被験者C, 区間2）

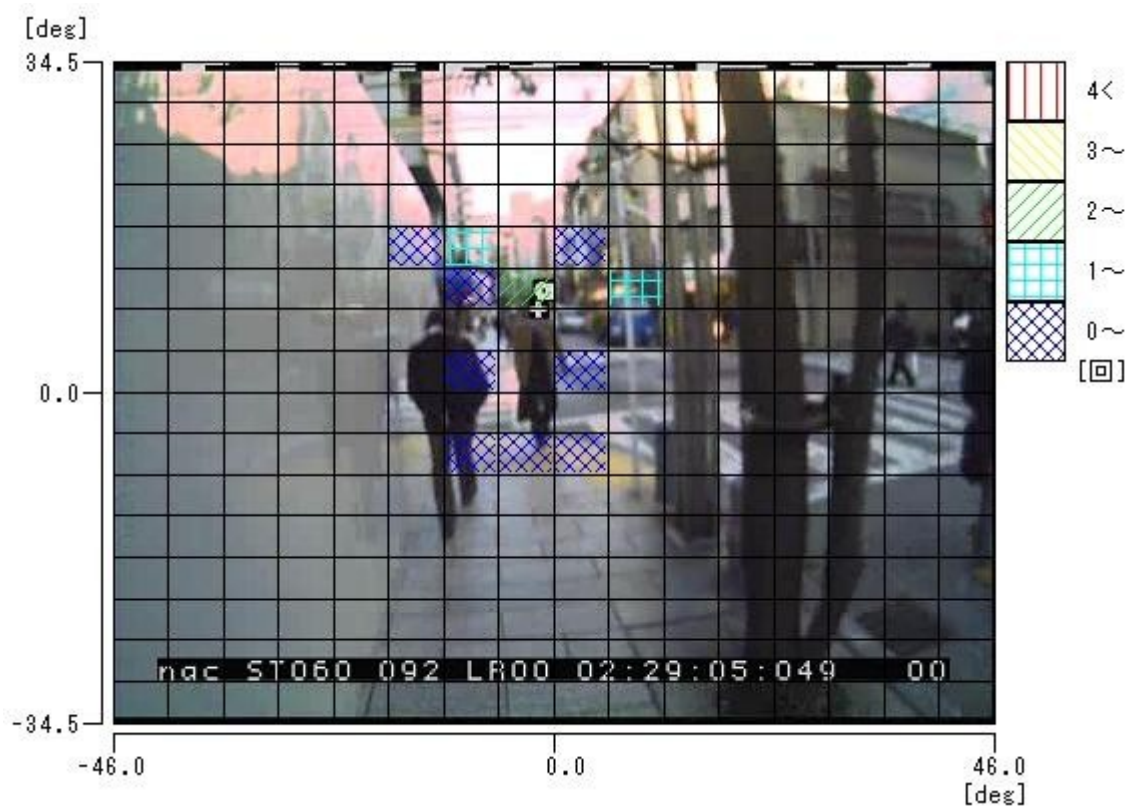


図 9 注視回数分析図（被験者 D, 区間 2）

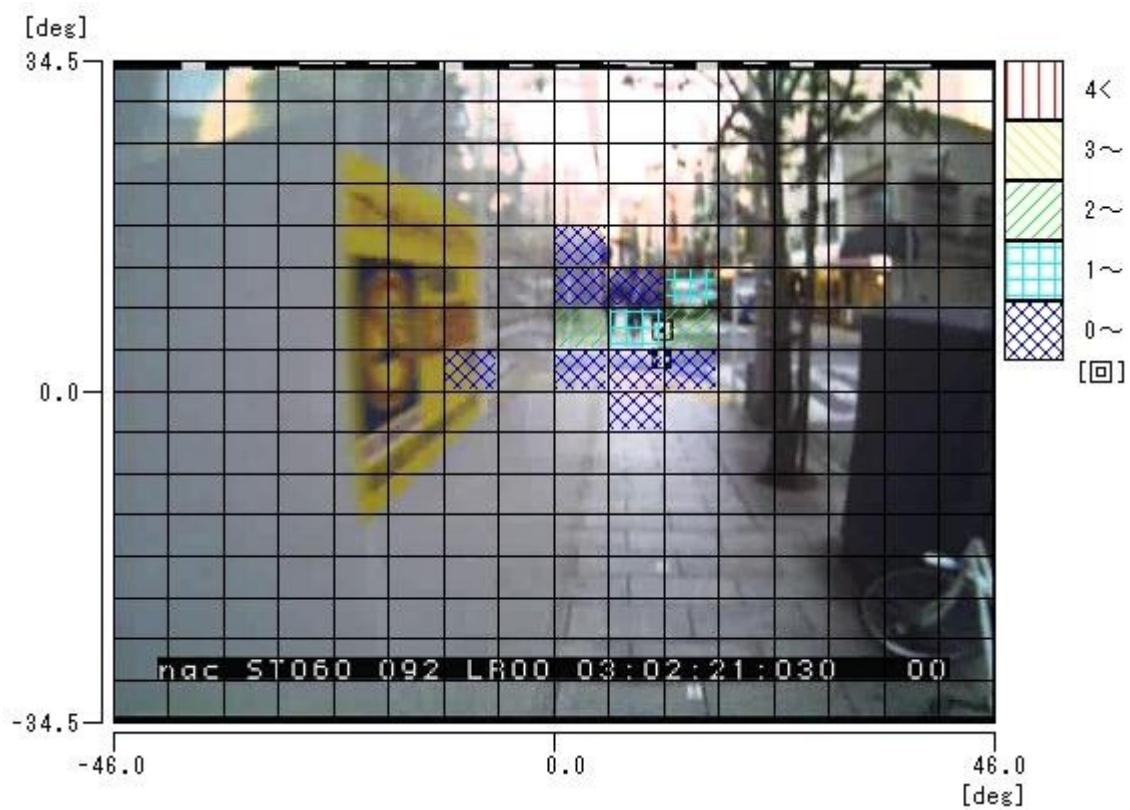


図 10 注視回数分析図（被験者 E, 区間 2）

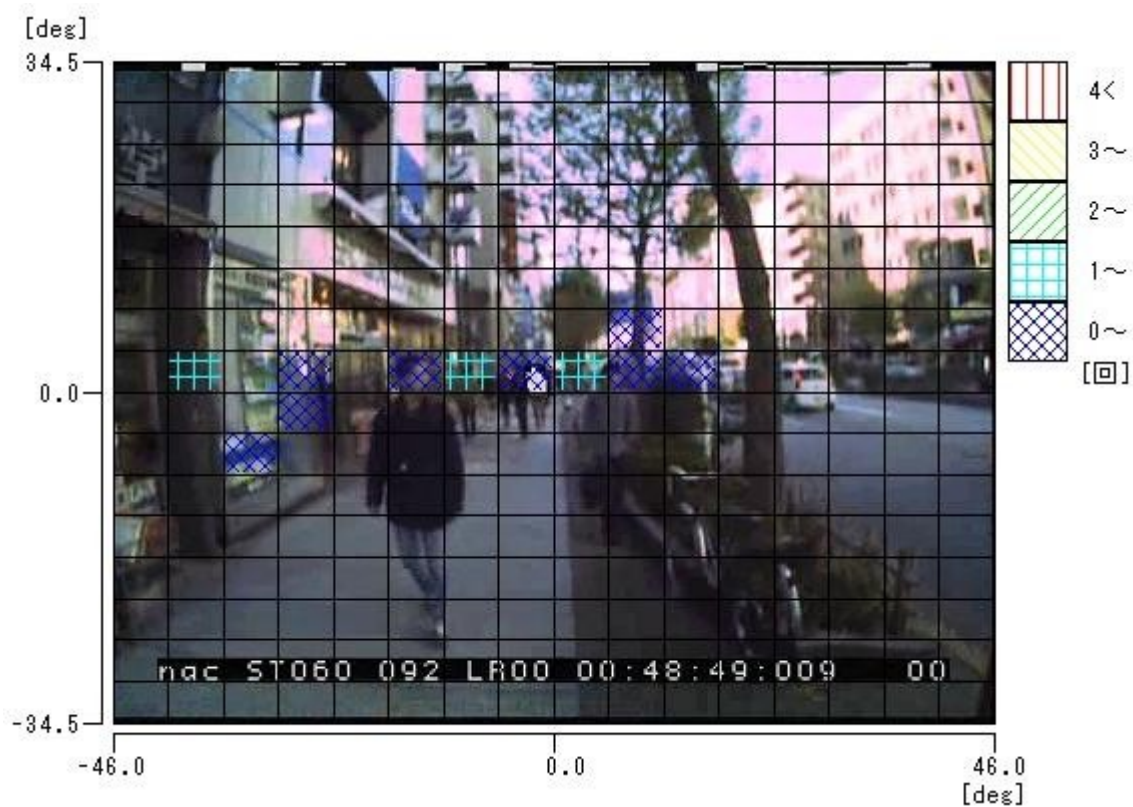


図 11 注視回数分析図（被験者 A, 区間 3）

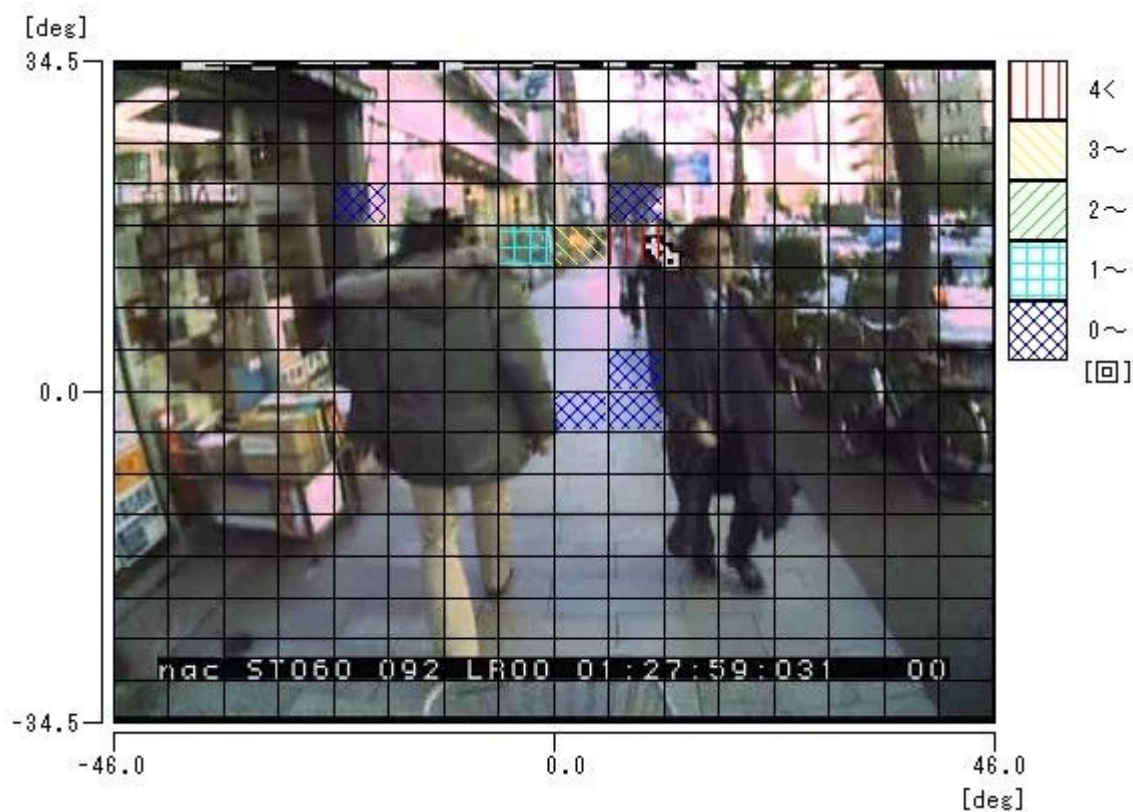


図 12 注視回数分析図（被験者 B, 区間 3）

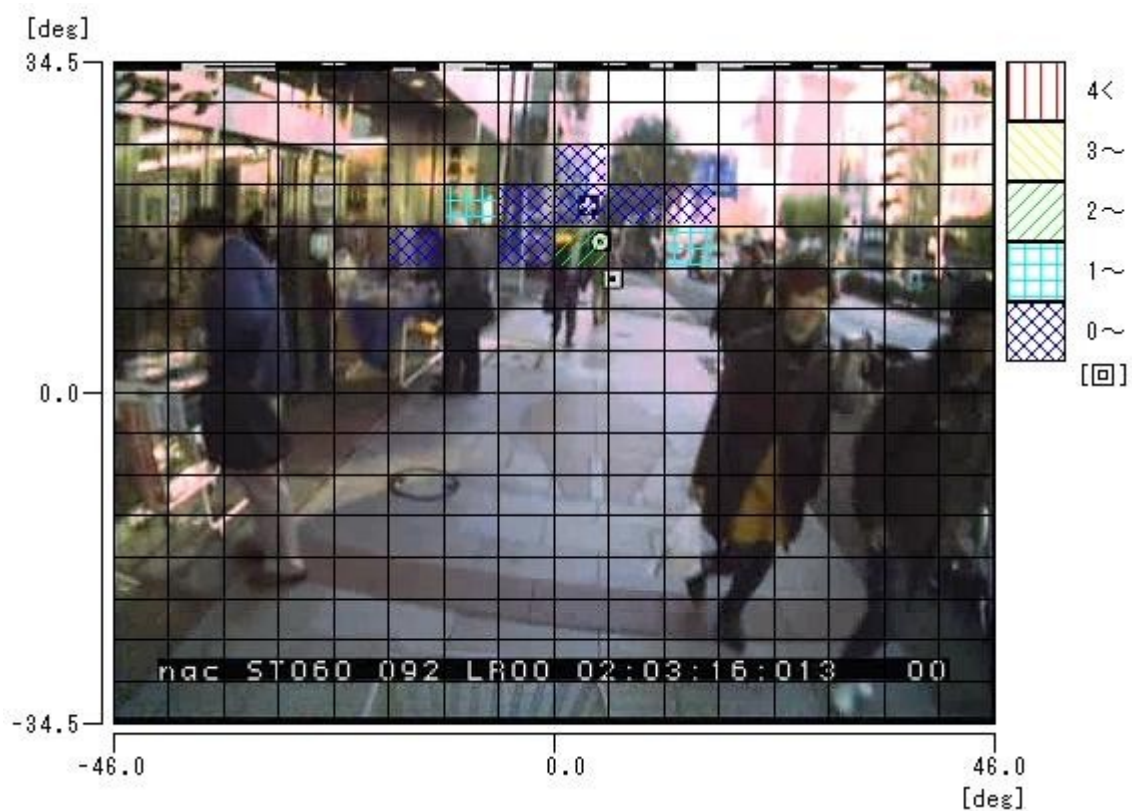


図 13 注視回数分析図（被験者 C, 区間 3）

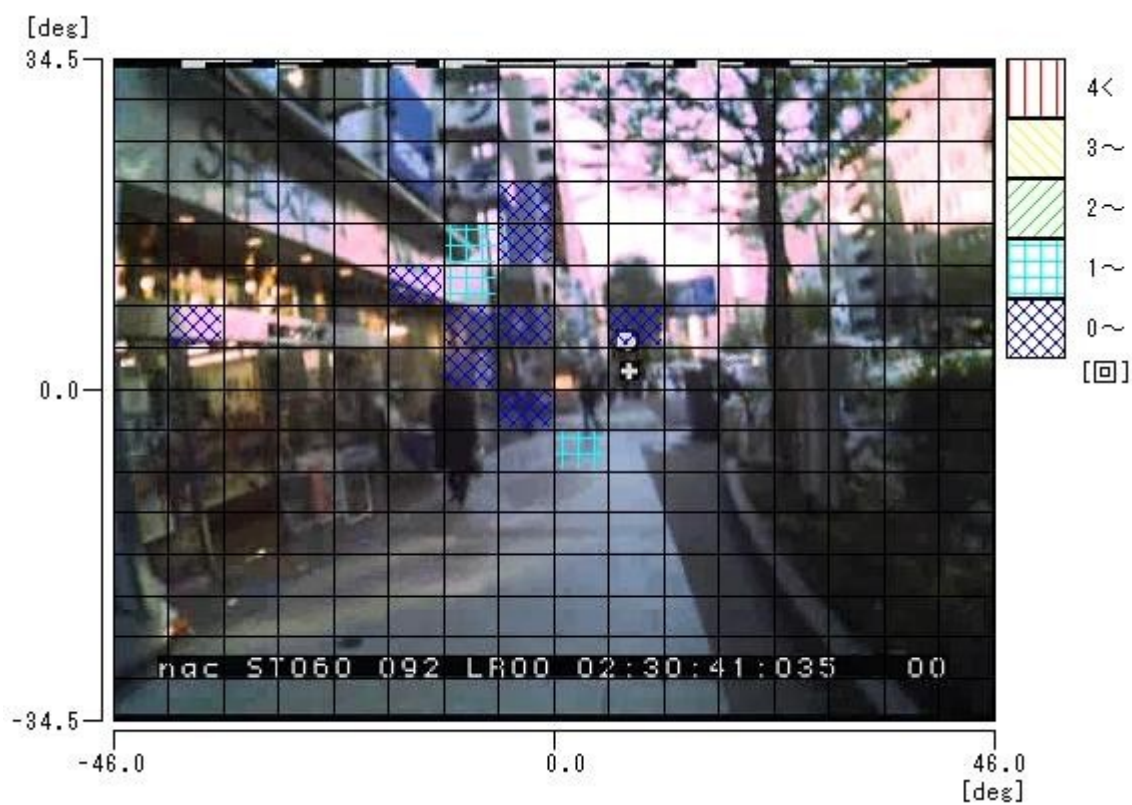


図 14 注視回数分析図（被験者 D, 区間 3）

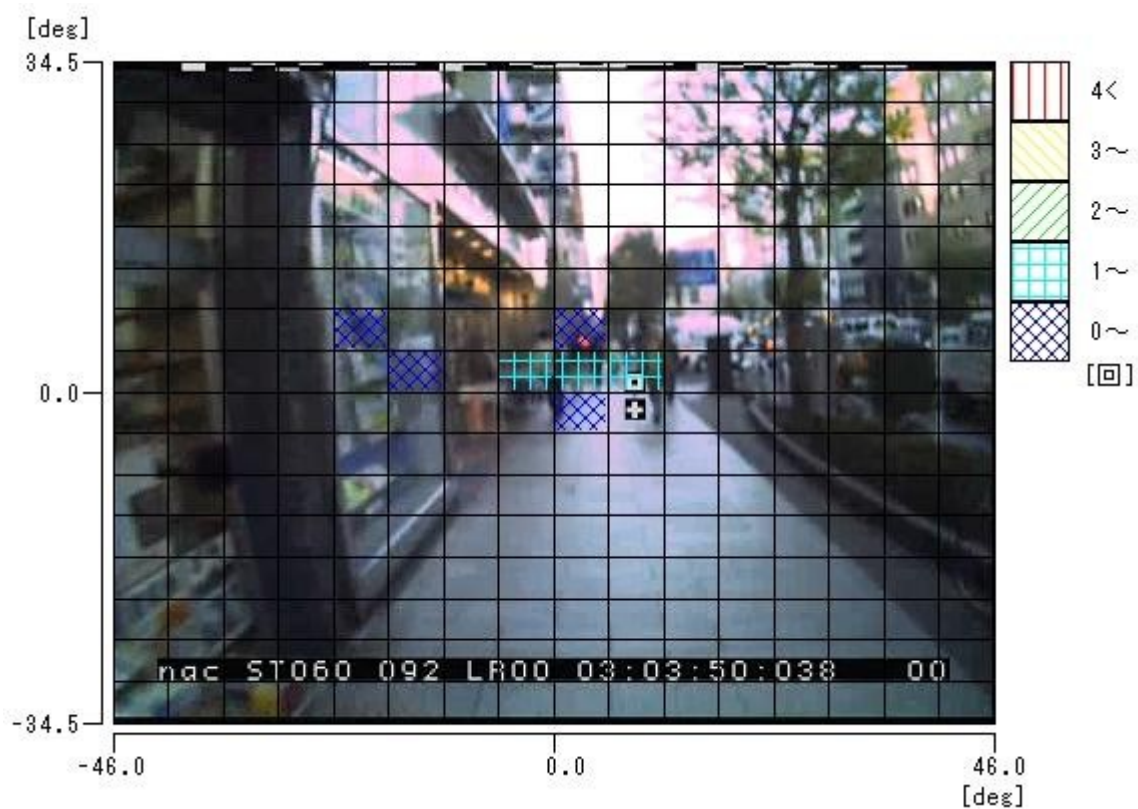


図 15 注視回数分析図（被験者 E, 区間 3）

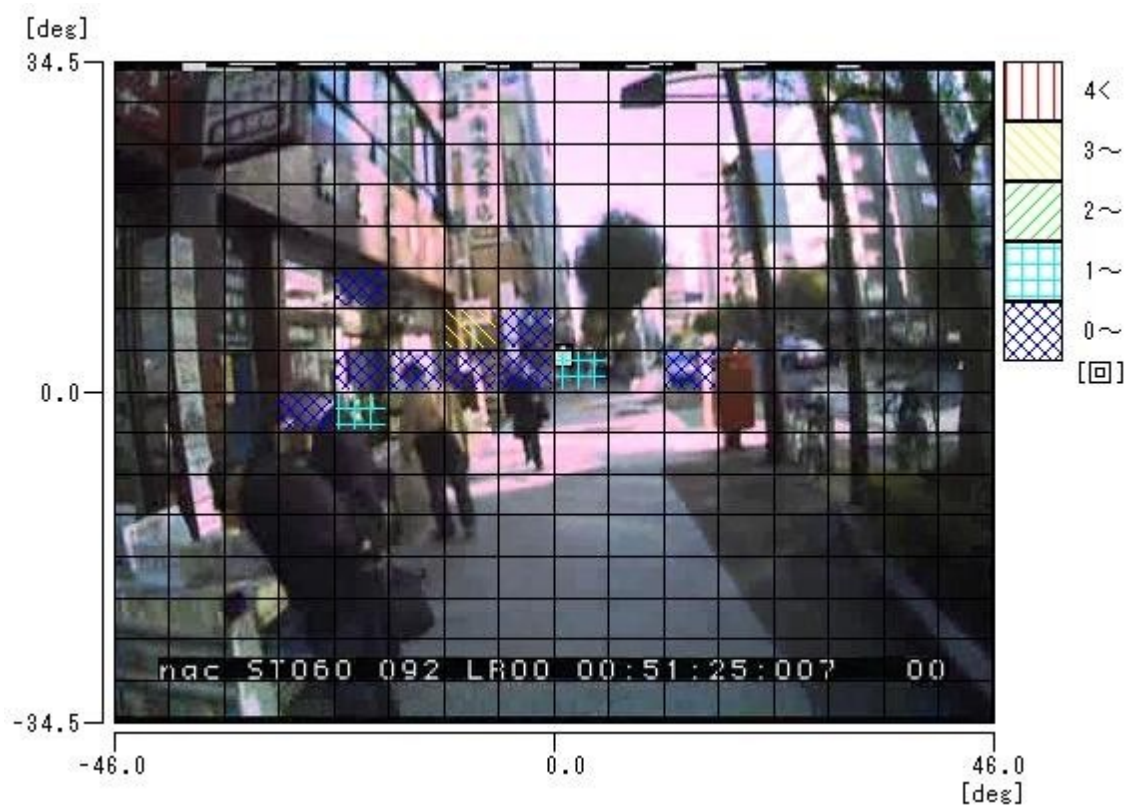


図 16 注視回数分析図（被験者 A, 区間 4）

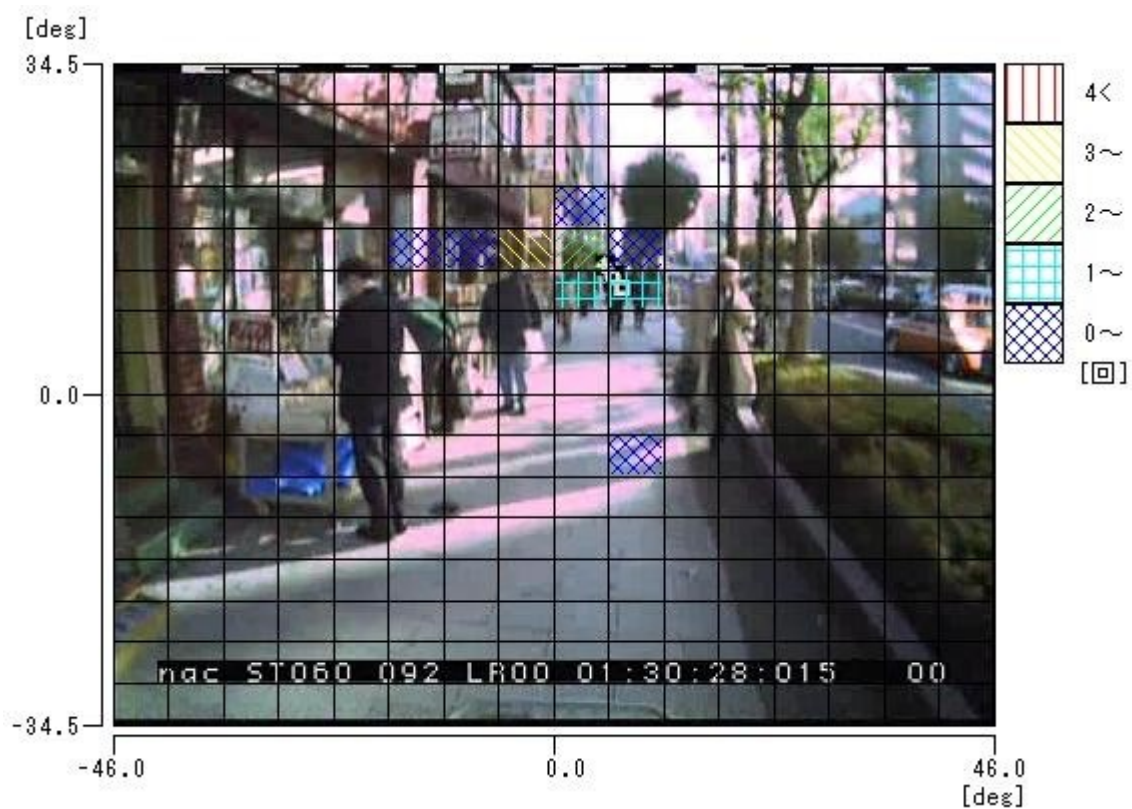


図 17 注視回数分析図（被験者 B, 区間 4）

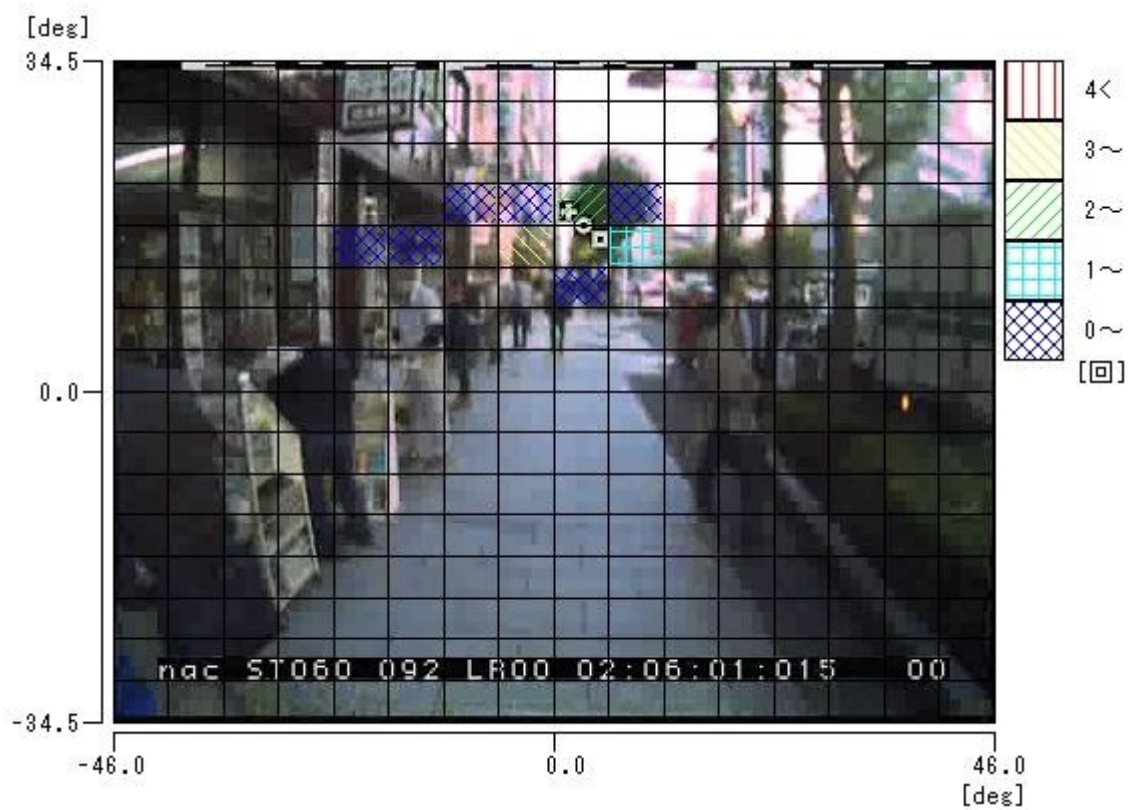


図 18 注視回数分析図（被験者 C, 区間 4）

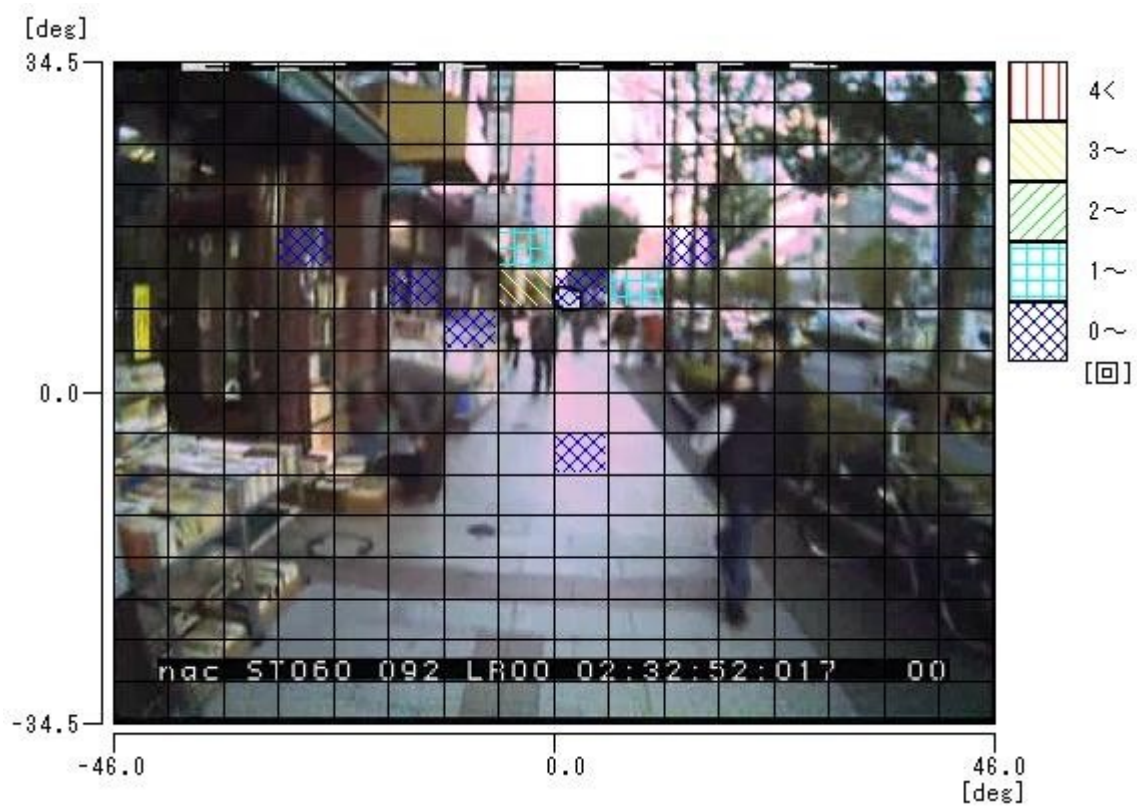


図 19 注視回数分析図（被験者 D, 区間 4）

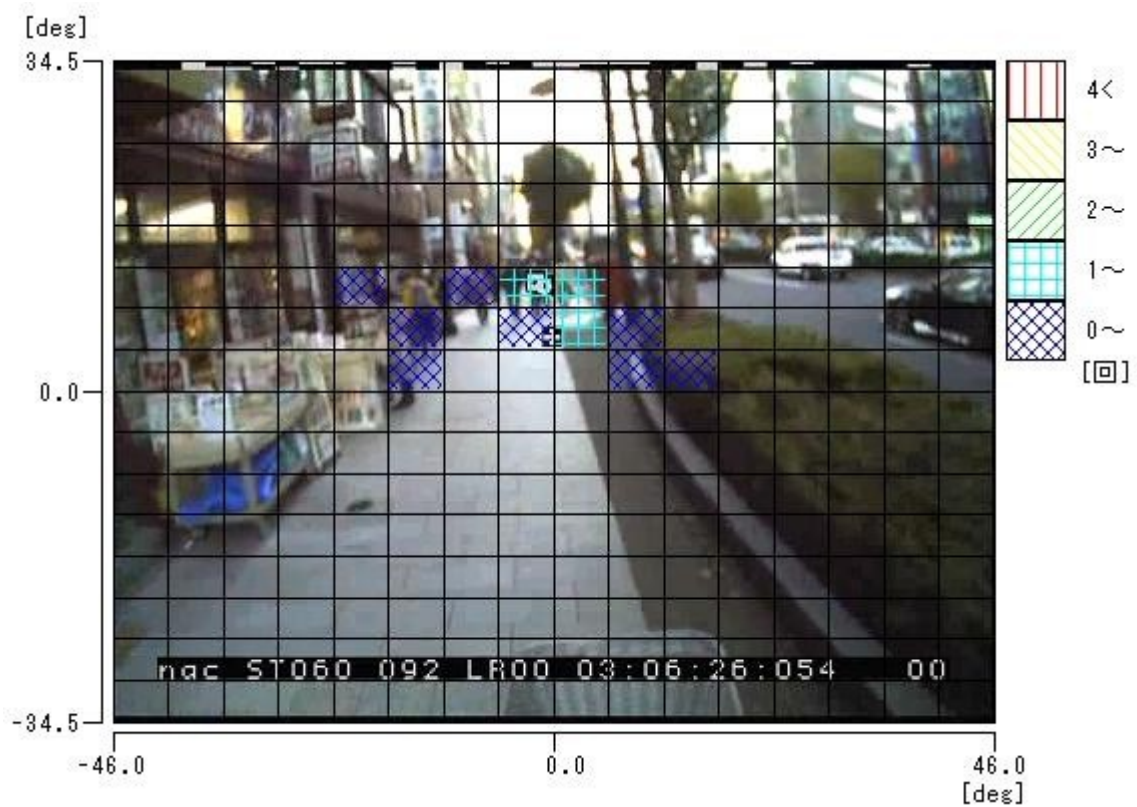


図 20 注視回数分析図（被験者 E, 区間 4）

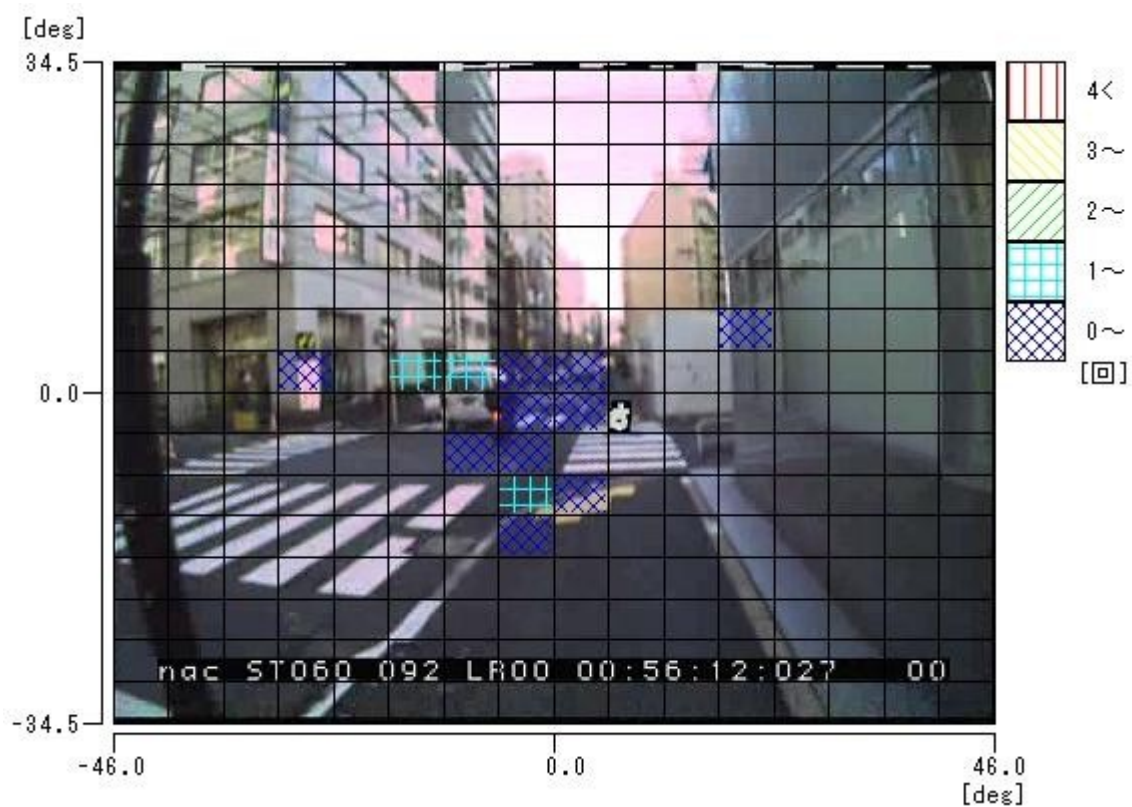


図 21 注視回数分析図（被験者 A, 区間 1-2）

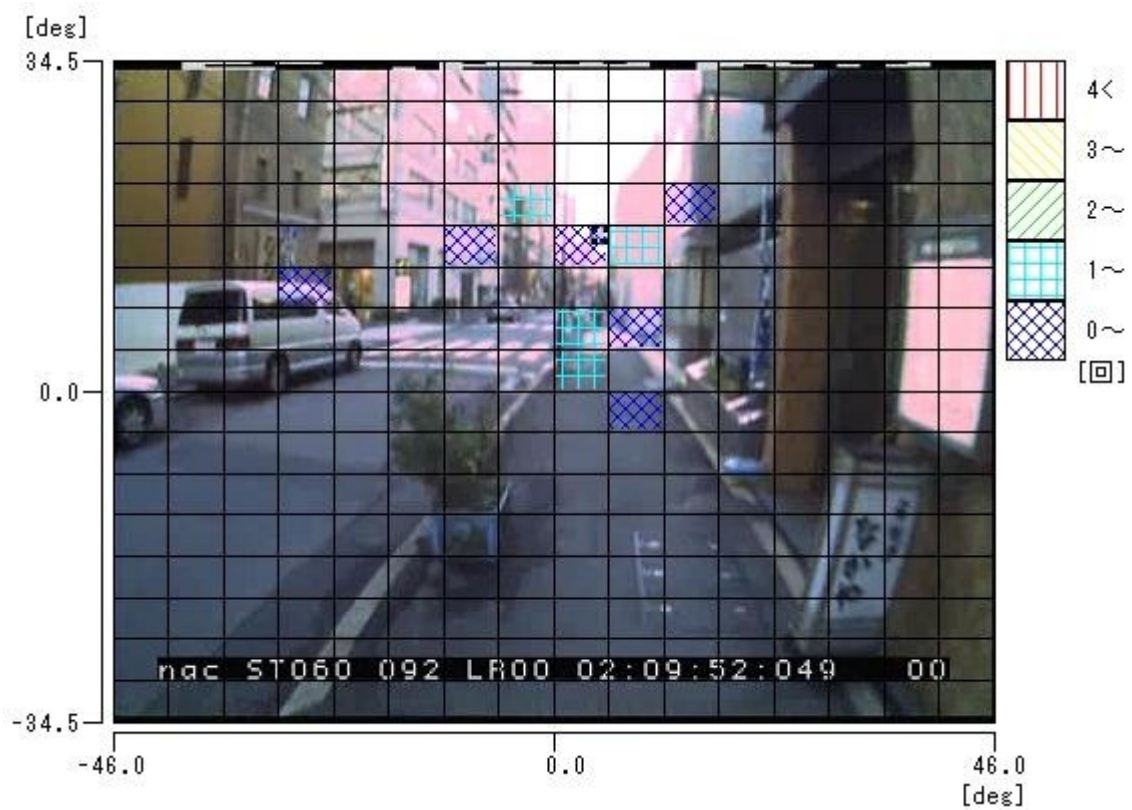


図 22 注視回数分析図（被験者 B, 区間 1-2）

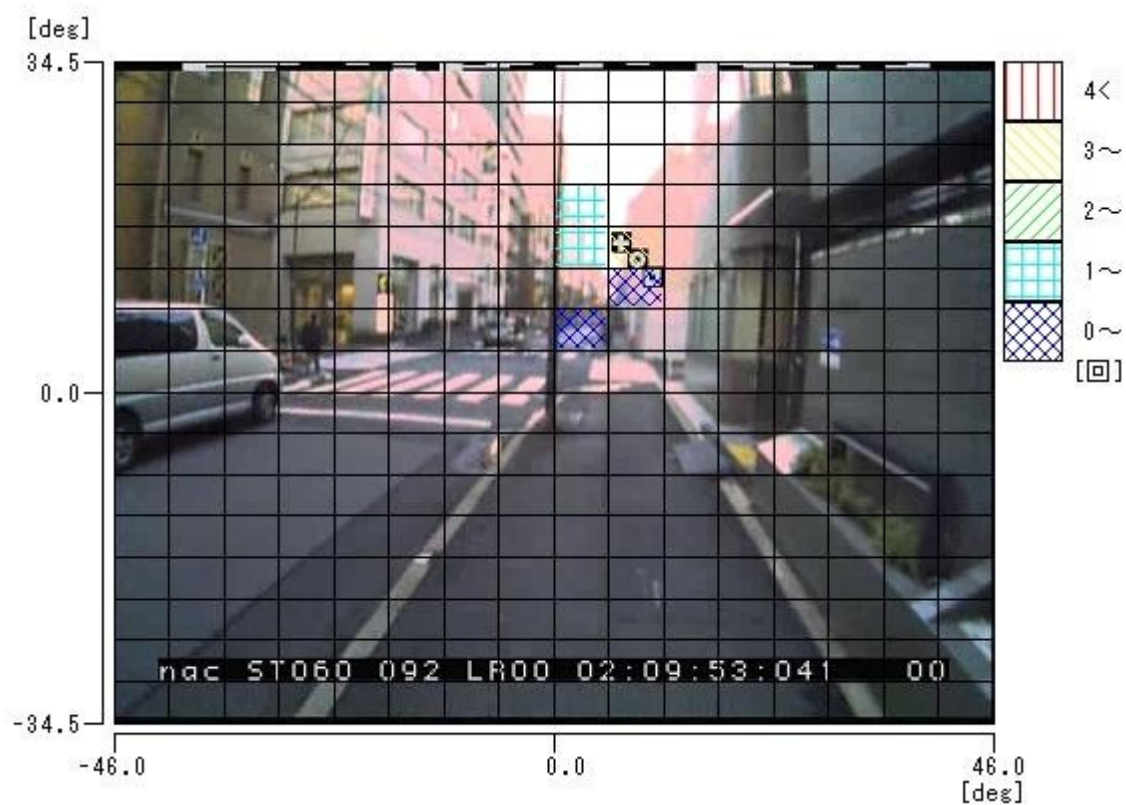


図 23 注視回数分析図（被験者 C, 区間 1-2）

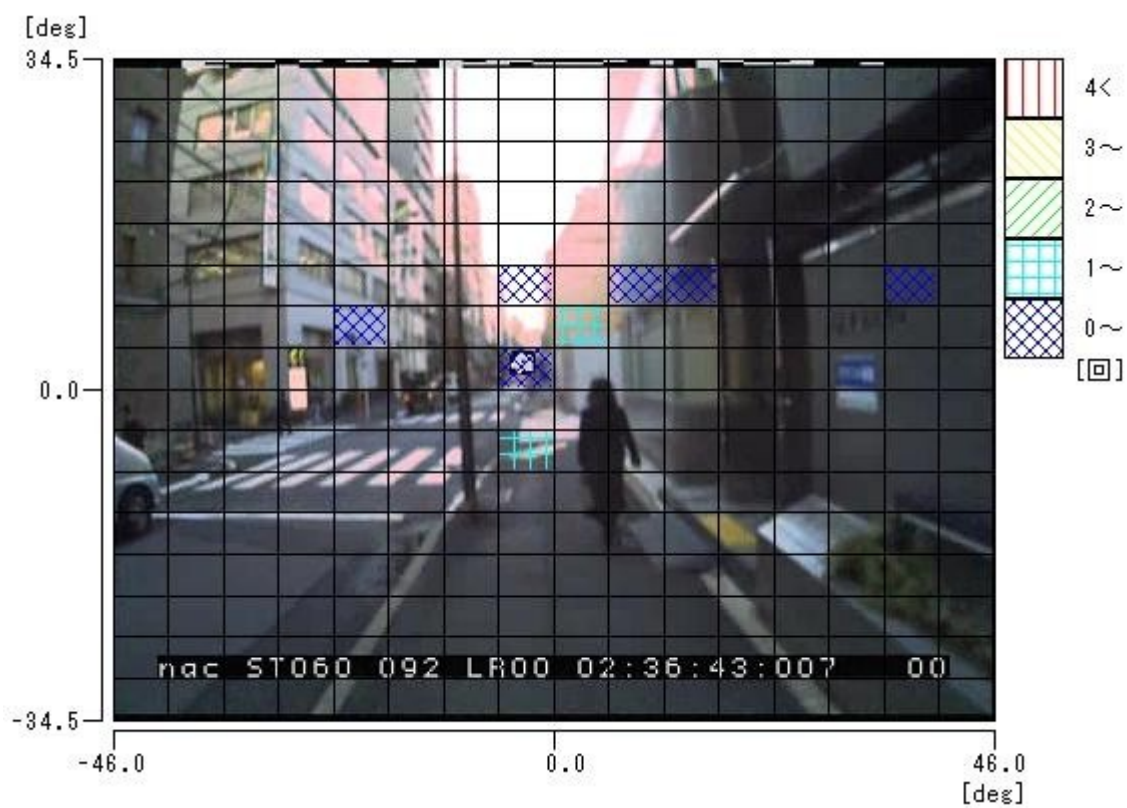


図 24 注視回数分析図（被験者 D, 区間 1-2）

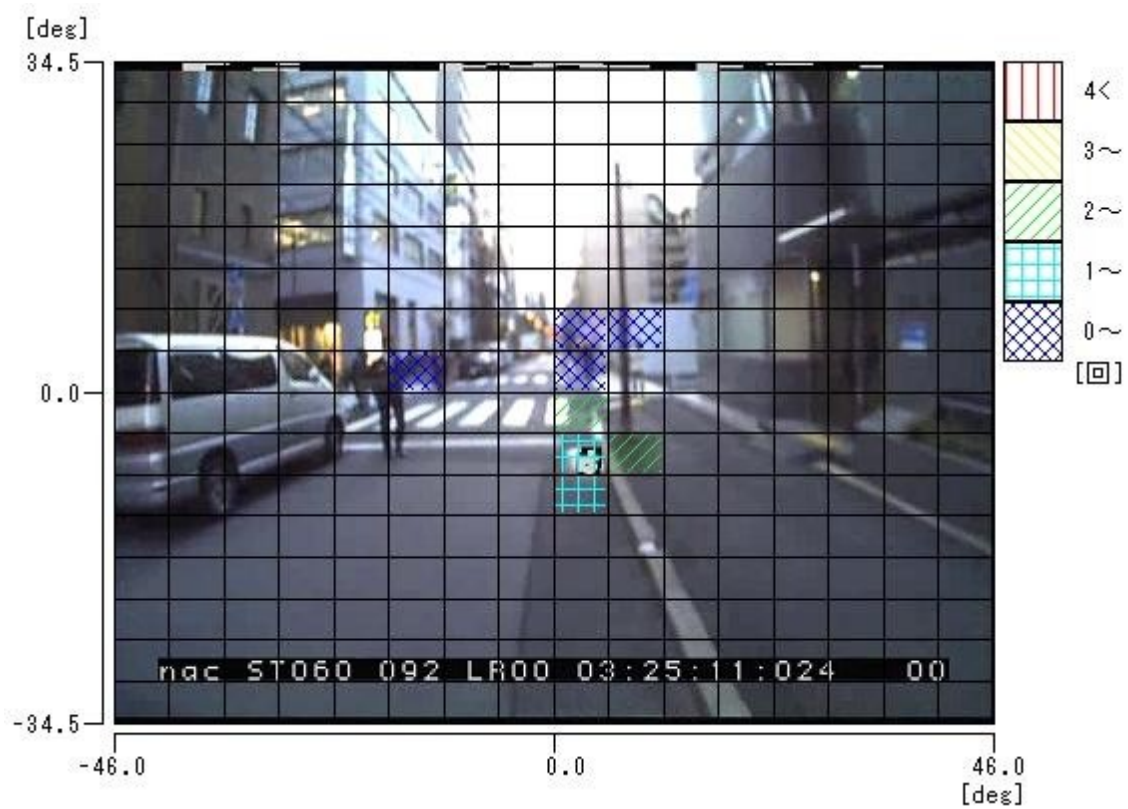


図 25 注視回数分析図（被験者 E, 区間 1-2）

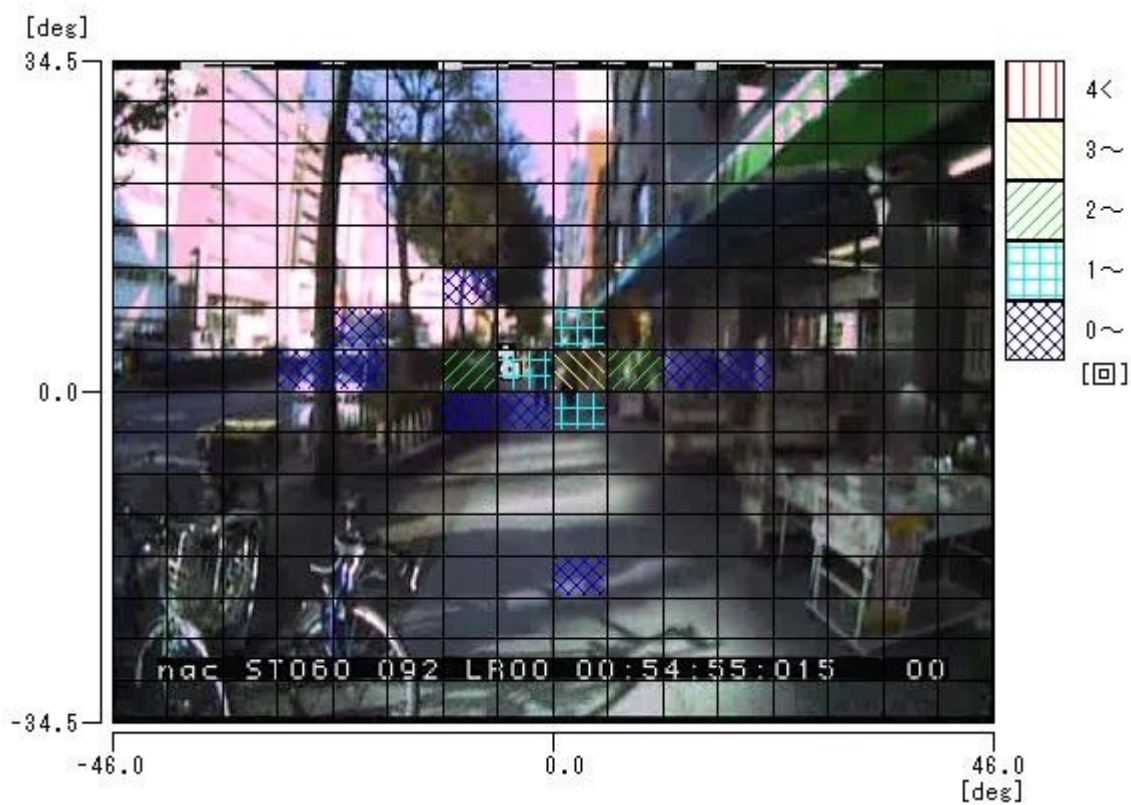


図 26 注視回数分析図（被験者 A, 区間 4-2）

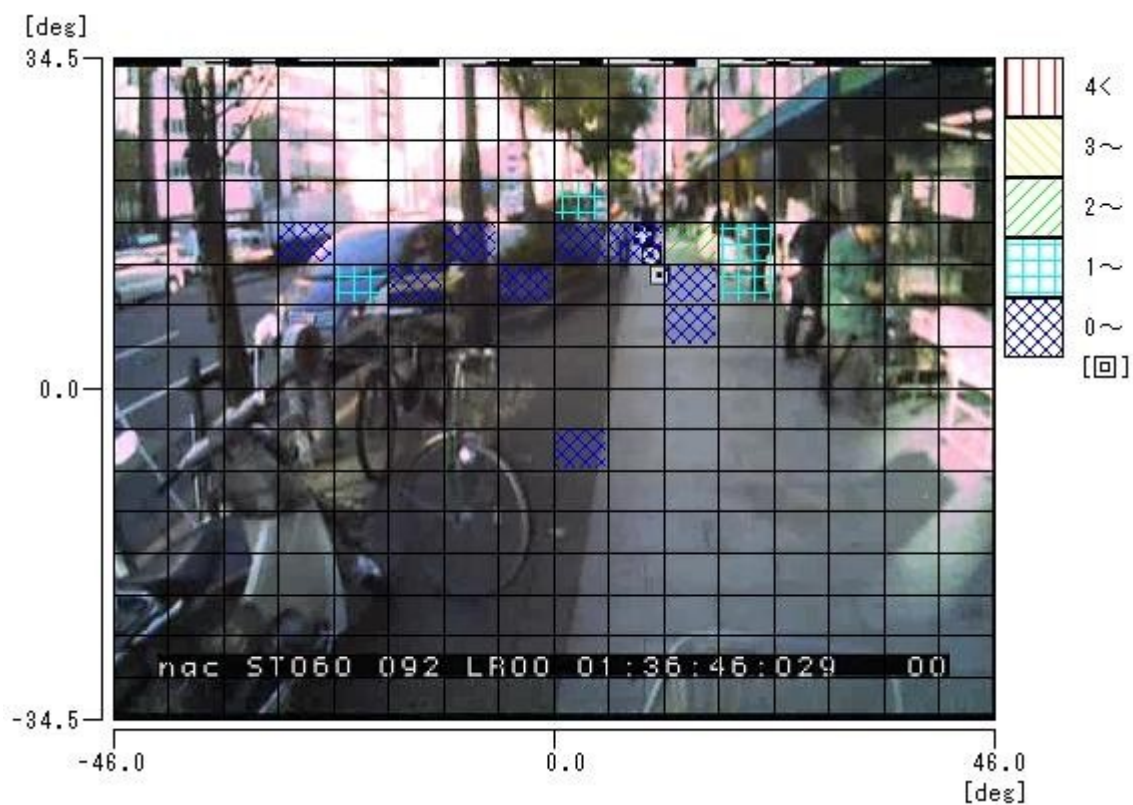


図 27 注視回数分析図（被験者 B, 区間 4-2）



図 28 注視回数分析図（被験者 C, 区間 4-2）

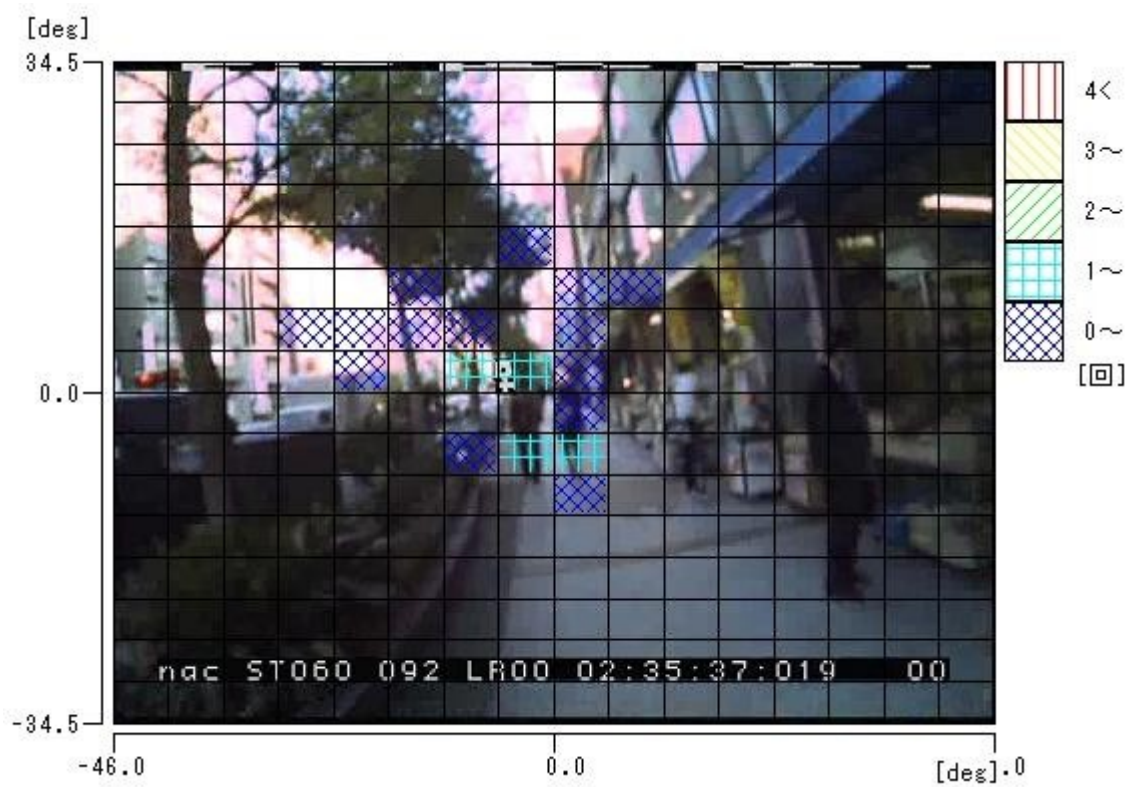


図 29 注視回数分析図（被験者 D, 区間 4-2）

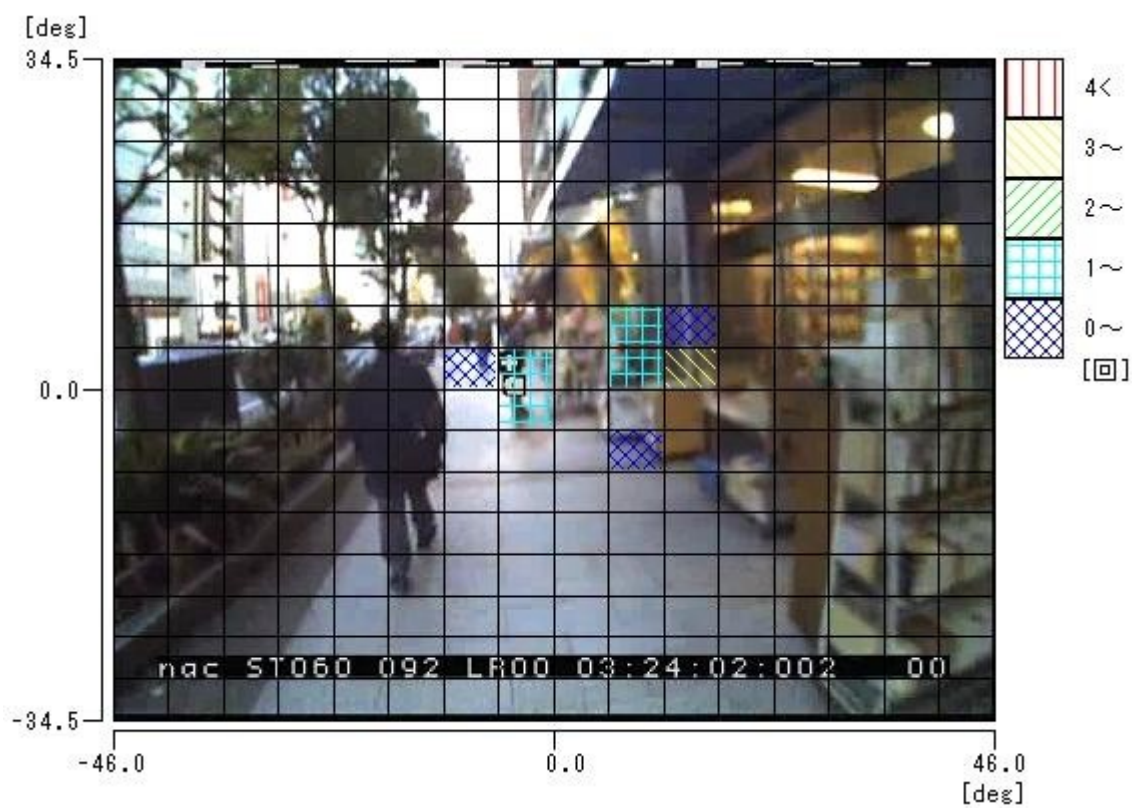


図 30 注視回数分析図（被験者 E, 区間 4-2）

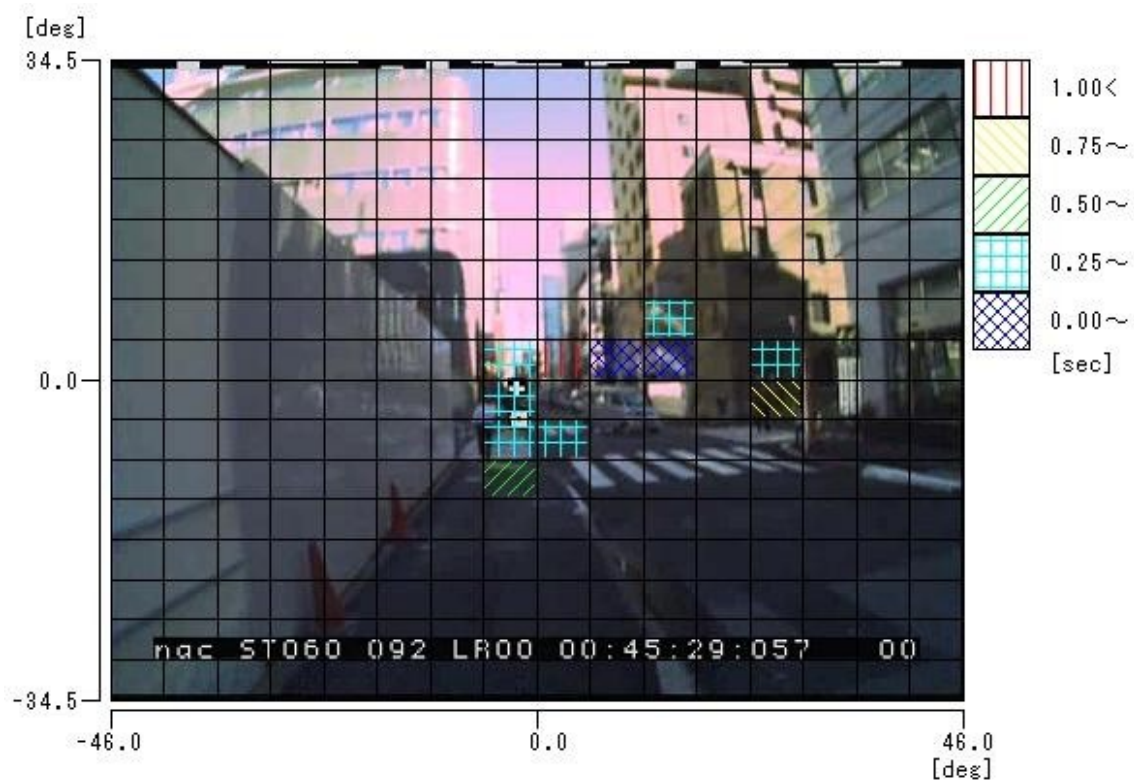


図 31 注視時間分布図（被験者 A, 区間 1）

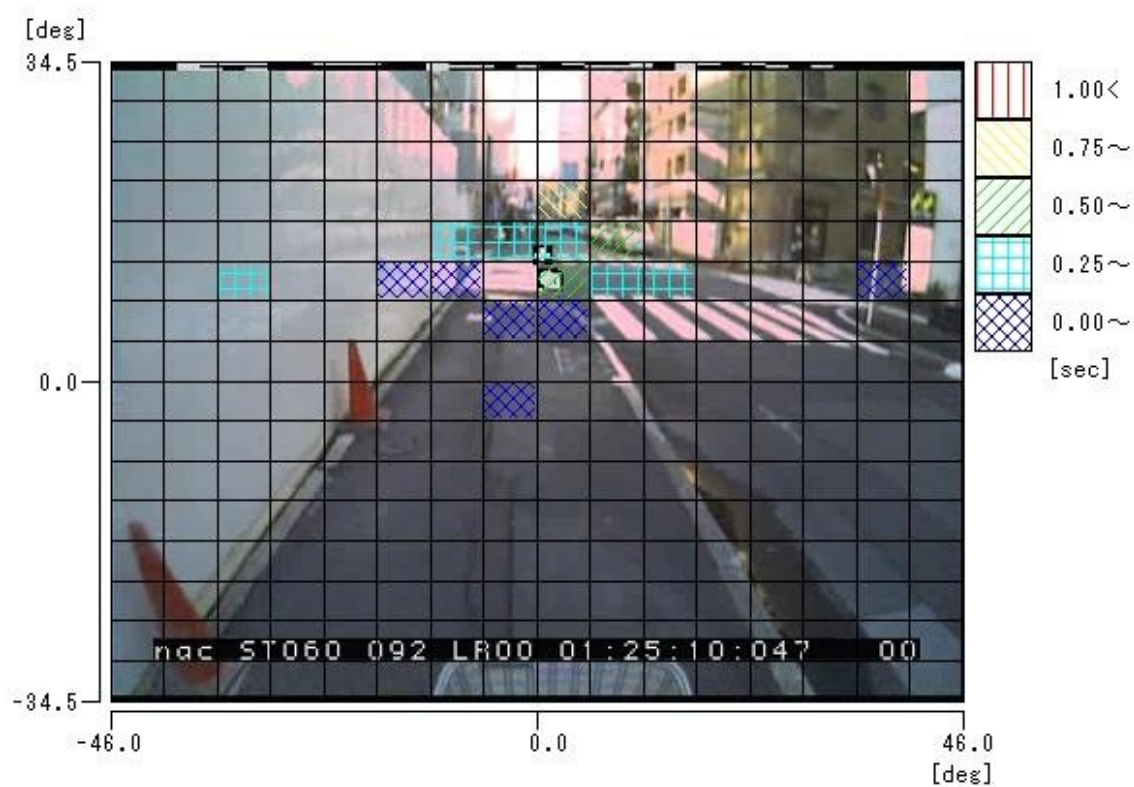


図 32 注視時間分布図（被験者 B, 区間 1）

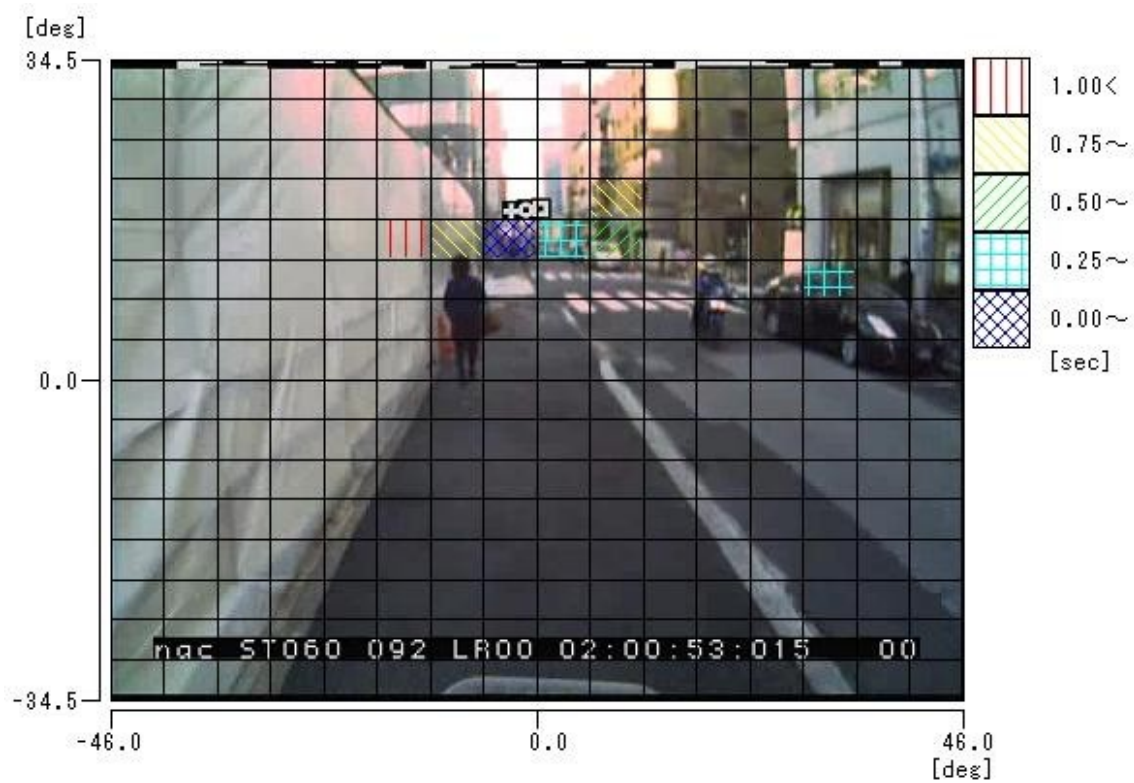


図 33 注視時間分布図（被験者 C，区間 1）

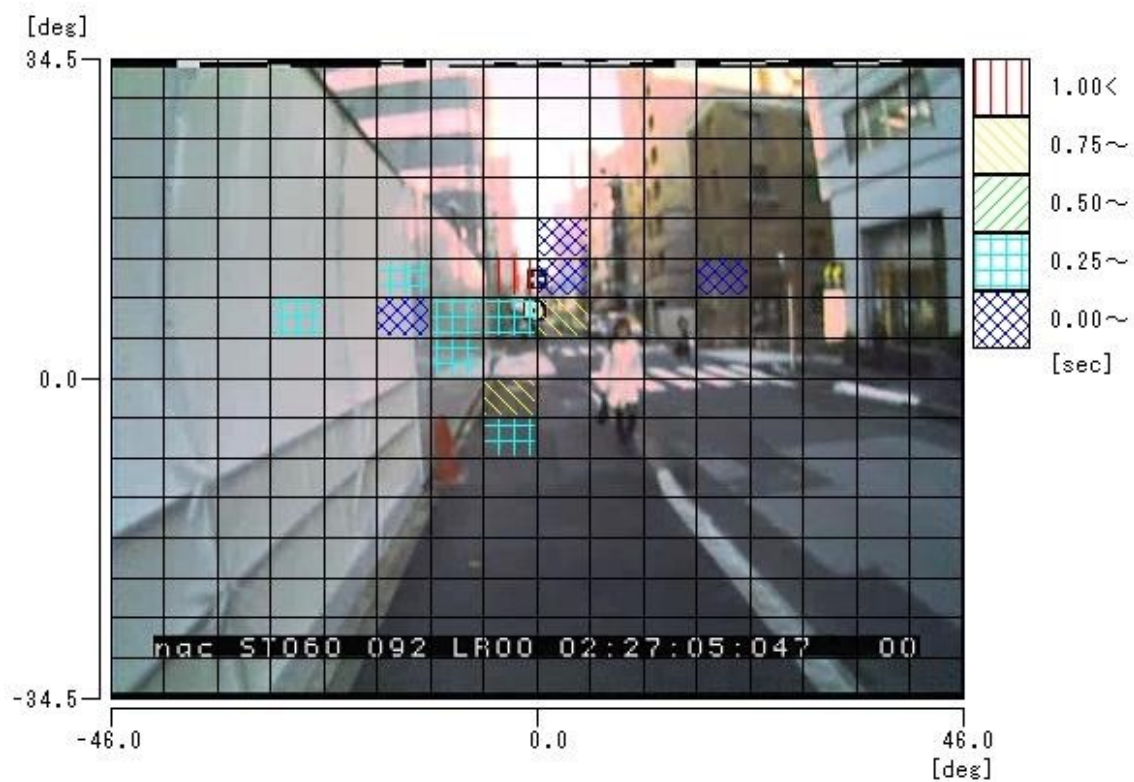


図 34 注視時間分布図（被験者 D，区間 1）

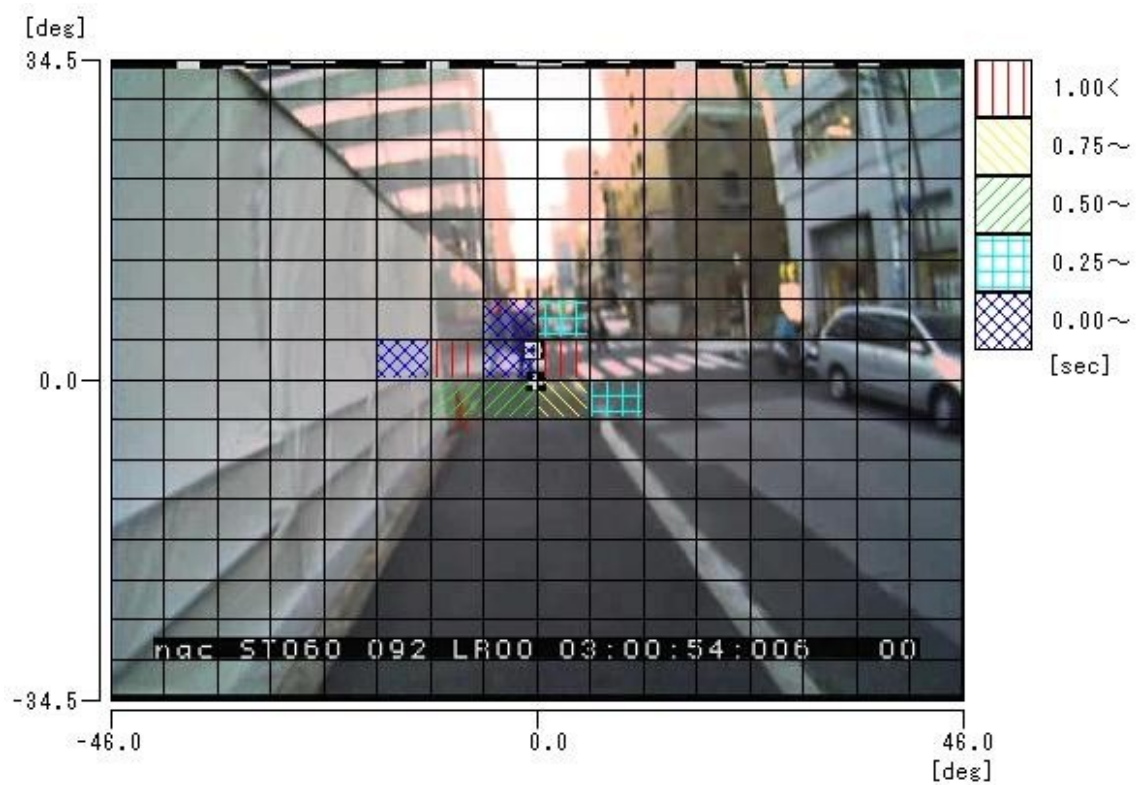


図 35 注視時間分布図（被験者 E, 区間 1）

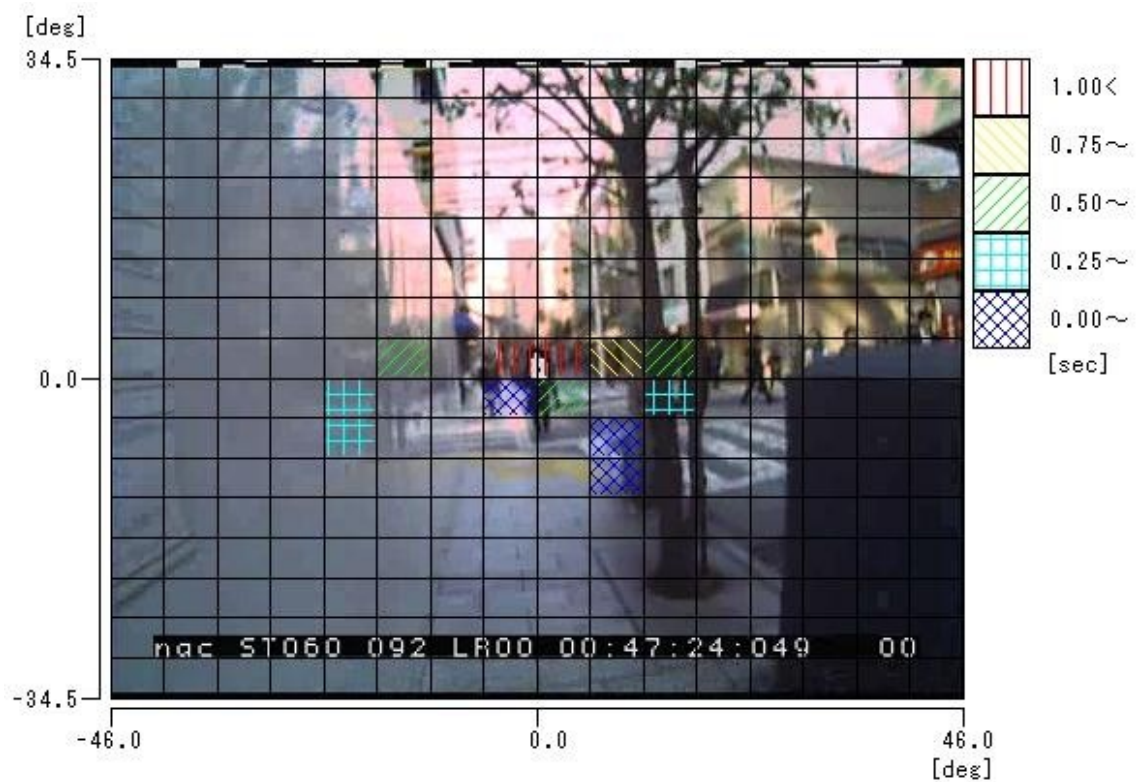


図 36 注視時間分布図（被験者 A, 区間 2）

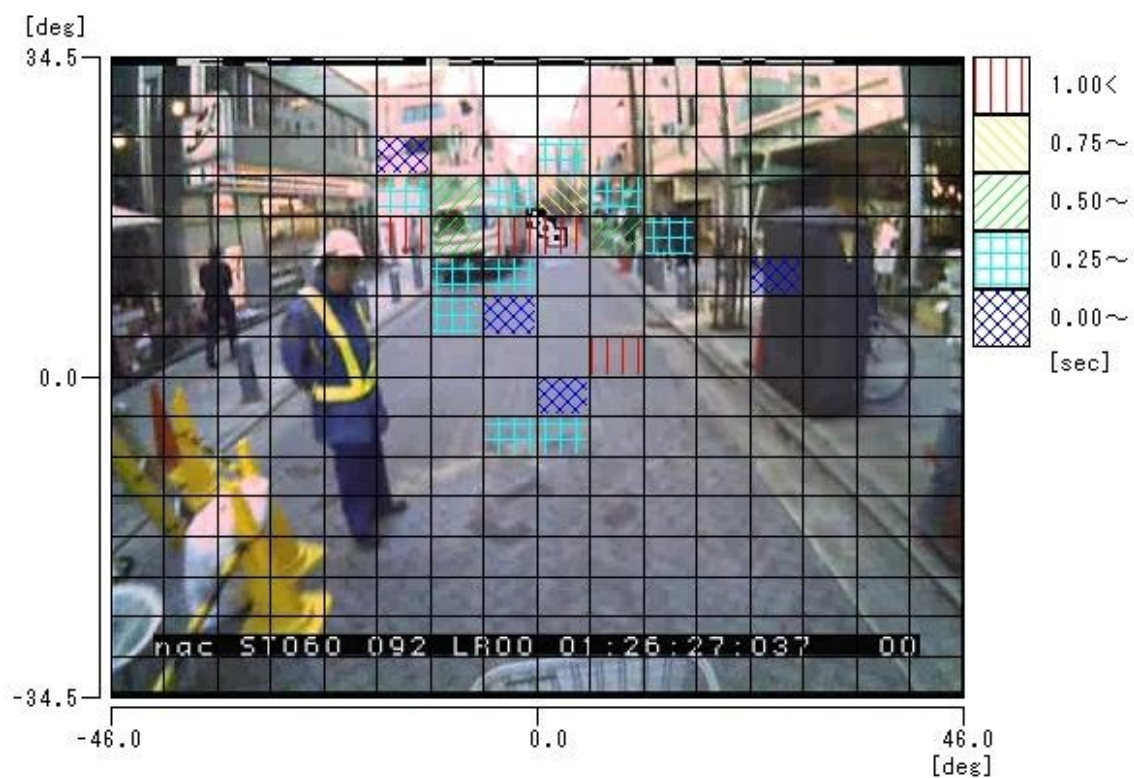


図 37 注視時間分布図 (被験者 B, 区間 2)

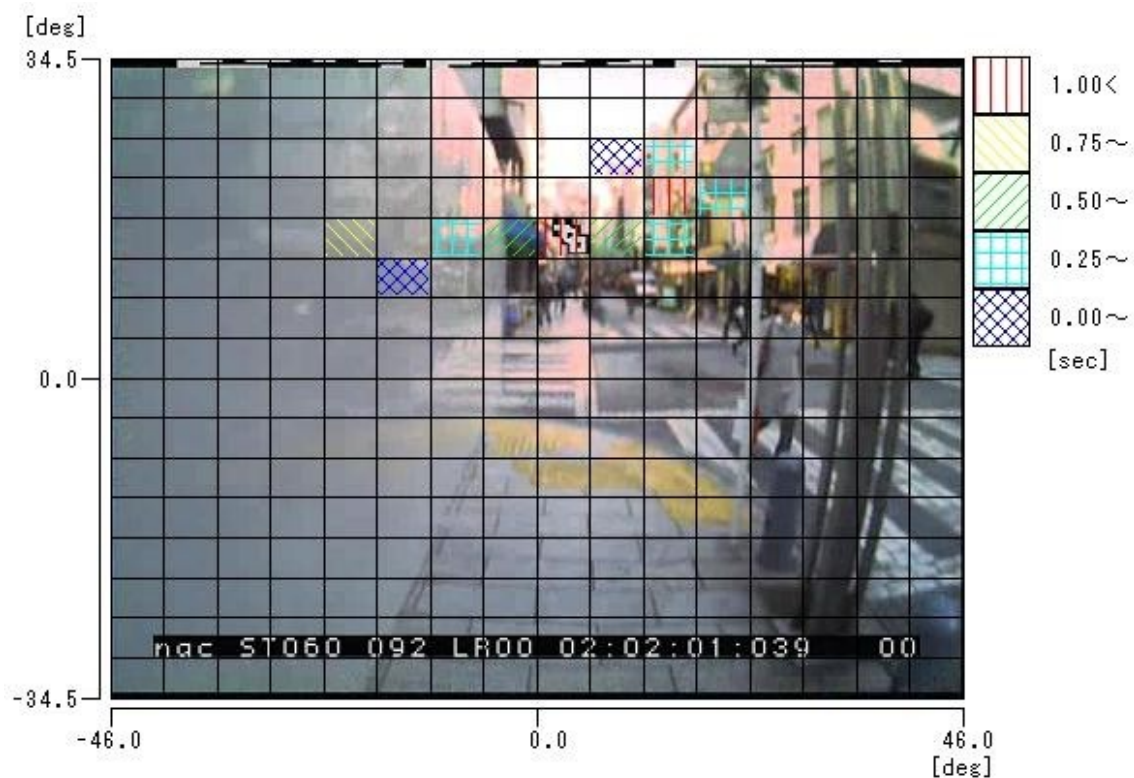


図 38 注視時間分布図 (被験者 C, 区間 2)

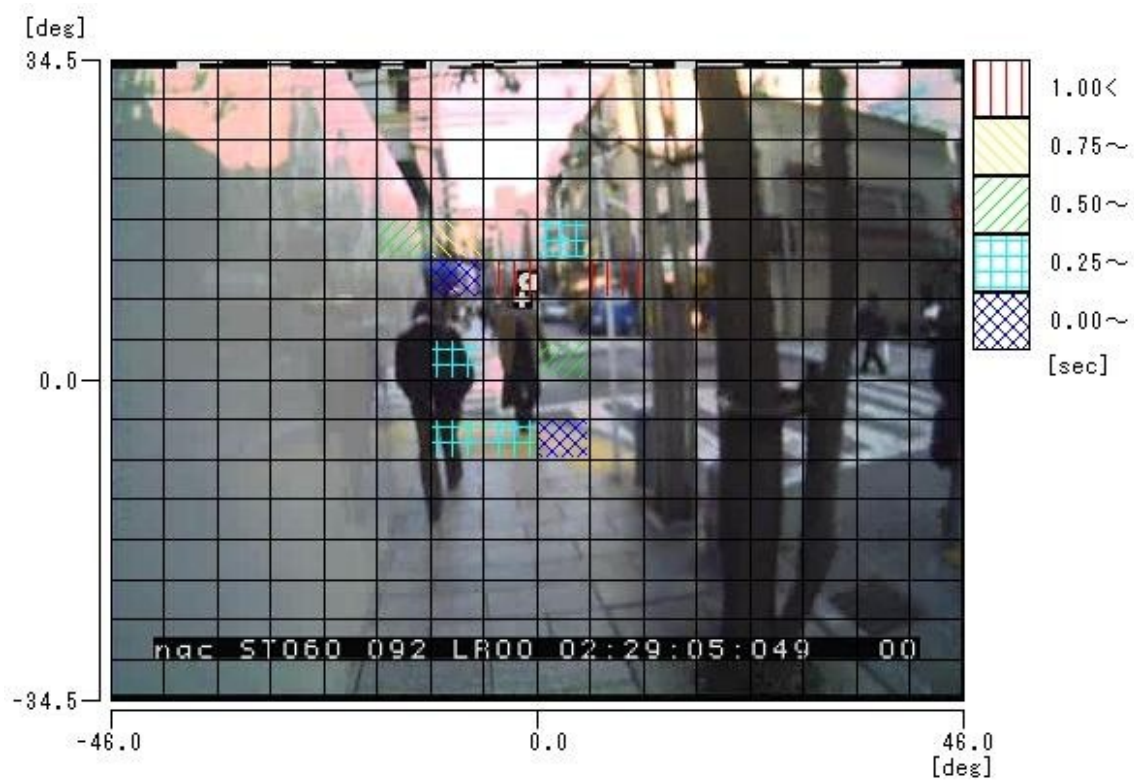


図 39 注視時間分布図（被験者 D, 区間 2）

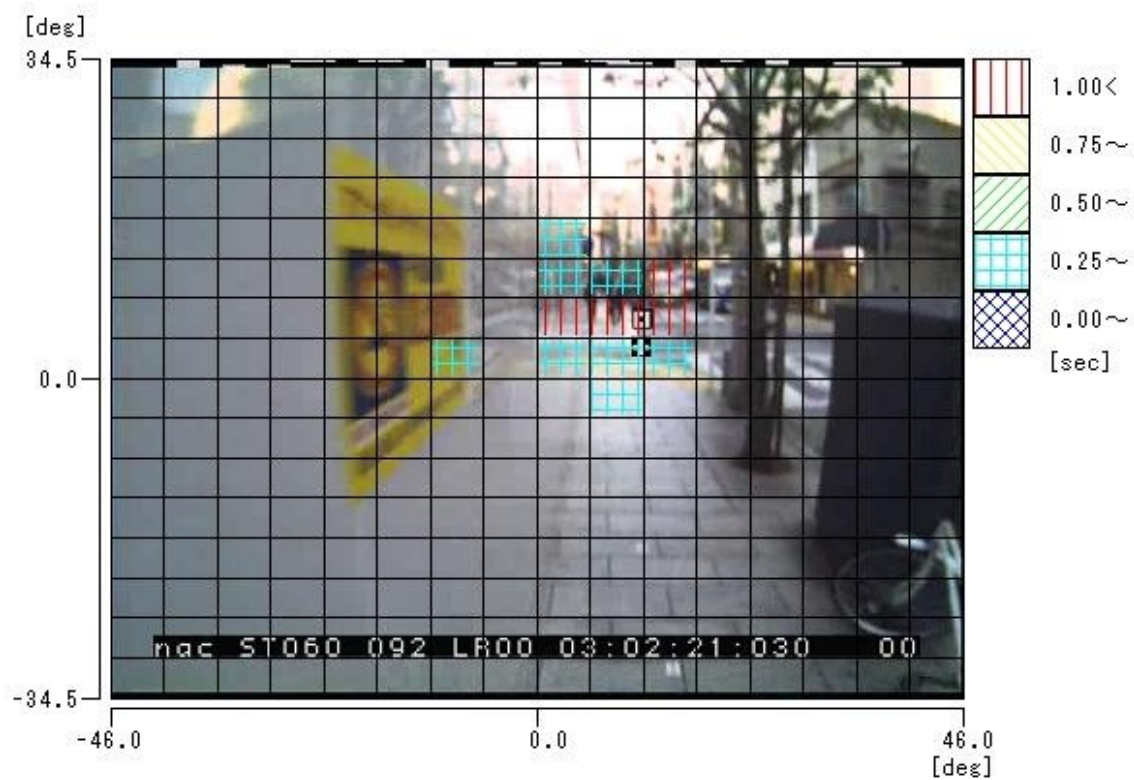


図 40 注視時間分布図（被験者 E, 区間 2）



図 41 注視時間分布図 (被験者 A, 区間 3)



図 42 注視時間分布図 (被験者 B, 区間 3)



図 43 注視時間分布図 (被験者 C, 区間 3)

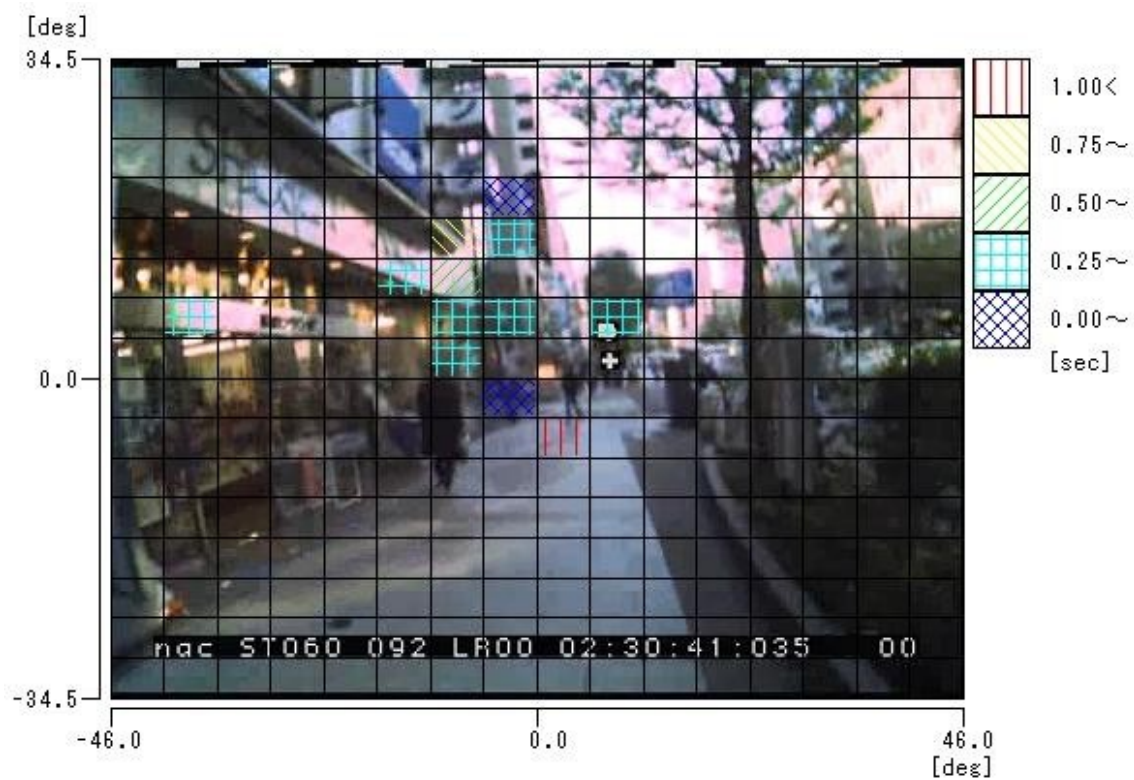


図 44 注視時間分布図 (被験者 D, 区間 3)

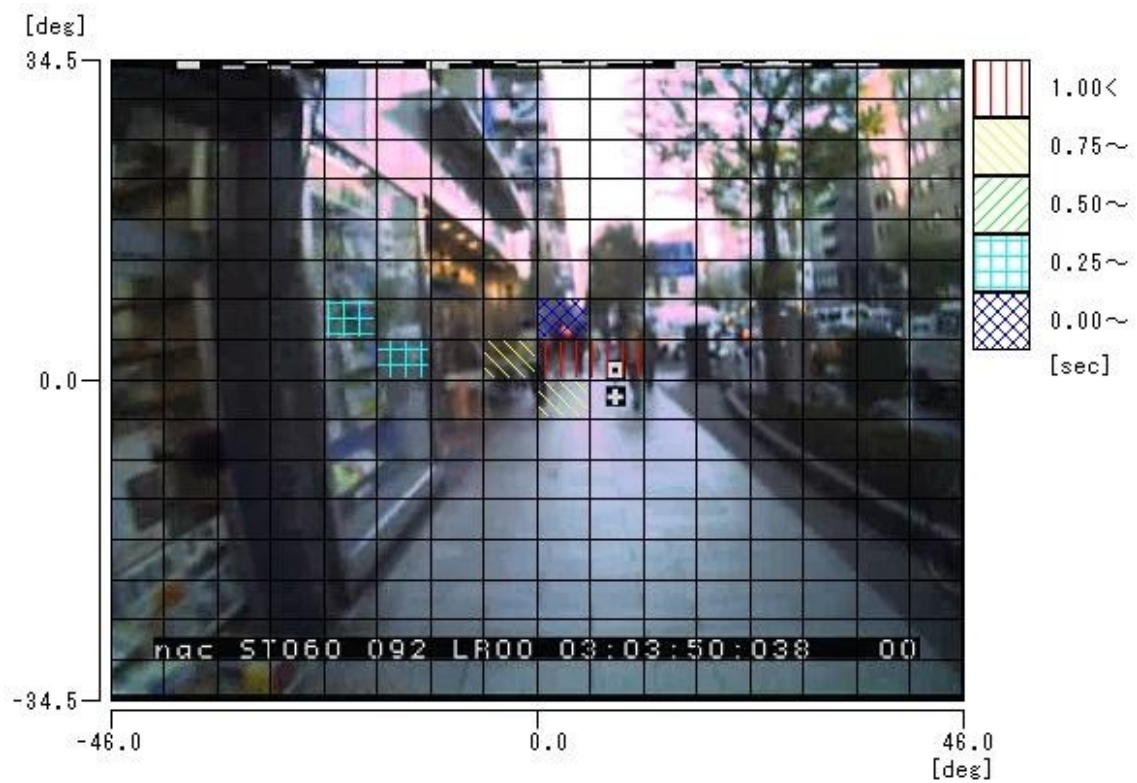


図 45 注視時間分布図（被験者 E, 区間 3）

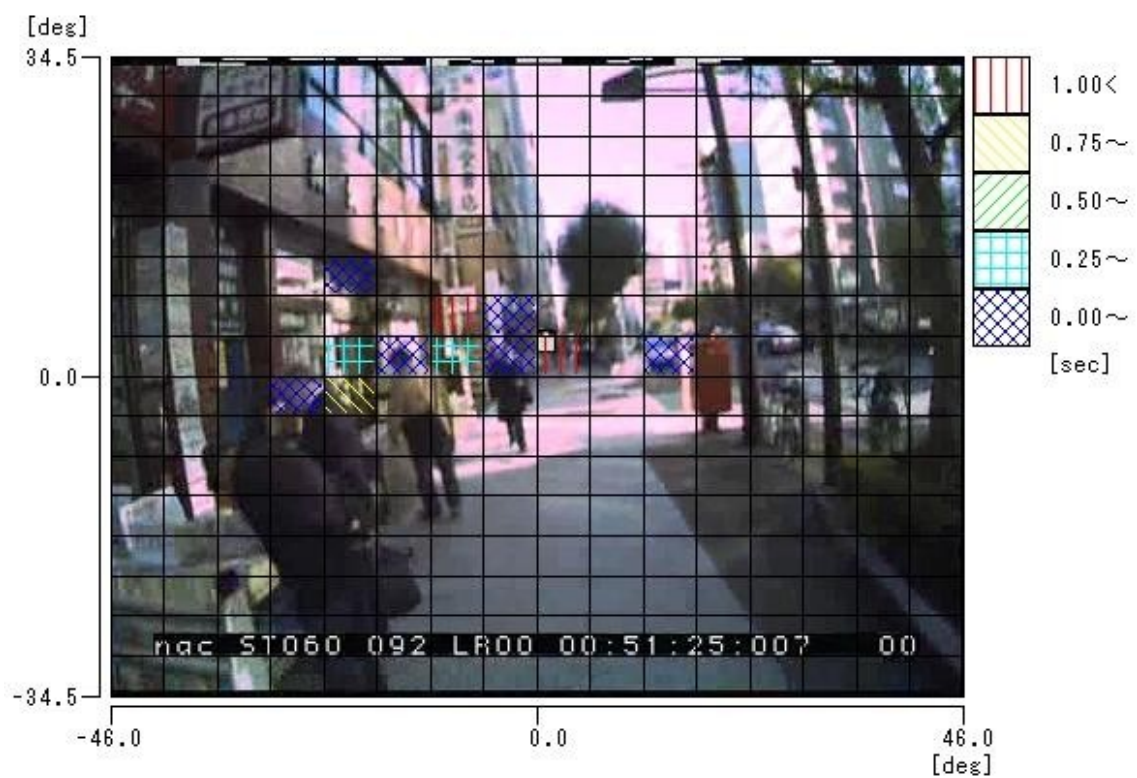


図 46 注視時間分布図（被験者 A, 区間 4）

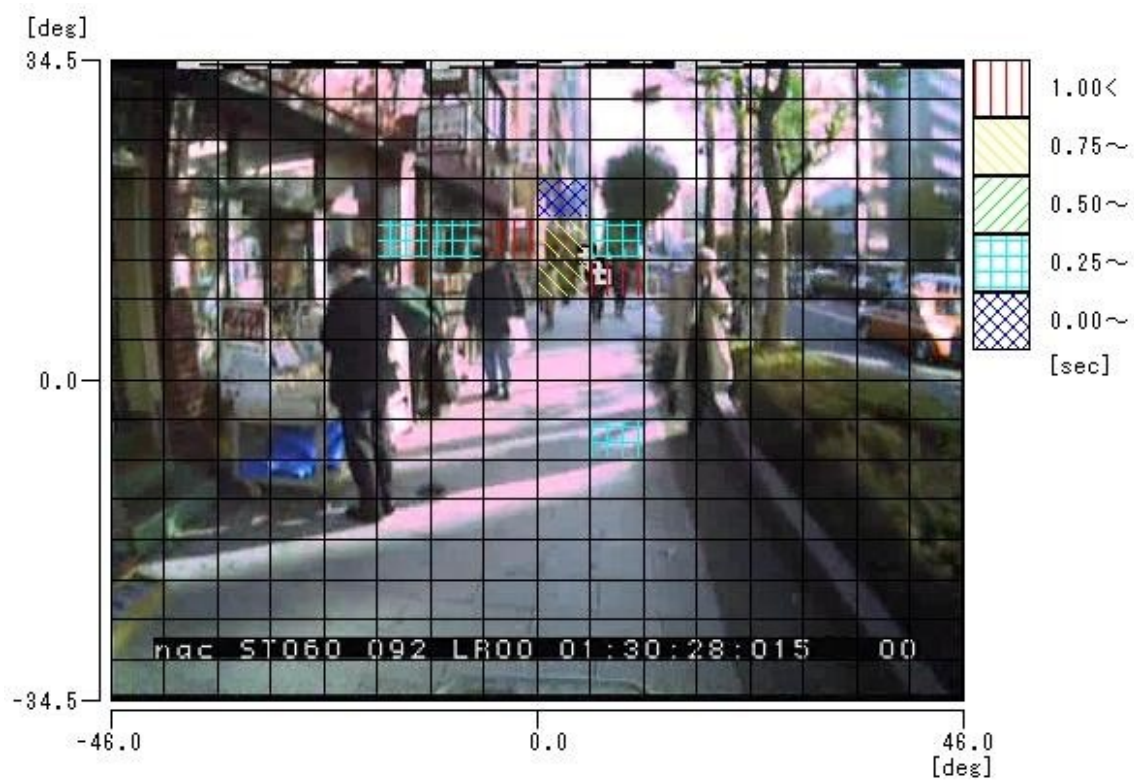


図 47 注視時間分布図（被験者 B, 区間 4）

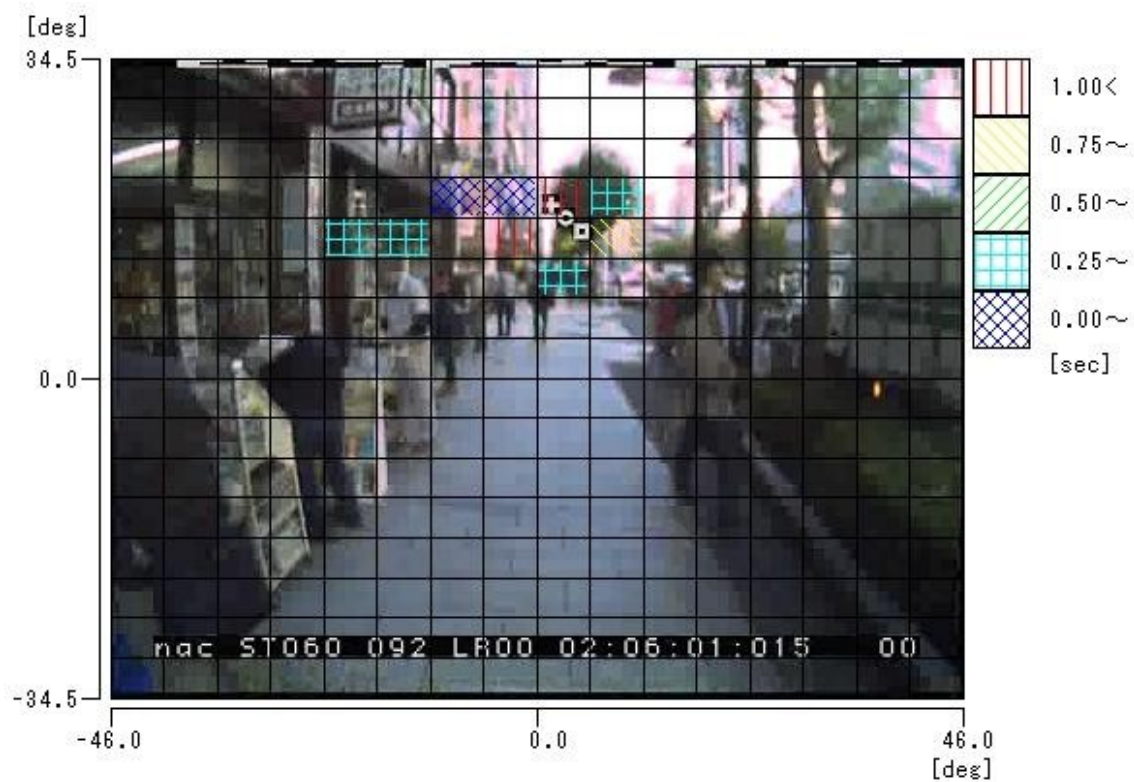


図 48 注視時間分布図（被験者 C, 区間 4）

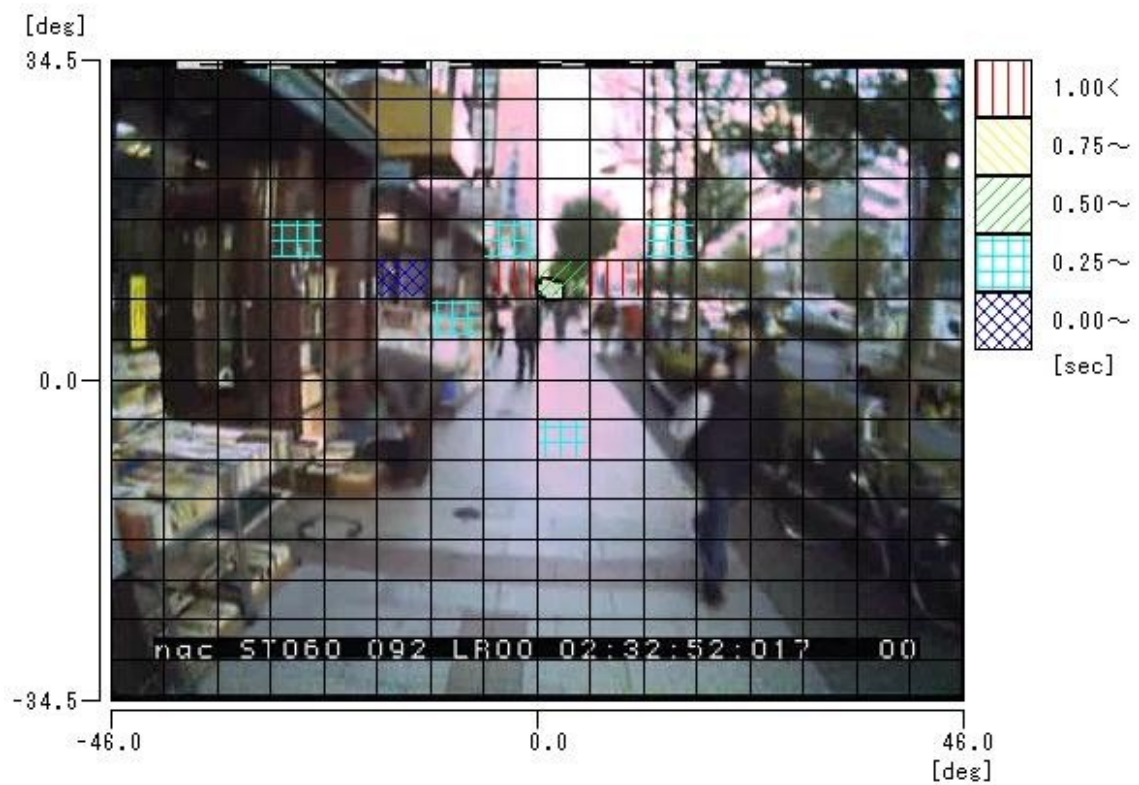


図 49 注視時間分布図（被験者 D, 区間 4）

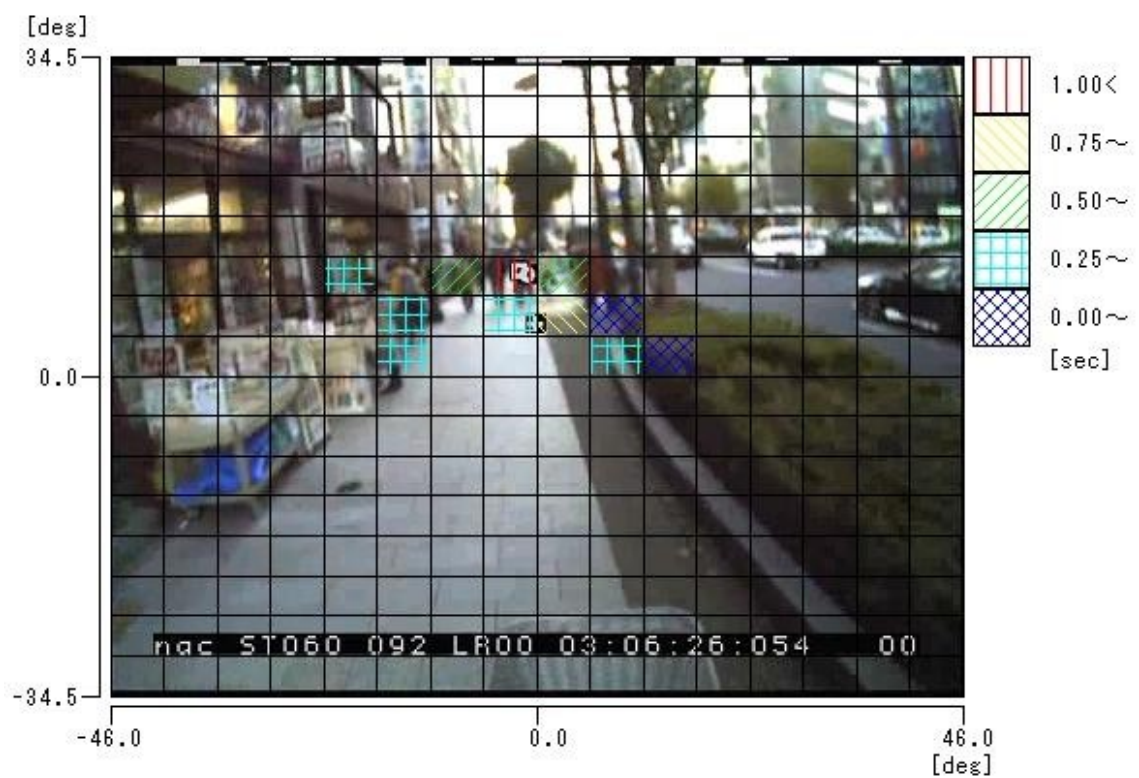


図 50 注視時間分布図（被験者 E, 区間 4）

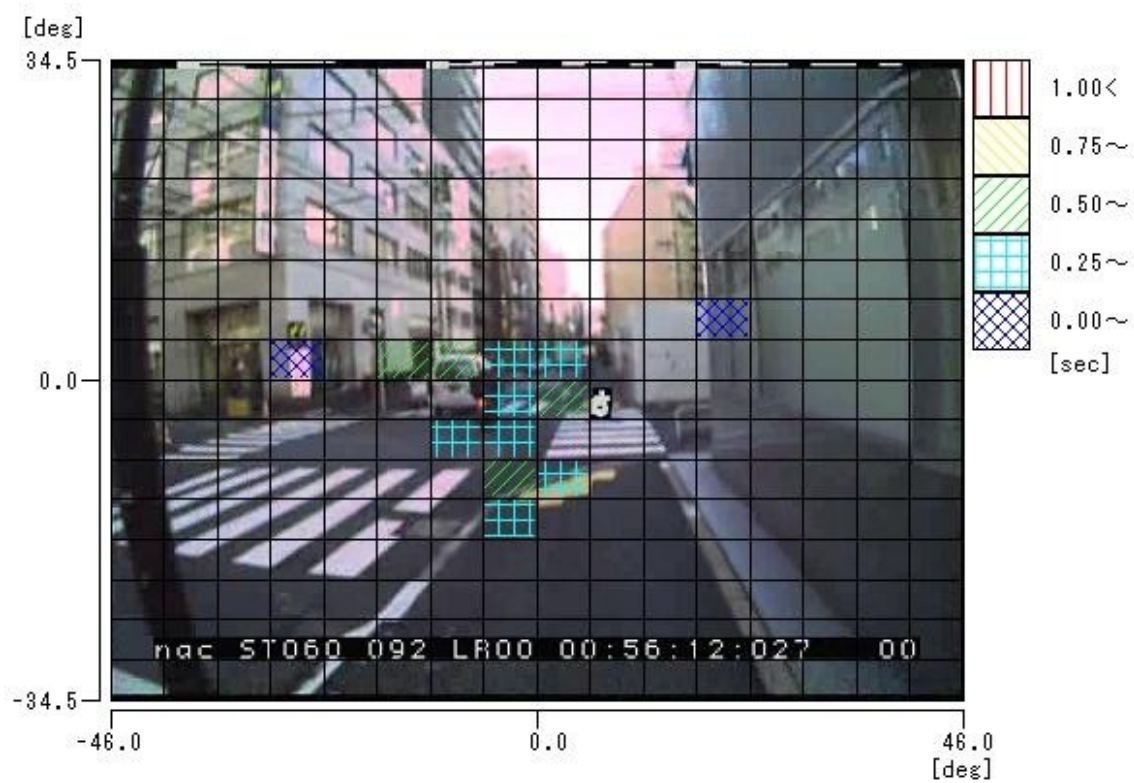


図 51 注視時間分布図（被験者 A, 区間 1-2）



図 52 注視時間分布図（被験者 B, 区間 1-2）

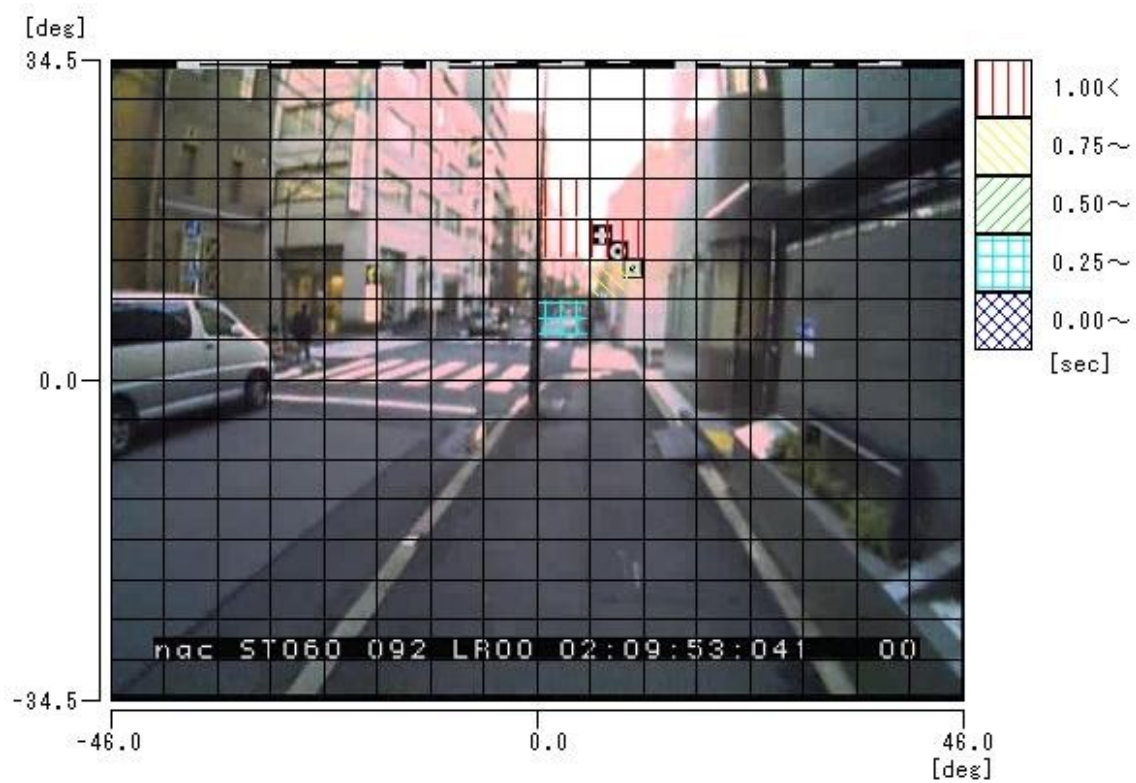


図 53 注視時間分布図（被験者 C，区間 1-2）

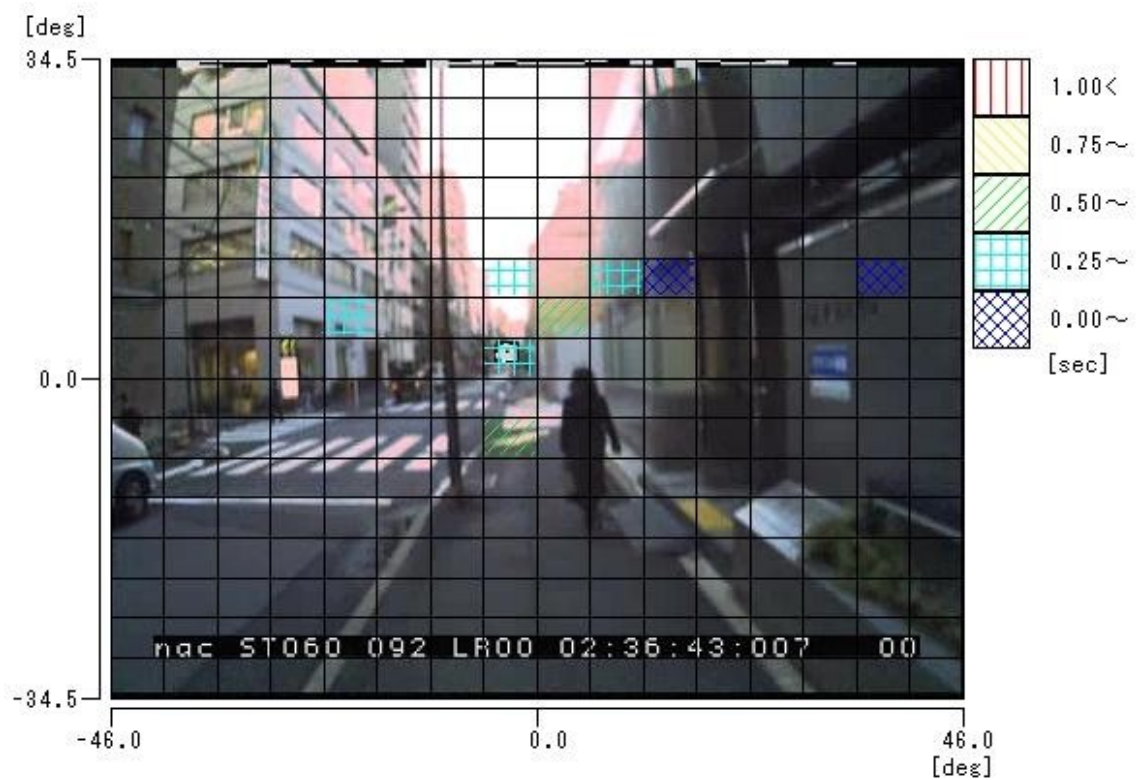


図 54 注視時間分布図（被験者 D，区間 1-2）

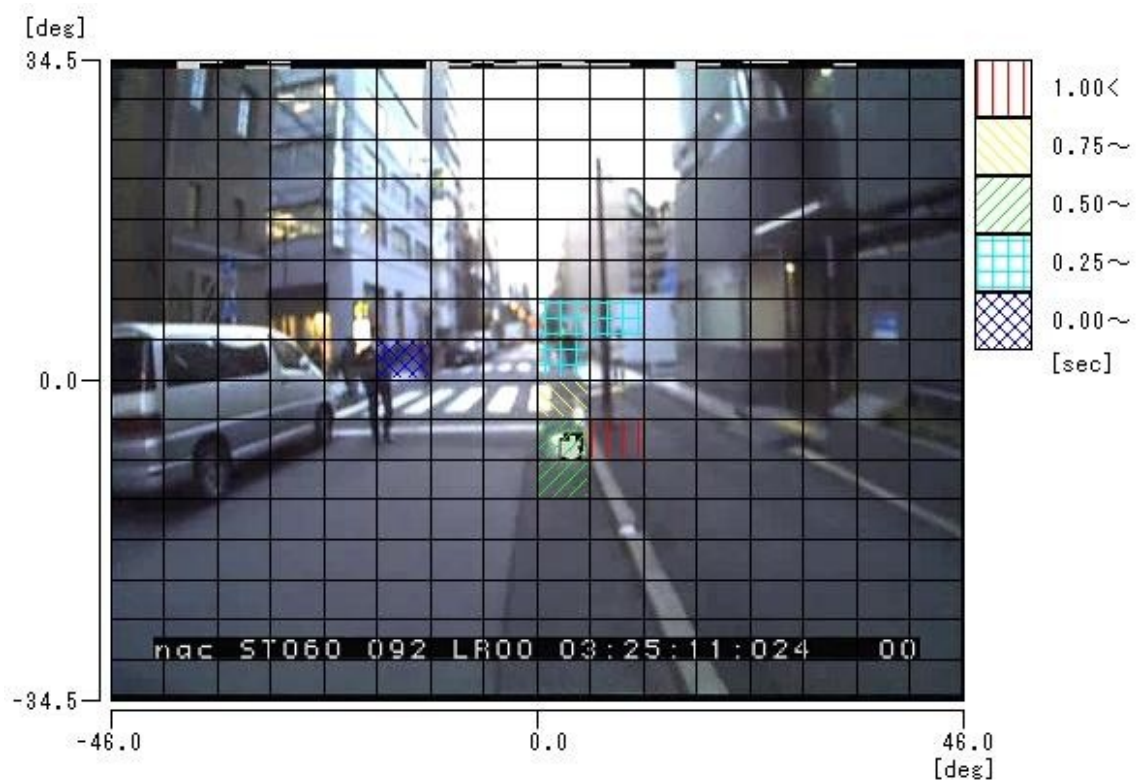


図 55 注視時間分布図（被験者 E, 区間 1-2）

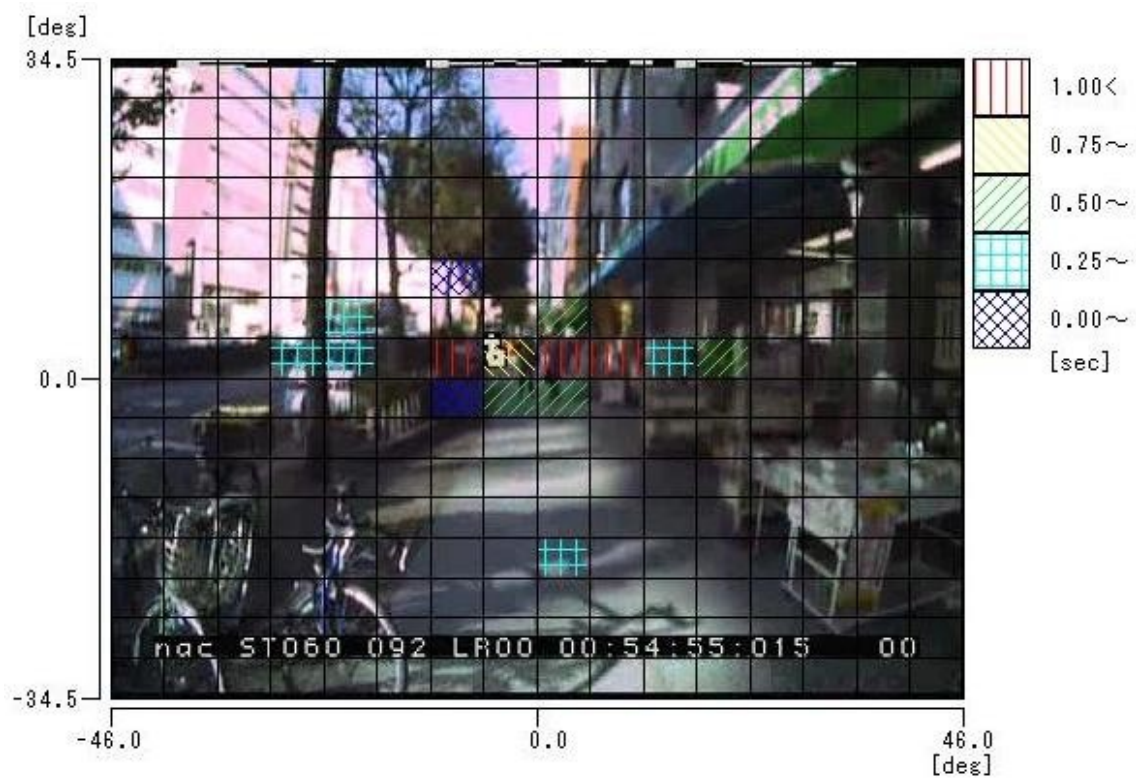


図 56 注視時間分布図（被験者 A, 区間 4-2）

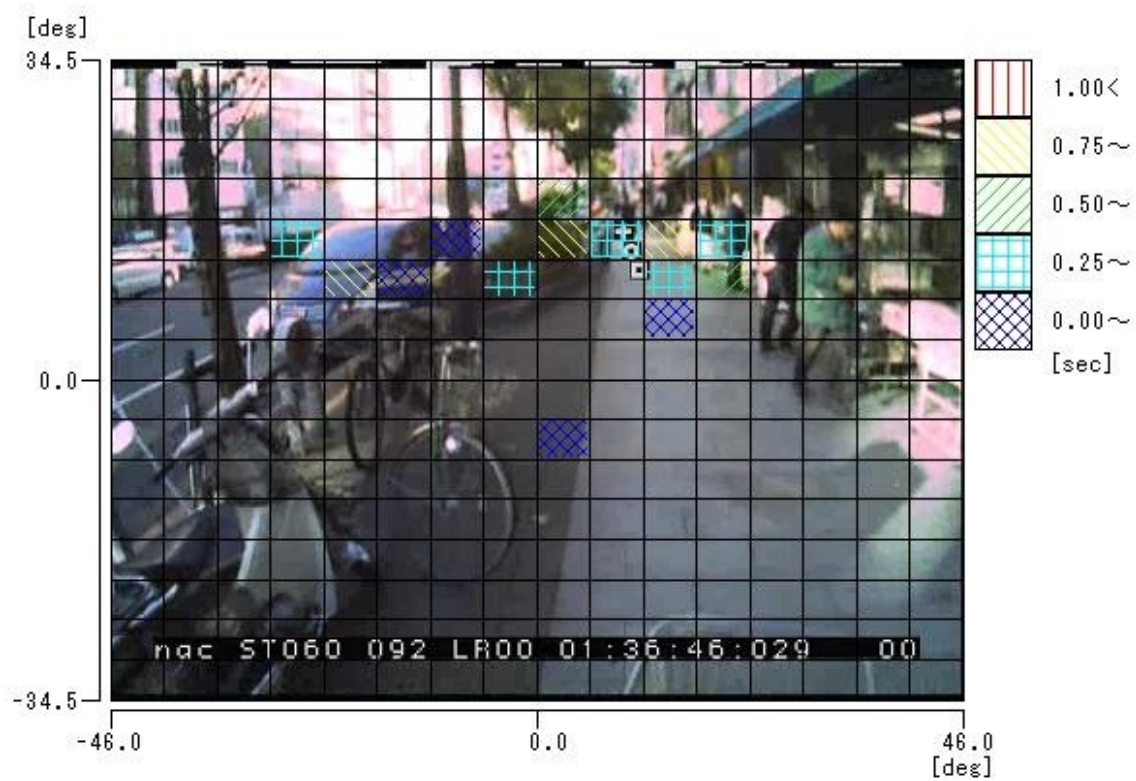


図 57 注視時間分布図（被験者 B, 区間 4-2）



図 58 注視時間分布図（被験者 C, 区間 4-2）

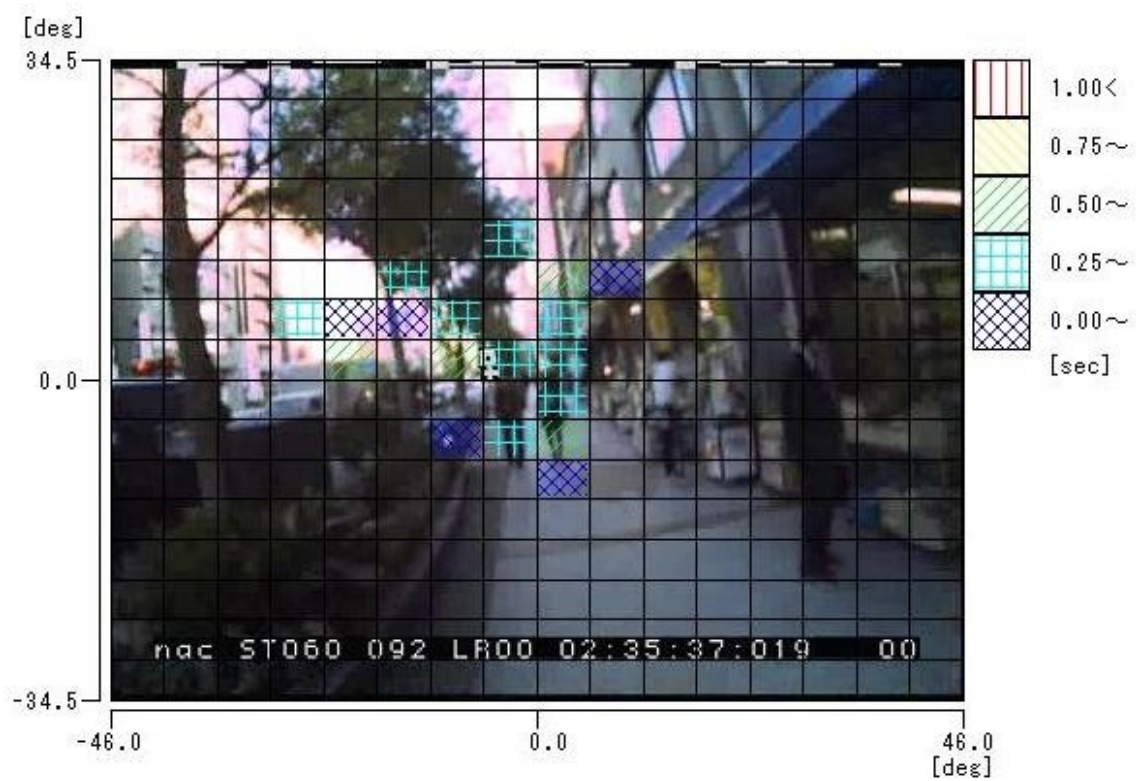


図 59 注視時間分布図（被験者 D, 区間 4-2）

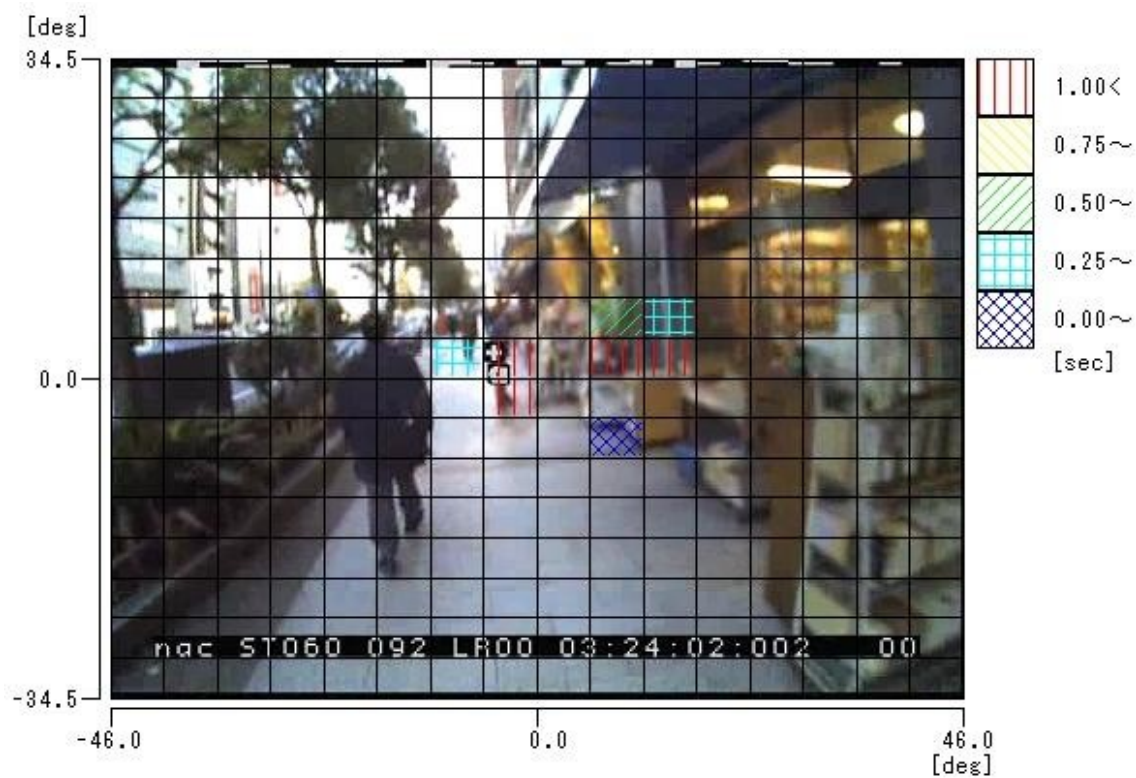


図 60 注視時間分布図（被験者 E, 区間 4-2）

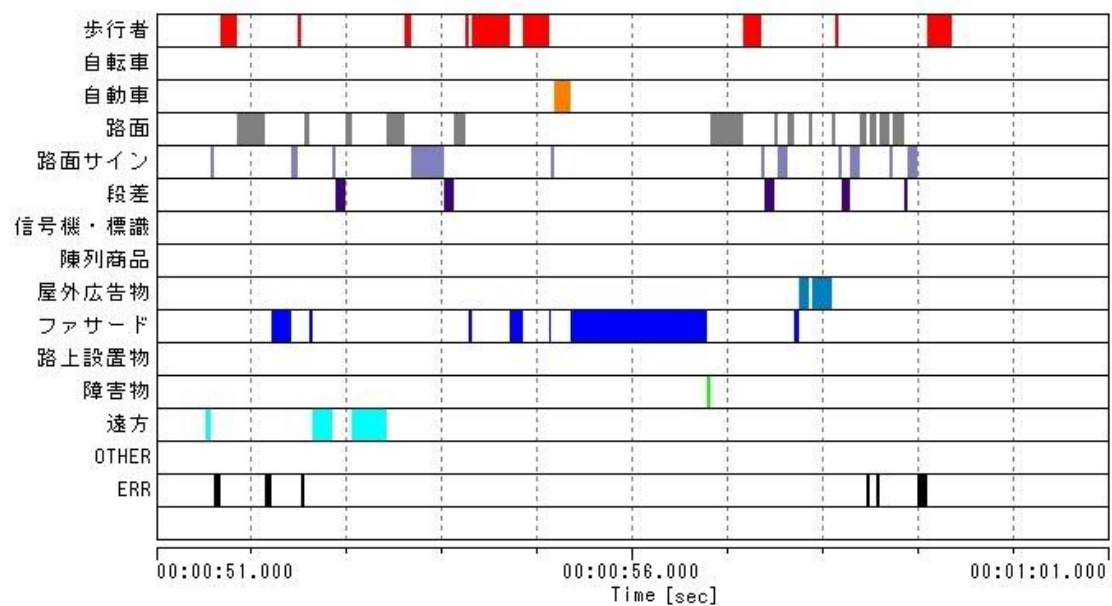


図 61 区間 1 における被験者 A の注視対象変化

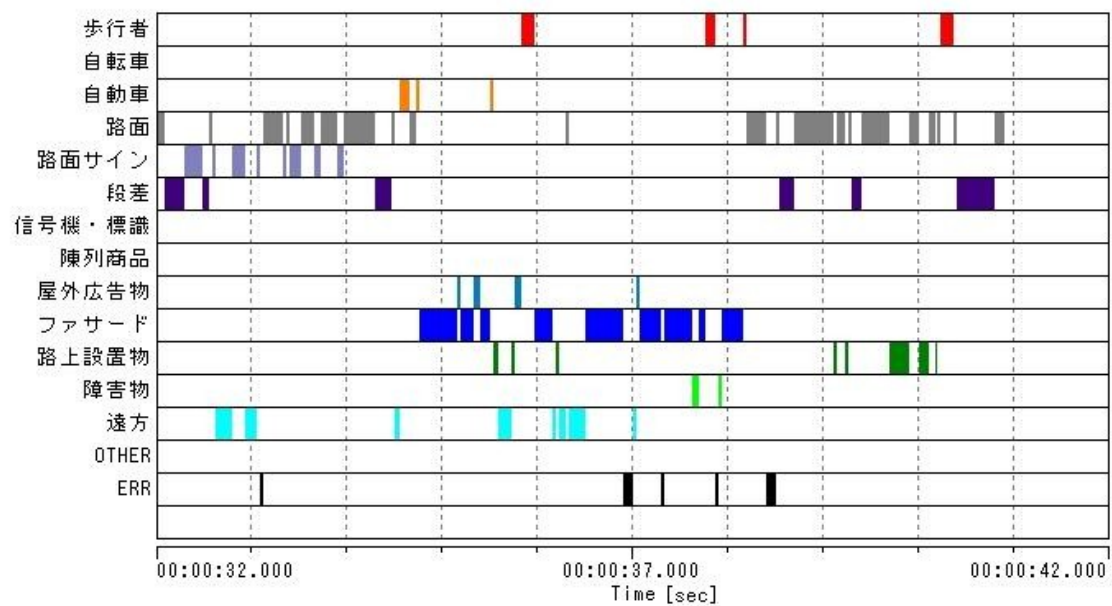


図 62 区間 1 における被験者 B の注視対象変化

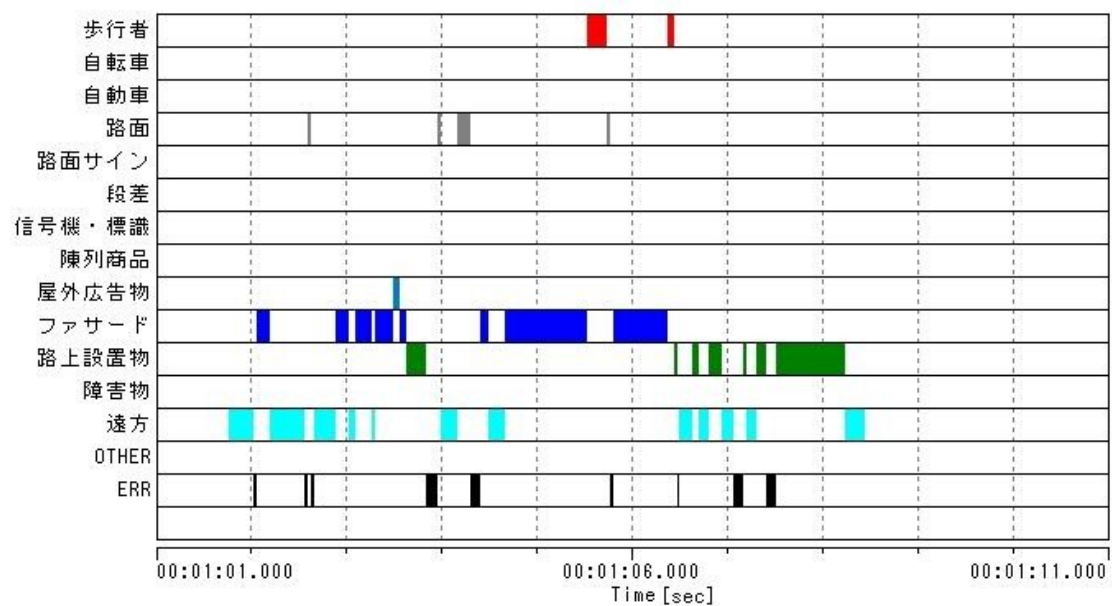


図 63 区間 1 における被験者 C の注視対象変化

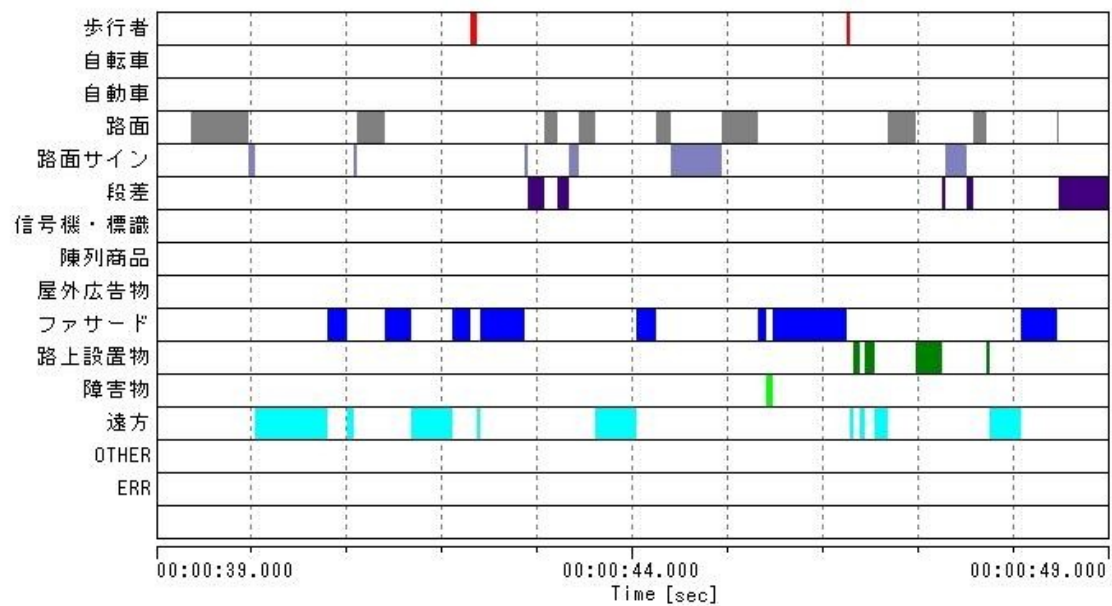


図 64 区間 1 における被験者 D の注視対象変化

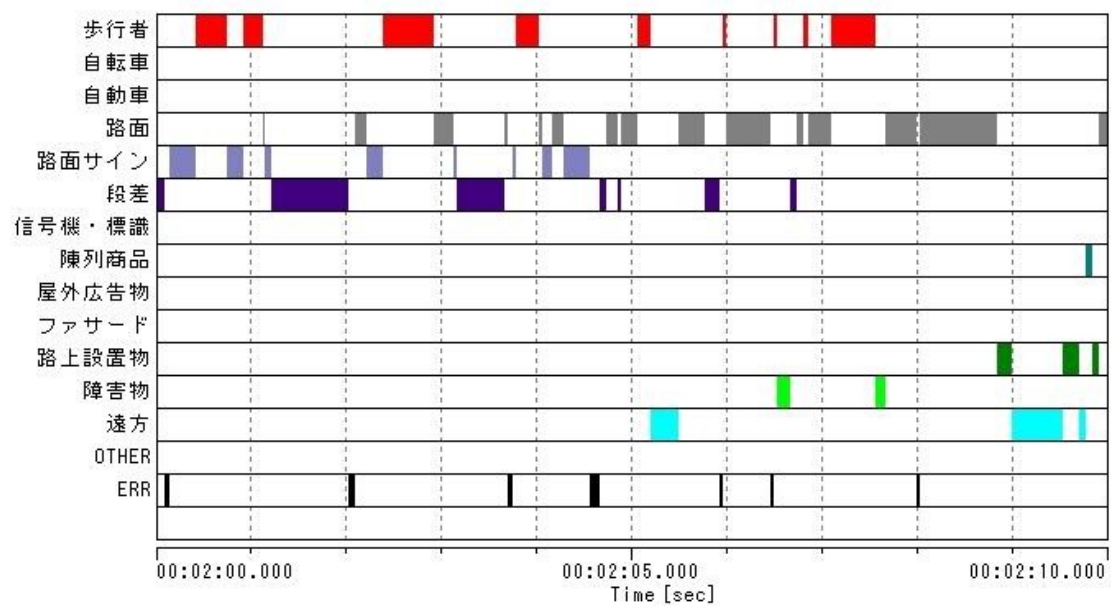


図 67 区間 2 における被験者 B の注視対象変化

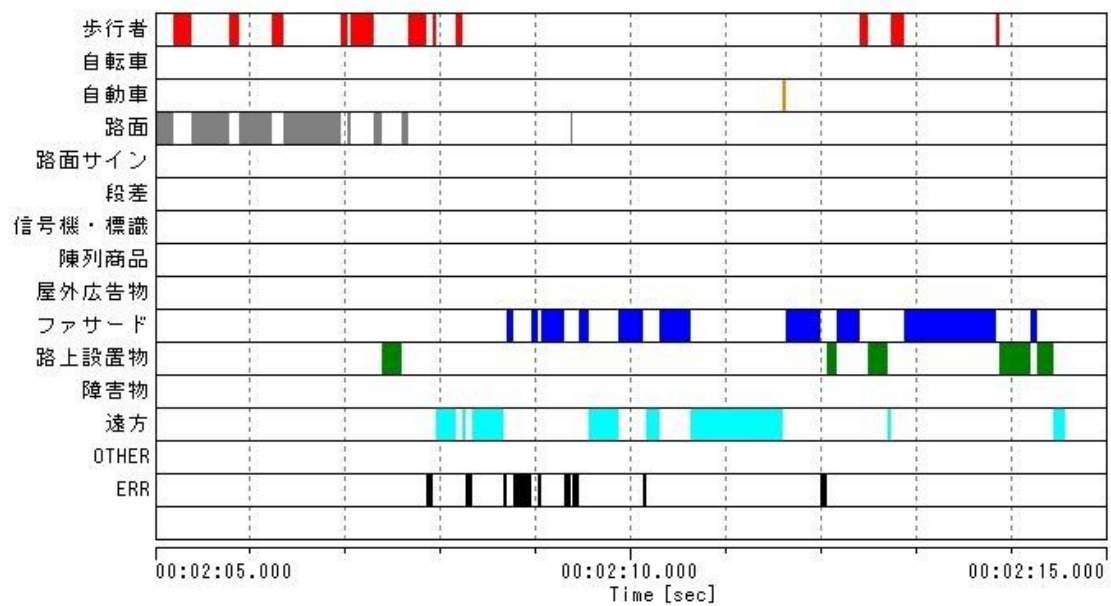


図 68 区間 2 における被験者 C の注視対象変化

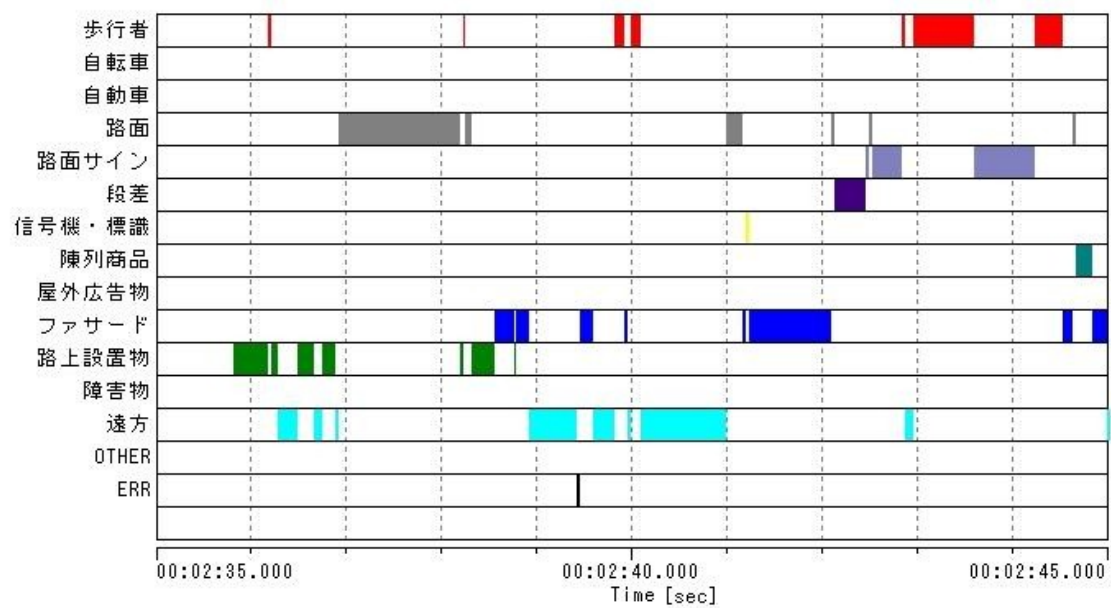


図 69 区間 2 における被験者 D の注視対象変化

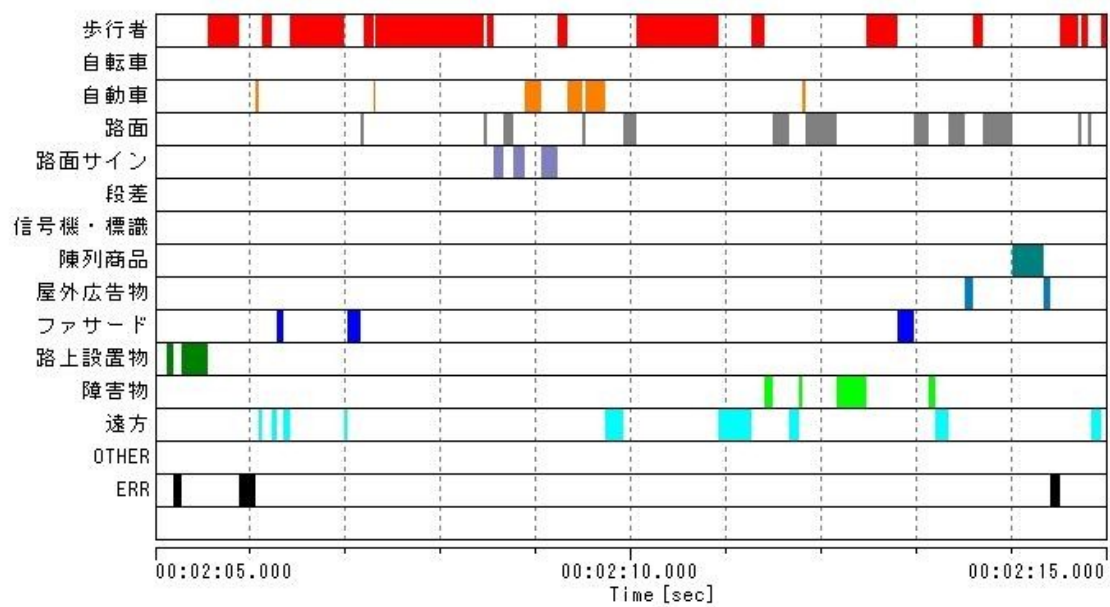


図 70 区間 2 における被験者 E の注視対象変化

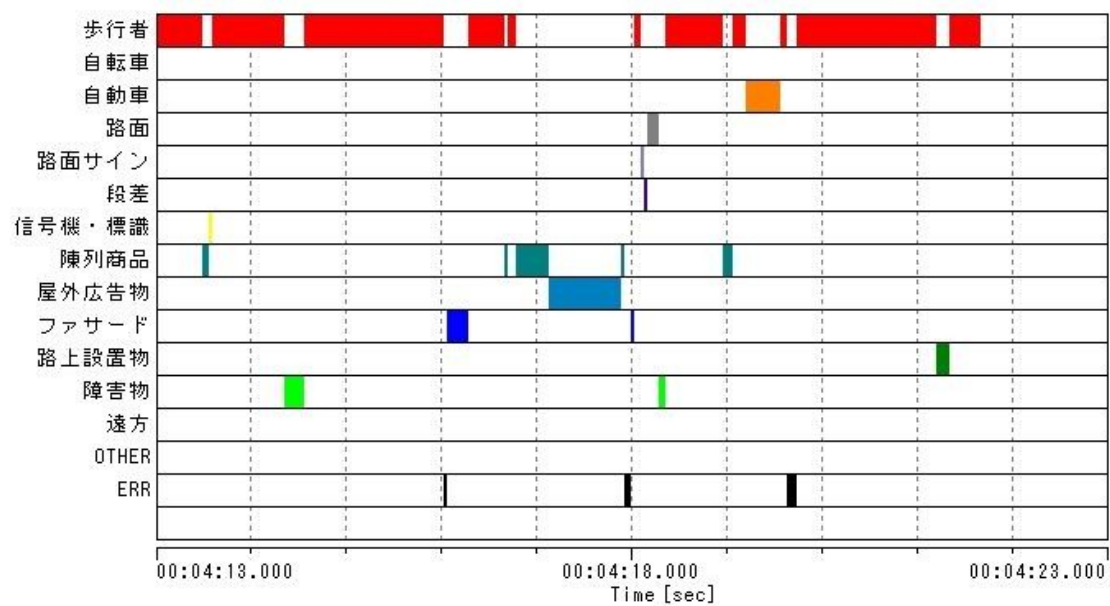


図 71 区間 3 における被験者 A の注視対象変化

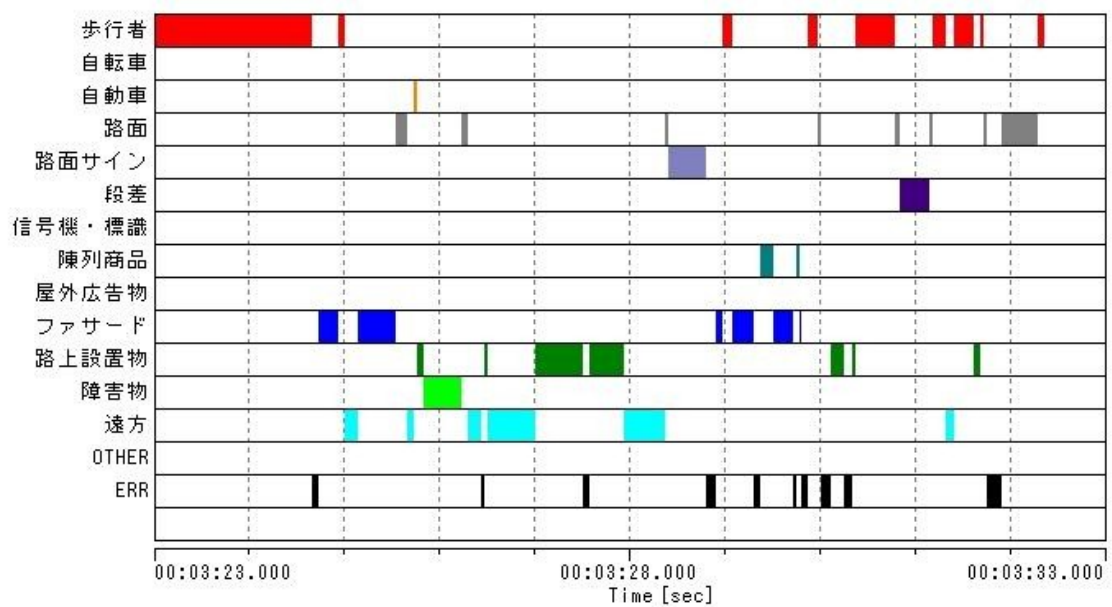


図 72 区間 3 における被験者 B の注視対象変化

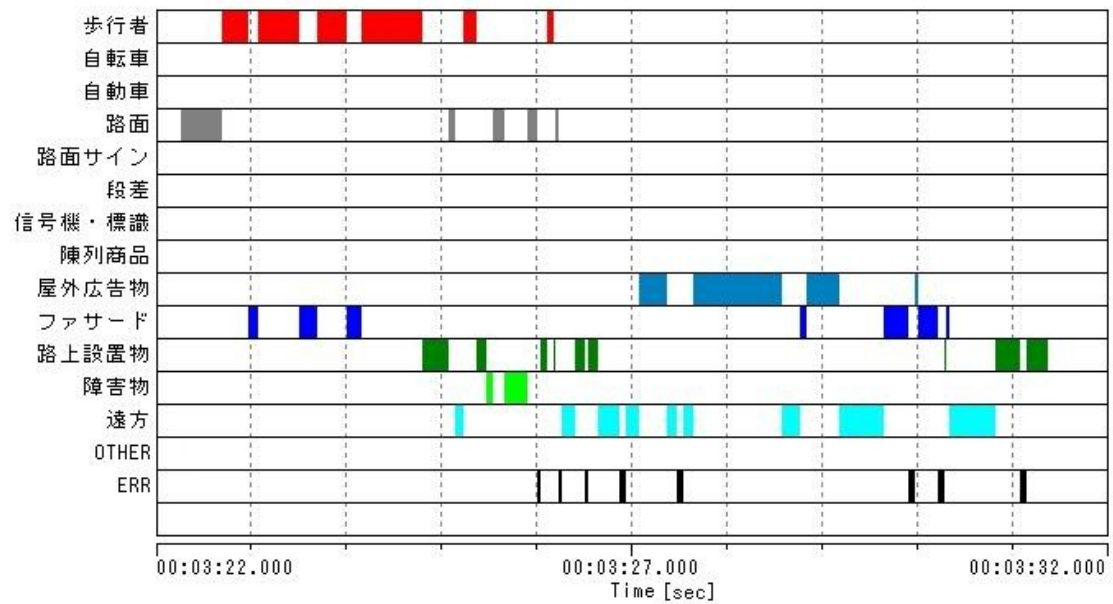


図 73 区間 3 における被験者 C の注視対象変化

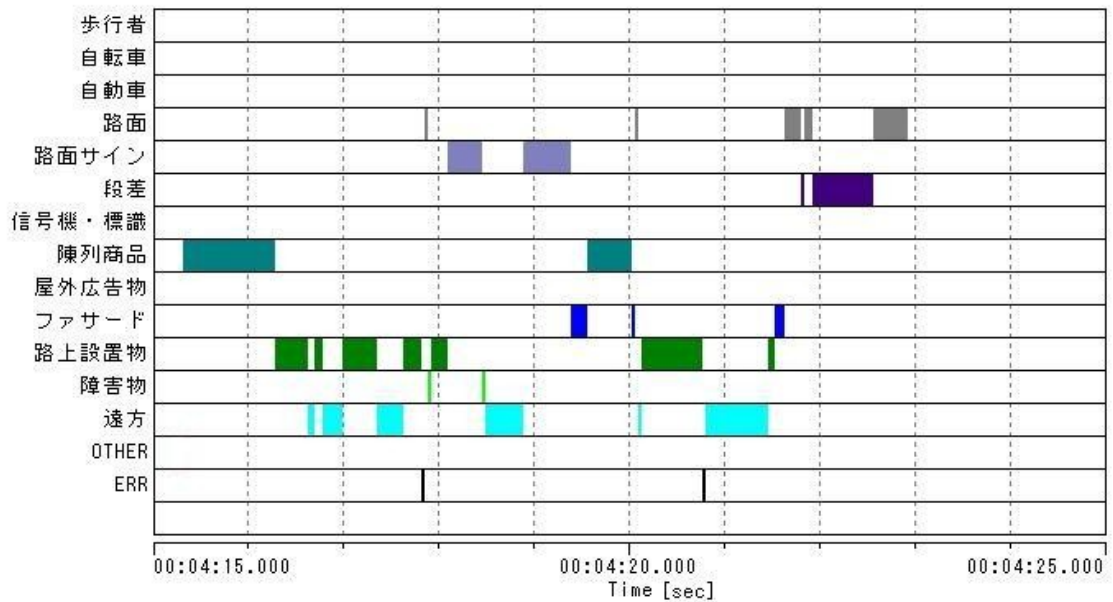


図 74 区間 3 における被験者 D の注視対象変化

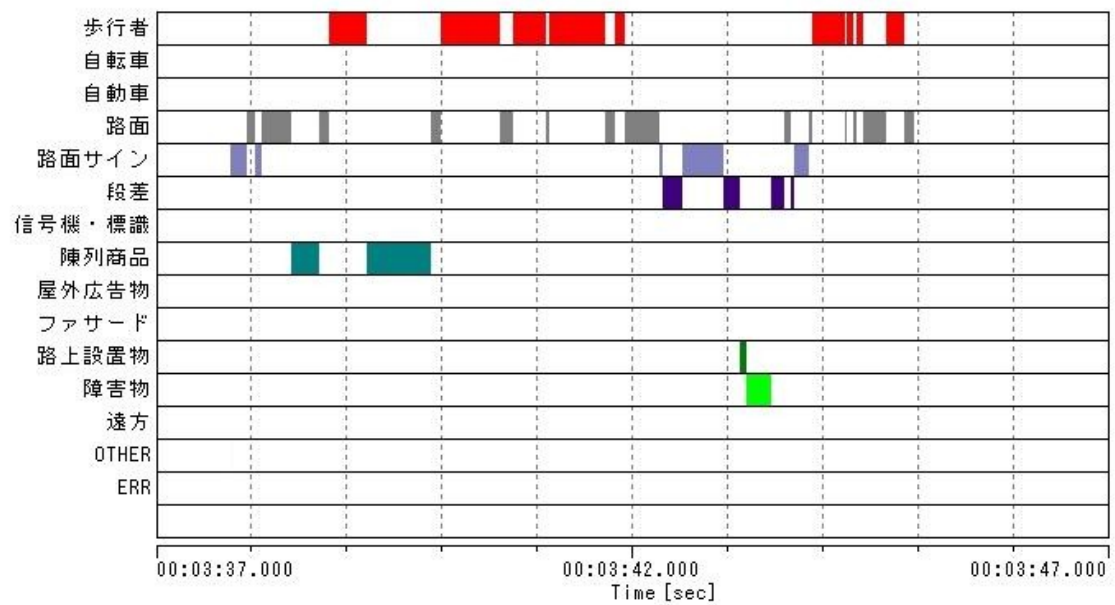


図 75 区間 3 における被験者 E の注視対象変化

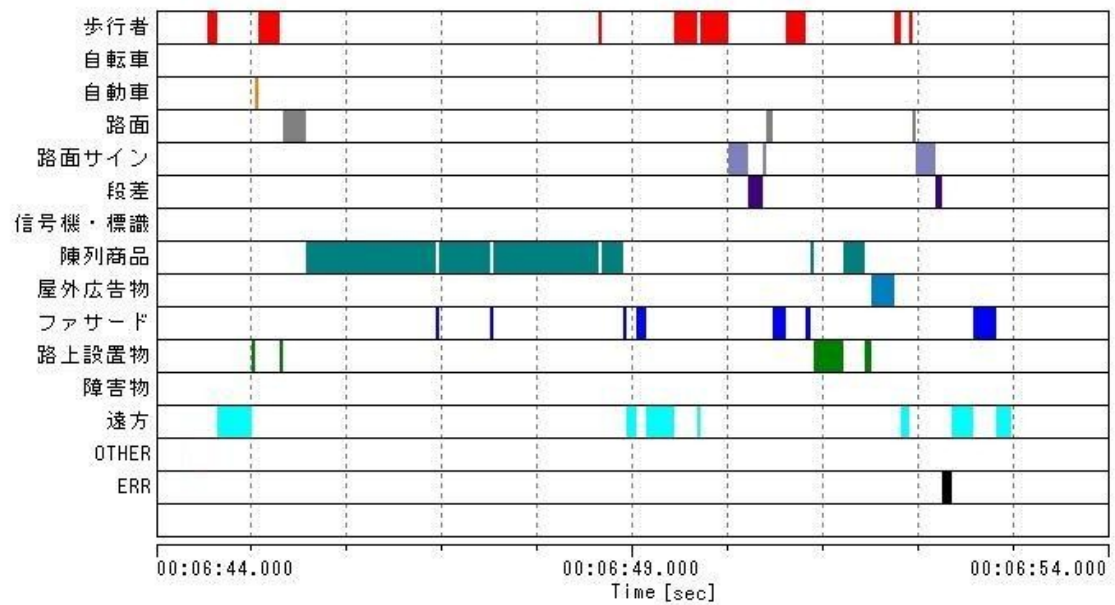


図 76 区間 4 における被験者 A の注視対象変化

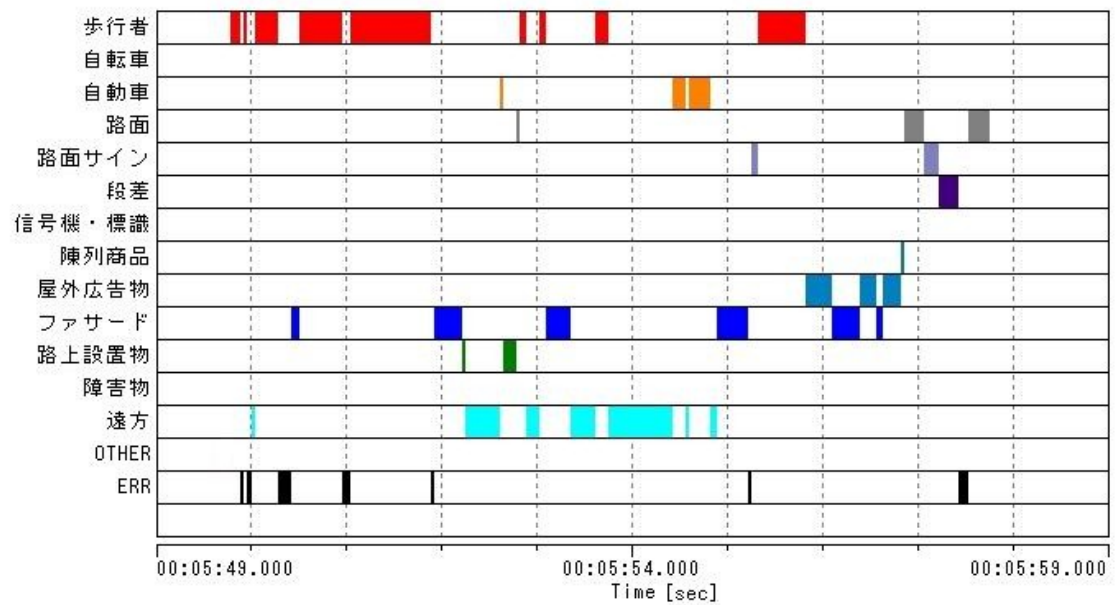


図 77 区間 4 における被験者 B の注視対象変化

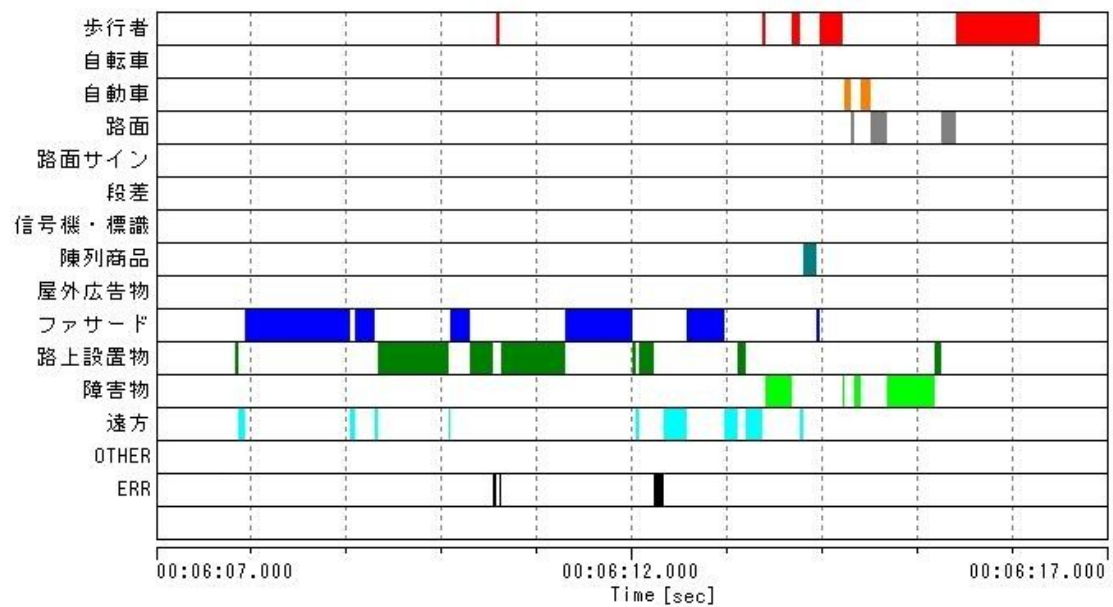


図 78 区間 4 における被験者 C の注視対象変化

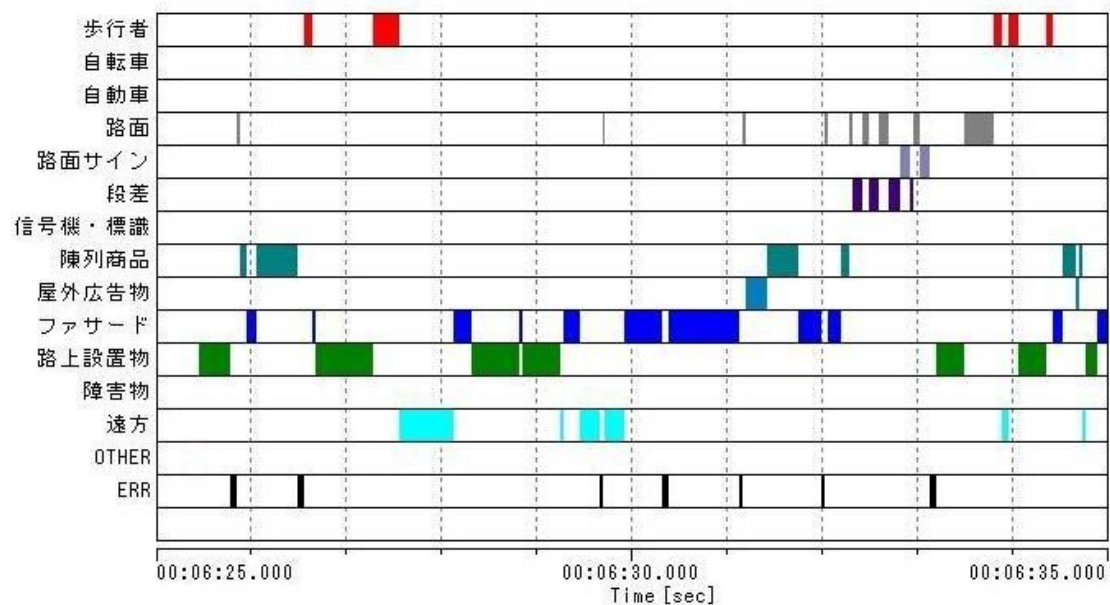


図 79 区間 4 における被験者 D の注視対象変化

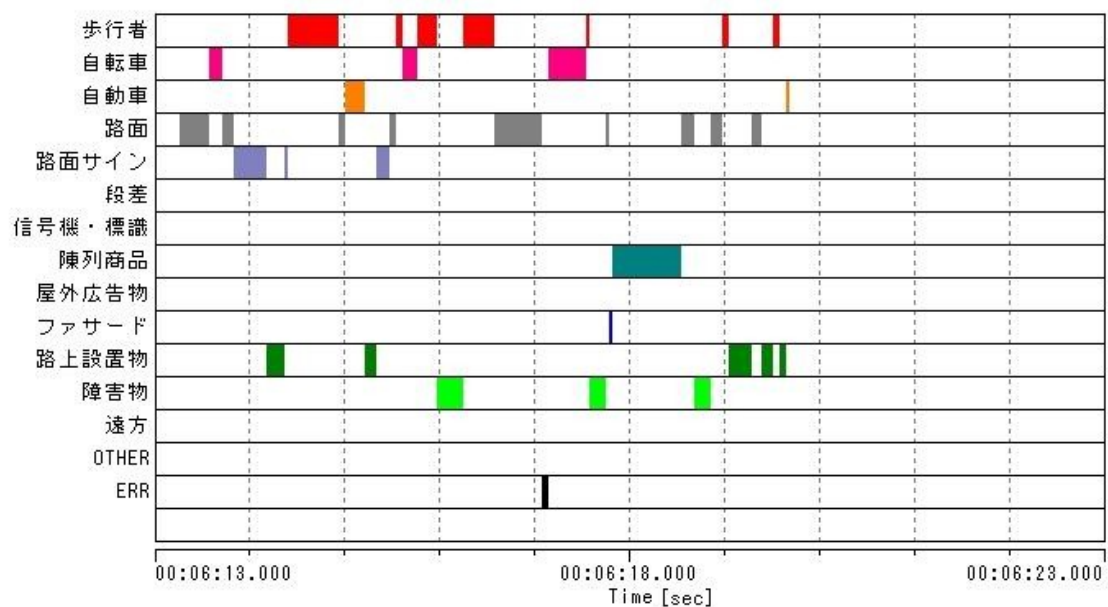


図 80 区間 4 における被験者 E の注視対象変化

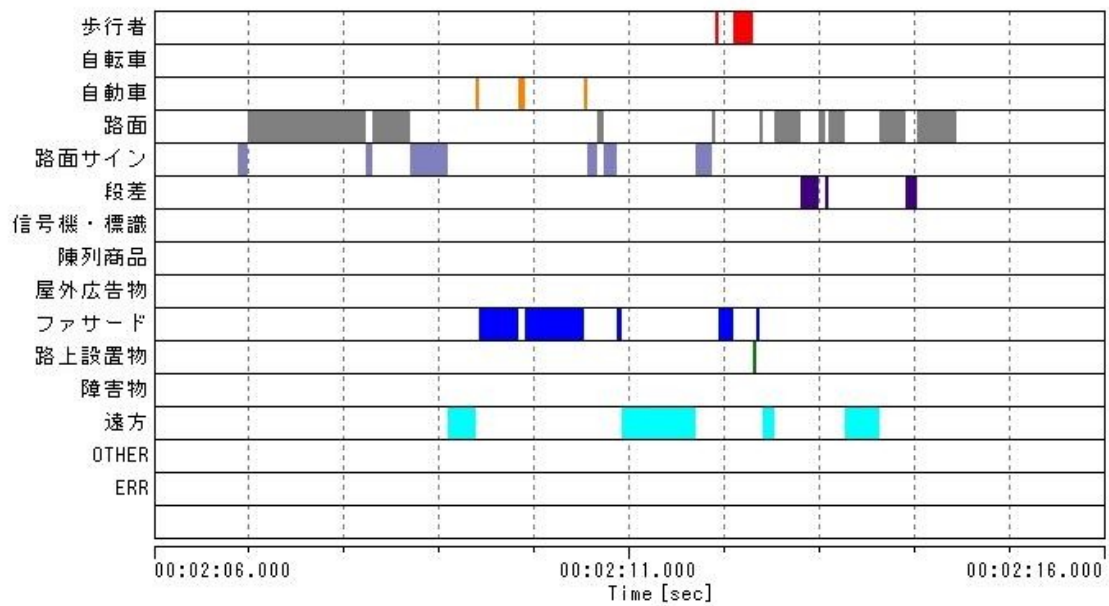


図 81 区間 5 における被験者 A の注視対象変化

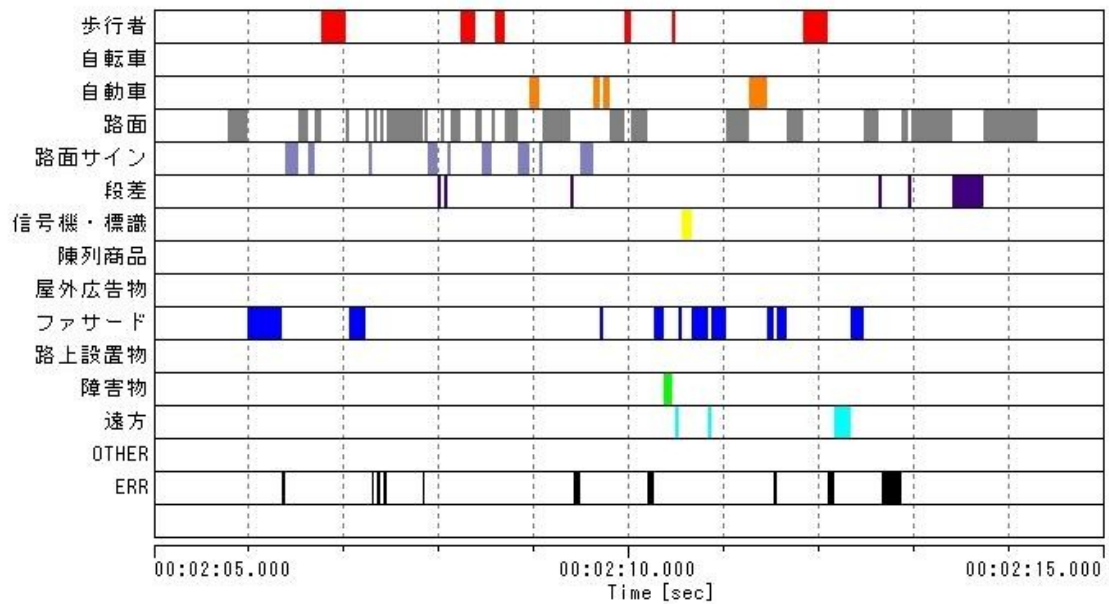


図 82 区間 5 における被験者 B の注視対象変化

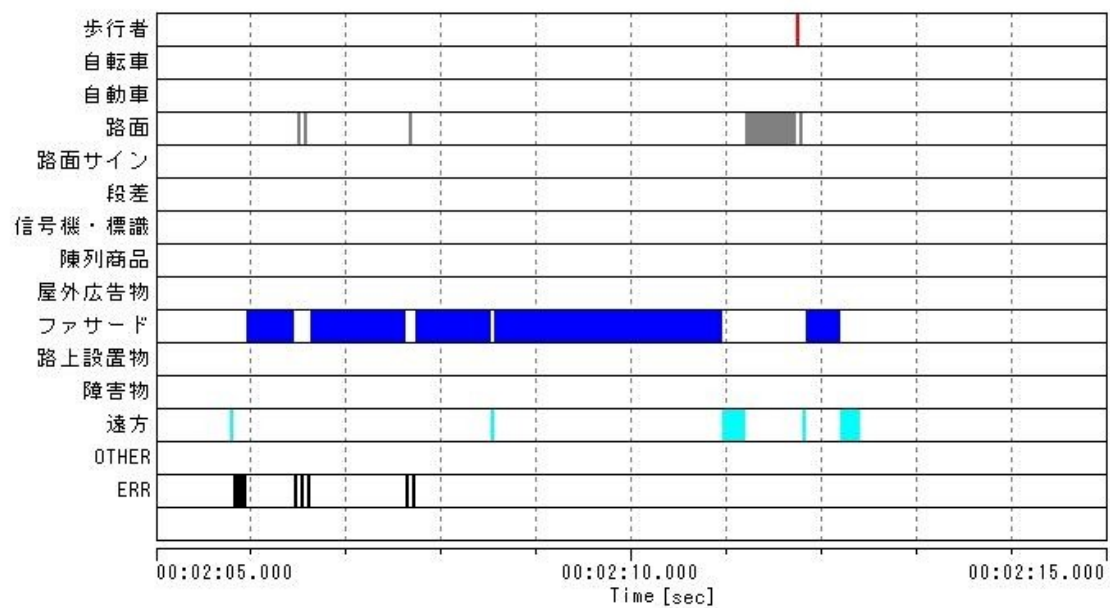


図 83 区間 5 における被験者 C の注視対象変化

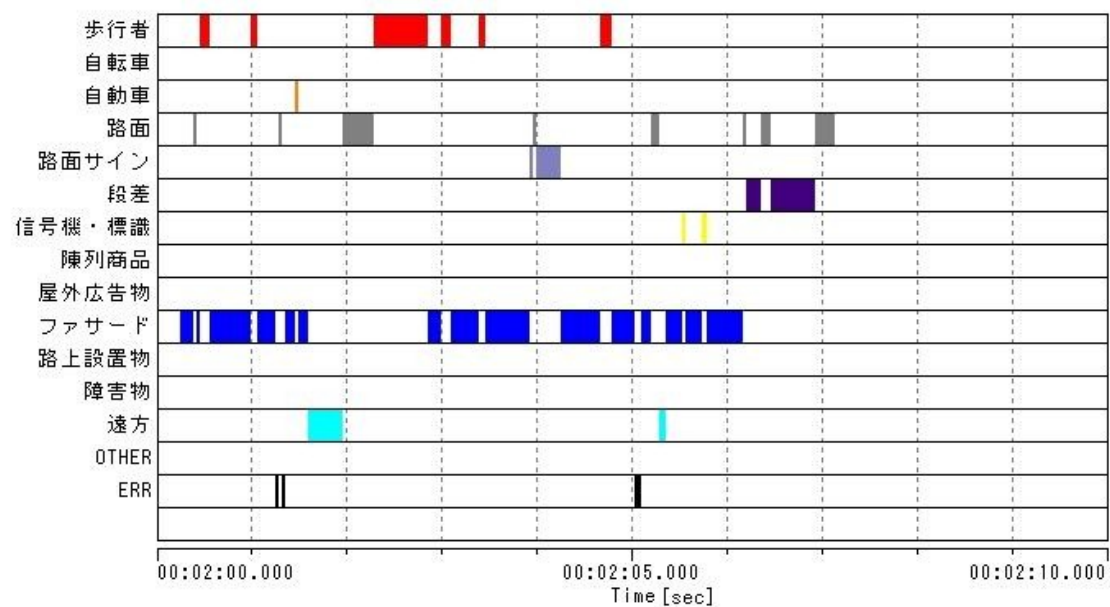


図 84 区間 5 における被験者 D の注視対象変化

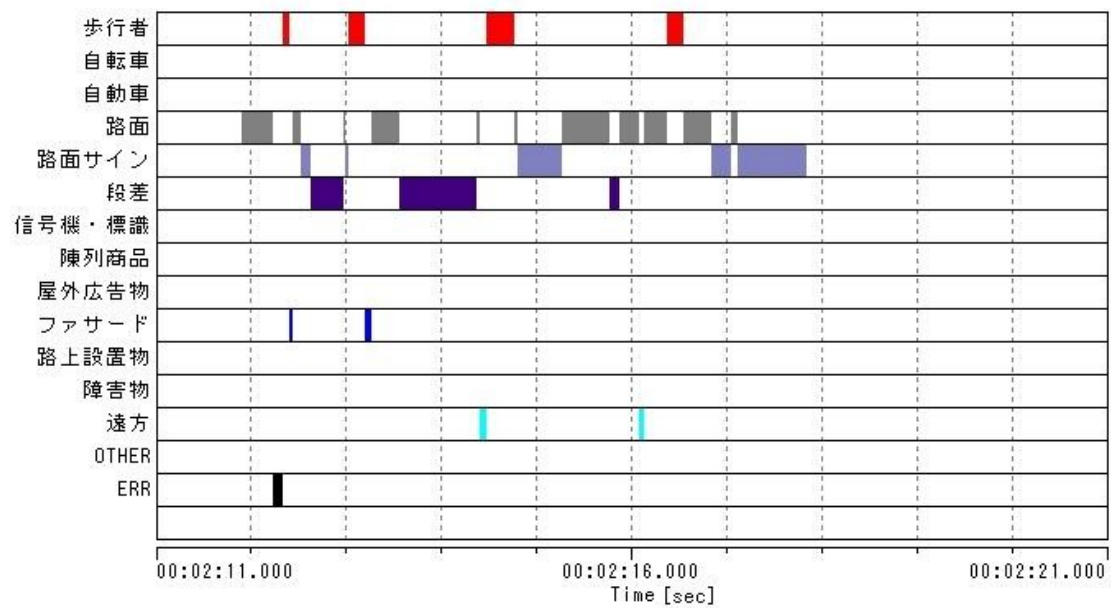


図 85 区間 5 における被験者 E の注視対象変化

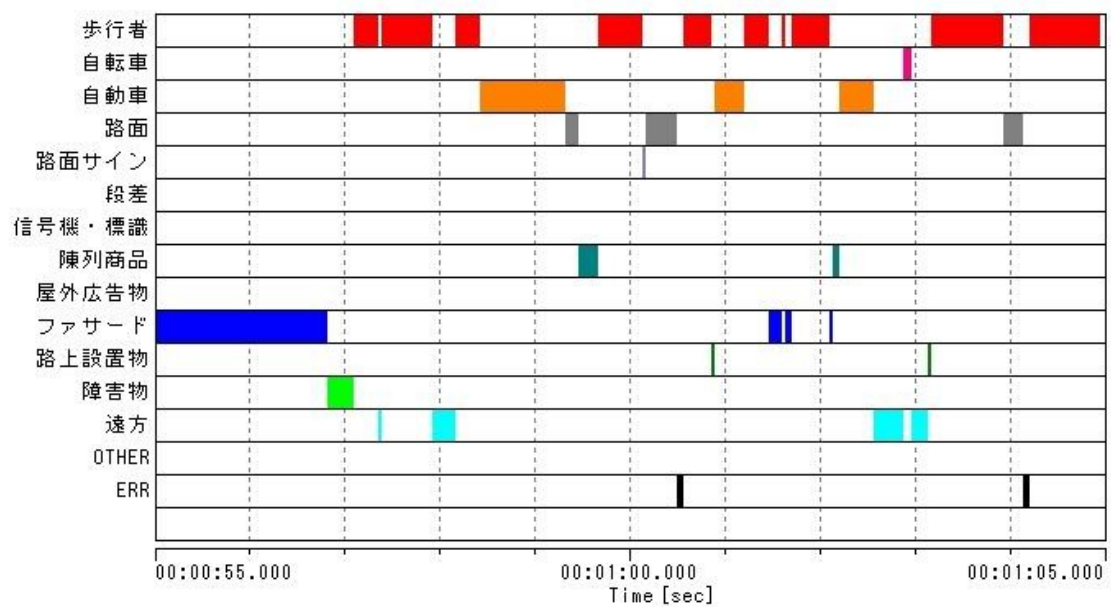


図 86 区間 6 における被験者 A の注視対象変化

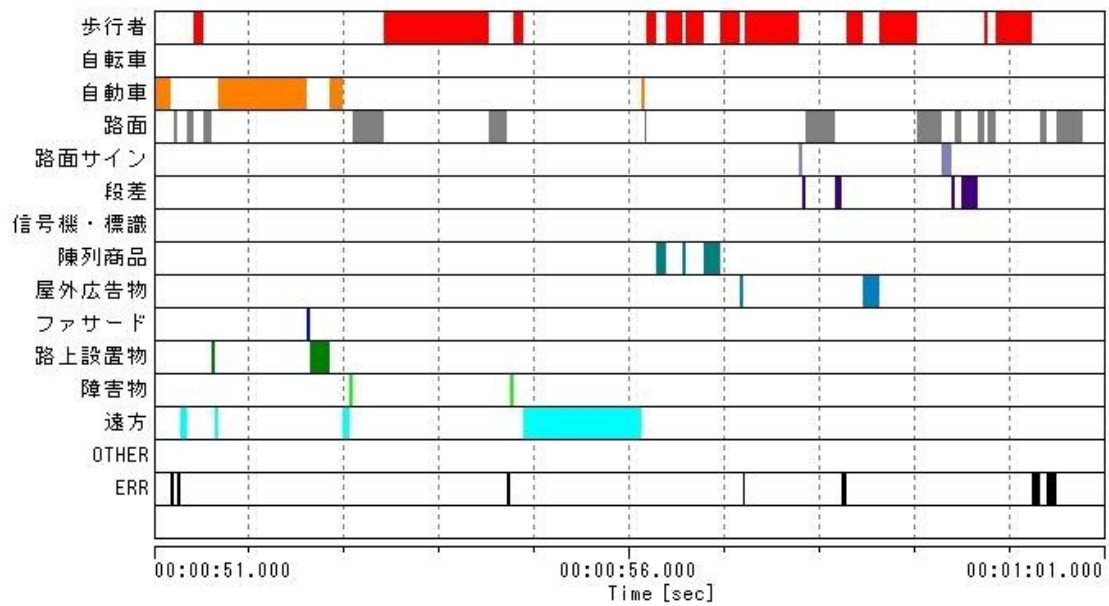


図 87 区間 6 における被験者 B の注視対象変化

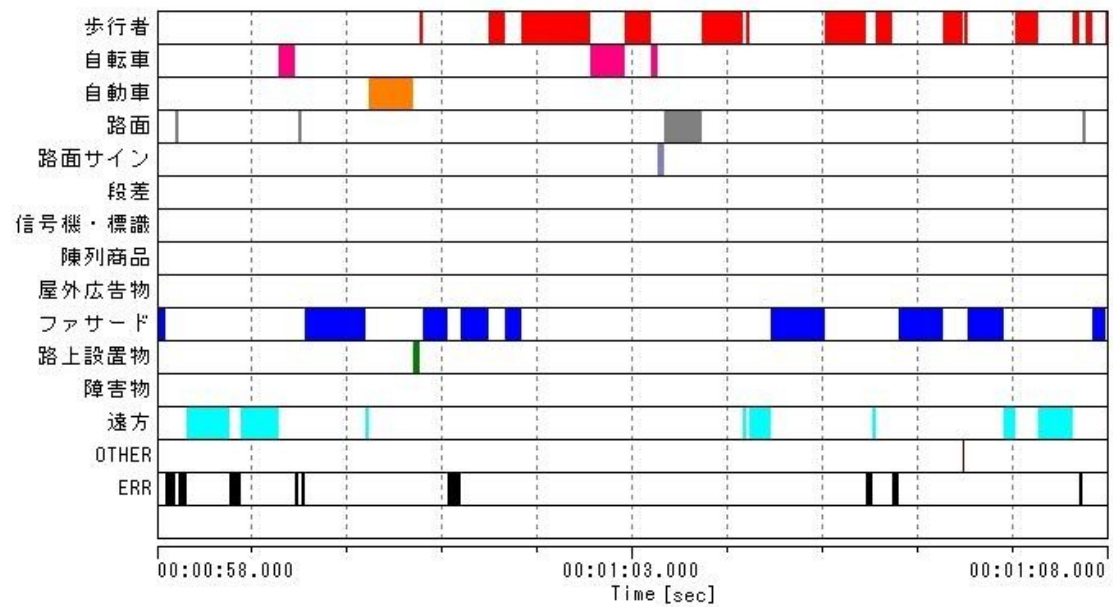


図 88 区間 6 における被験者 C の注視対象変化

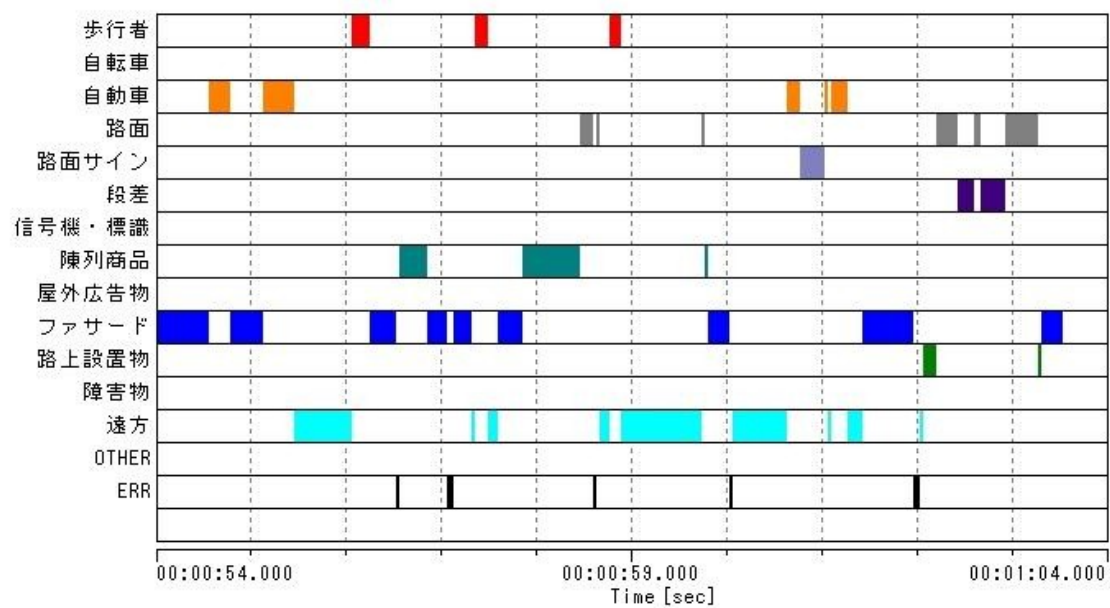


図 89 区間 6 における被験者 D の注視対象変化

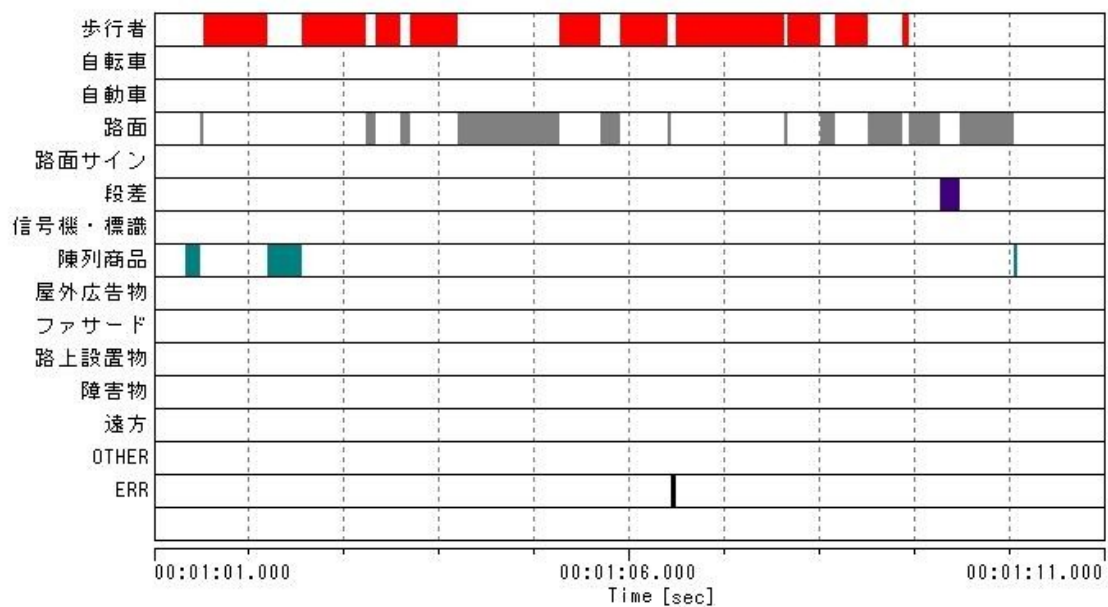


図 90 区間 6 における被験者 E の注視対象変化