

平成 13 年度
学士学位論文

ドライビングシミュレーションにおける
交差点での判断

Judgement at an intersection in driving simulation

1020318 久武 慎也

指導教員 篠森 敬三

2002 年 2 月 8 日

高知工科大学 情報システム工学科

要 旨

ドライビングシミュレーションにおける 交差点での判断

久武 慎也

交差点での事故が多発しているが、その要因に視覚系情報処理がどのように関与しているかを調べるため、コンピュータディスプレイ上で交差点付近の状態を2次元(平面的)に再現するドライビングシミュレーターを作成し、運転者の判断の正確さと速さを調べる実験を行った。各セットごとに車の速さを変え、ディスプレイ上の車が交差点にさしかかった時に、様々なタイミングで信号を変え、それぞれの場合の行動判断(そのまま交差点を通過するか、手前で停止するか、あるいは加速するか)とそれに基づく車の操作、応答時間(Reaction Time : m)および結果(安全度)を測定した。実験データを解析して、信号が黄色になった時の交差点(あるいは手前)における車の位置と、得点化した判断の適切さの関係を求めたところ、被験者が「加速する」を選択したくなるような状況の地点でミスが多くなるという結果を得た。

キーワード 判断時間

Abstract

Judgement at an intersection in driving simulation

Shinya Hisatake

Though an accident in the crossing breaks out frequently, to check how for sight information processing to be involved in that factor, I made Driving Simulator that condition around the crossing was reproduced two-dimensionally on the computer display, and did the experiment to examine the correctness of the judgment of the operation person and speed. When the speed of the car was changed to each set and a car in display came to the crossing, a signal was changed at the various timing, and the operation of the car based on the behavior judgment of each case (It passes through the crossing as it is, It stops at the front or It accelerates) and that, Reaction Time and a result were measured. It got the result that mistakes increased in the point of the conditions that a testee wants to accelerate it when experiment data were analyzed and the relations of the appropriateness of the judgment which became a score with the position of the car in the crossing when a signal turned yellow.

key words Reaction Time

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	実験目的	1
1.2	反応時間 (Reaction Time) について	2
1.2.1	反応時間 (RT) の定義	2
1.2.2	速さと正確さのトレードオフ	3
第 2 章	実験手法	5
2.1	実験環境と実験装置	5
2.2	交差点のシミュレーション	7
2.2.1	実際の交差点	7
2.2.2	実験のシミュレーション	7
2.3	実験データ測定	9
2.4	実験手順	10
第 3 章	実験結果	12
3.1	被験者 S.H の実験結果	12
3.1.1	スケール速度およそ 100km/h の場合	13
3.1.2	スケール速度およそ 80km/h の場合	14
3.1.3	スケール速度およそ 60km/h の場合	16
3.1.4	スケール速度およそ 40km/h の場合	17
3.2	被験者 H.U の実験結果	19
3.2.1	スケール速度およそ 100km/h の場合	19
3.2.2	スケール速度およそ 80km/h の場合	21
3.2.3	スケール速度およそ 60km/h の場合	22

目次

3.2.4	スケール速度およそ 40km/h の場合	24
3.3	被験者 T.S の実験結果	25
3.3.1	スケール速度およそ 100km/h の場合	26
3.3.2	スケール速度およそ 80km/h の場合	27
3.3.3	スケール速度およそ 60km/h の場合	29
3.3.4	スケール速度およそ 40km/h の場合	30
第 4 章	考察	32
4.1	最適判断エリアと事故の発生	32
4.2	「加速すること」が事故につながっているのか	33
4.3	RT と事故の関係	34
4.4	交差点進入時の安全な速度	36
第 5 章	結論	37
	謝辞	38
	参考文献	39

目次

1.1	反応時間と運動時間 積山 薫 1994,pp,185 より	3
2.1	実験ブースのレイアウト	5
2.2	ディスプレイ環境図	6
2.3	実際の交差点の黄色信号の長さの関係	7
2.4	実験の流れ	11
3.1	スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係	13
3.2	スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係	13
3.3	スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係	14
3.4	スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係	14
3.5	スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係	15
3.6	スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係	15
3.7	スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係	16
3.8	スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係	16

目次

3.9 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係	17
3.10 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係	17
3.11 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係	18
3.12 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係	18
3.13 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係	19
3.14 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係	20
3.15 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係	20
3.16 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係	21
3.17 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係	21
3.18 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係	22
3.19 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係	22
3.20 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係	23
3.21 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係	23

目次

3.22 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価 得点の関係	24
3.23 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断 比率の関係	24
3.24 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係	25
3.25 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評 価得点の関係	26
3.26 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判 断比率の関係	26
3.27 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係	27
3.28 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価 得点の関係	27
3.29 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断 比率の関係	28
3.30 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係	28
3.31 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価 得点の関係	29
3.32 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断 比率の関係	29
3.33 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係	30
3.34 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断 比率の関係	30

目次

3.35	スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断 比率の関係	31
3.36	スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係	31
4.1	各スケール速度の時の最適判断エリアの移行	32
4.2	エリアと事故の関係	33
4.3	「加速する」判断と事故との関係	34
4.4	被験者 S.H の RT と事故の関係	35
4.5	被験者 H.U の RT と事故の関係	35
4.6	被験者 T.S の RT と事故の関係	36

第 1 章

はじめに

1.1 実験目的

一般に、交通事故はどのようなところで最も起こりやすいであろうか。それはいくつかの要因、事象が重なり合う交差点であると推察できる。さらに、交通事故を何回も繰り返す人もいれば、全く起こさない人もいる。これはただ単純に、個人の運転の操作技術の違いによるものだろうか。

今回の実験ではこのような観点から、人間の視覚系情報処理が交通事故にどのように関与しているかについて考える。

実験内容は、被験者にコンピュータディスプレイ上で交差点付近の状態を 2 次元的に再現されたシミュレーターで、うまく交差点を通過したり止まってもらうように正確に素早く判断をしてもらう。各セットごとに車の速さを変え、ディスプレイ上の車が交差点にさしかかった時に、様々なタイミングで信号を変え、それぞれの時の行動判断とそれに基づく車の操作、反応時間 (Reaction Time) および結果 (安全度) を測定し、実験結果より事故の要因を検討した。

本実験の特徴としては、実際に交差点での実験が出来ないためシミュレーターを使ったということである。そして、高度なシミュレーターを使うと色々な情報が多すぎ、データが複雑で解析が困難になる恐れがあるので今回はあえてシンプルなシミュレーターを作成し使用した。

1.2 反応時間 (Reaction Time) について

1.2 反応時間 (Reaction Time) について

1.2.1 反応時間 (RT) の定義

まず反応時間 (Reaction Time) についてであるが、この基本的な知見については、参考文献の積山 薫 (1994) に詳しいので以下に要約して引用する。

刺激呈示が開始されてから所定の反応が生起するまでの所要時間を、反応時間 (reaction time : RT) と呼ぶ。反応時間という語は、1873 年に Exner が最初に用いたと言われている (Woodworth & Schlosberg, 1955)。RT は普通、刺激に対する反応の決定と、その決定に基づく運動の遂行に要する最小の時間と考えられる。したがって被験者には通常、知覚 - 運動協応成立下で、できるだけ早く正確にと教示し、キー押しなどの比較的簡単な最小限の運動で反応させる。スキルの測定のように、比較的複雑な一連の運動をさせる場合、その所要時間は遂行時間 (performance time) というべきであろう。今回の実験ではあまり関係がないが遂行時間は知覚 - 運動協応そのものを問題にするわけであるが、このうち刺激が呈示されてから運動開始までを RT、運動開始から完了までを運動時間 (movement time : MT) と分ける立場もある (図 1.1)。近年、運動制御の観点から、筋電位活動の開始時点をもとに RT をさらに前筋電位活動時間 (pre-motor time) と筋電位活動時間 (motor time) とに分解する場合もある。RT の同義語に反応潜時 (latency) があるが、これはしばしば RT よりも広い範囲に用いられ、生理的な反応や動物の反応にはこちらが用いられる。

1.2 反応時間 (Reaction Time) について

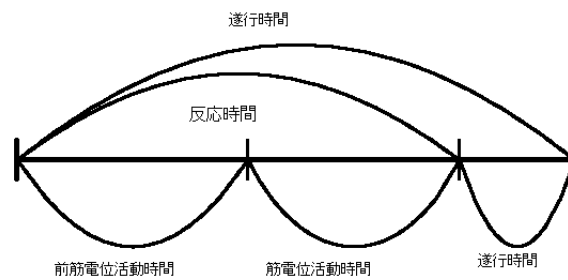


図 1.1 反応時間と運動時間 積山 薫 1994,pp,185 より

本実験では、シミュレーターの信号が黄色に変わった瞬間から、被験者が判断ボタンを押した瞬間までの時間を RT とする。

1.2.2 速さと正確さのトレード オフ

一般的に何かの課題を行う時に、判断を早くしようとするミスが多くなり、ミスをしなないようにしようとする判断が遅くなる。このようなことを「速さと正確さのトレード・オフ」という。「速さと正確さのトレード・オフ」については、参考文献の積山 薫 (1994) に詳しいので以下に要約して引用する。

同一の課題で同一の被験者であっても、教示で「速さを強調すると反応は速いがエラーが多くなり」、「正確さ」を強調すると反応は正確だが RT は長くなる。通常の実験でなされる「速く正確に」という教示では、RT も正確さも中位となる。このような関係を速さと正確さの背反関係またはトレード・オフ (speed-accuracy trade-off) と呼ぶ。速さと正確さのトレード・オフを実験的に記述する手続きとして一般的な方法は、Fitts (1968) によって提案された。そこでは、「速く」、または「正確に」の教示と、「正反応で速い」、「正反応で遅い」、「誤反応で速い」、「誤反応で遅い」といった反応分布との組合せで、与える報酬のマトリクス (pay-off matrix) を設定する。そして被験者に結果をフィードバックしながら、報酬によって速さと正確さを統制する。

速さと正確さとは、大まかにいって負の相関をする。これを直線的な関数として記述す

1.2 反応時間 (Reaction Time) について

る試みがなされており、RT と一次関数をなすような正確さの測度がいくつか考案されている。Pew (1969) は、種々の測定条件で得られたデータを分析して、 $\text{Log}(\text{正反応率} / \text{誤反応率})$ を正確さの測度として RT との間に一次関数を見いだした。彼はこの直線を、信号検出理論における ROC (Receiver Operating Characteristic, 受信者感度特性) にならって Speed-Accuracy Operating Characteristic と呼び、以後は一般的に Loc (Latency Operating Characteristic) と呼ばれる。

条件間で処理時間の差を検討する場合、理論的には、RT の条件差をそのまま実験操作の効果とみなせるのは、被験者が正確差の水準を一定に保って反応したとき、すなわち実験中ずっと LOC 上の一転で反応したときだけである。例えば、エラーが一定なデータでは条件差となる RT の差を実験操作の効果として扱えるが、RT と誤答率との間に負の相関がある場合は、条件差は速さと正確さのトレード・オフ以上のものに帰せられない。逆に RT と誤答率とが正の相関をなすデータでは、条件差の存在は実験操作の効果とみなせるが、条件差となる RT の差の絶対値に意味はない。エラーがまったくない場合、理論的には反応ができるだけ速くなされたという保証がない (Lachman, Lachman, & Butterfield, 1979, p.161)。

本研究では、結果の RT と正答率及び誤答率の解析について、本文献で述べられた関係に着目する。

第 2 章

実験手法

2.1 実験環境と実験装置

実験は室内照明（蛍光灯）のある暗室ブース内で行った。ディスプレイ等のその他の実験設備は固定する。キーボードの位置は適度に操作出来る位置に固定である。顎台は使用せず自然両眼視の状態で行った。RT はいろいろなものに影響を受けやすいので、出来るだけ RT のノイズを取り除くため、被験者が変な体勢で実験をしていたり、私語をするようなら注意し、必ず適度な状態で実験をしてもらった。被験者からの視距離は約 0.55 m、机の上の照度 = 145 lux、キーボードの上の照度 = 140 lux である。

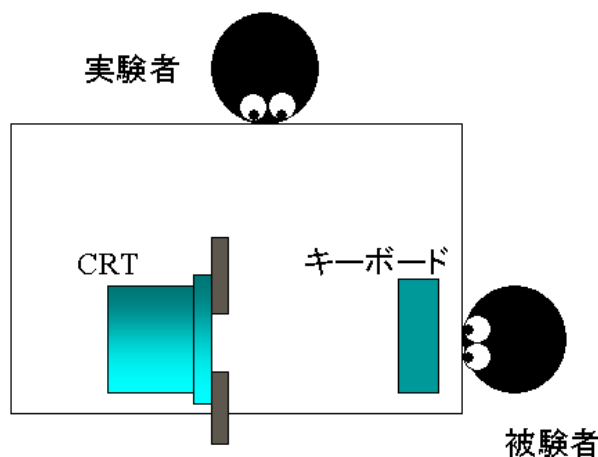


図 2.1 実験ブースのレイアウト

実験刺激を呈示するためのモニターは「19 インチ CRT ディスプレイ (SONY FD トリニトロン CPD-420)」を使用した。

2.1 実験環境と実験装置

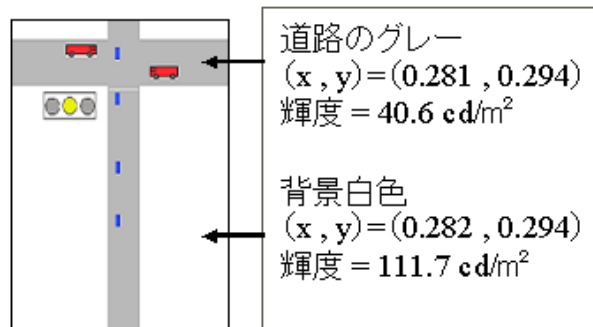


図 2.2 ディスプレイ環境図

実験用のコンピュータとして「PC (パソコン工房 Anfis1500 Pentium 1.5 G)」、実験用のシミュレーターをプログラム作成するために「Delphi Learning Version5.0 (Borland)」を使用した。この実験では細かい時間測定を必要とするので、他の周辺機器の影響を受けないものでないと安定したデータが得られない。そこで時間測定には Delphi の Timer コマンドとは別に、タイマーボード「PCI-6103 (Interface 社)」を使用した。ハードウェアとしてタイマーボードをしたことにより RT 測定における時間精度は、Windows、およびプログラムの作業状態によらず 0.1msec よりも正確である。キーボードのリターンキー、スペースキー、左・下・右の矢印キーを使用した。リターンキーは各プレイごとのクリアボタン、スペースキーは実験を開始させ車を発進させるボタンである。三つの判断ボタンには、出来るだけ操作ミスが少なくなるようある程度押し分けやすい矢印キーを割り当てた。左矢印キーは「停止する」判断ボタン、下矢印キーは「そのまま行く」判断ボタン、右矢印キーは「加速する」判断ボタンである。車や交差点付近の全ての画像は「AdobePhotoshop 5.0 (Adobe)」で作成・編集をした。自車に対して信号待ちの車の車のサイズが大きすぎるという点は、信号待ちの車が交差点を通過した後に、自車が通過することを防ぐためにあえて横幅を非常に長くしている。

2.2 交差点のシミュレーション

2.2 交差点のシミュレーション

2.2.1 実際の交差点

実際の交差点は図 2.3 のグラフに基づいて、予想速度 (50km/h) において、オプションゾーン (停止線できちんと停止でき、なおかつ赤信号になる前に脱出も可能) もジレンマゾーン (停止線できちんと止まれず、なおかつ赤信号になる前に停止線を脱出することも不可能) も生じないように黄色信号時間の長さが決められている。ブレーキ速度の曲線は、この速度以下であれば、その位置で停止線前に止まることが可能であるということを意味している。ブレーキ速度の曲線は、車の性能によって決まる。脱出可能速度の直線は、この速度以上であれば、赤信号になる前に停止線を通過可能であるということを意味している。黄色信号の時間が長くなるほど、脱出可能速度の直線の傾きは滑らかになっていく。

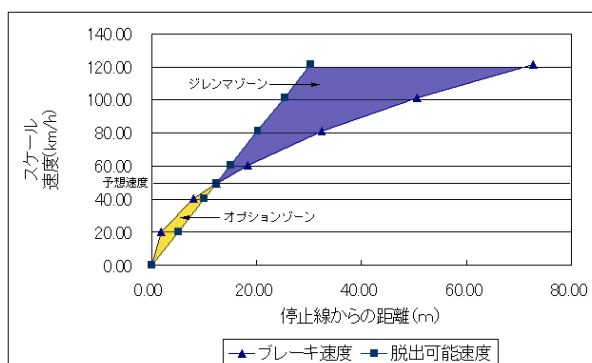


図 2.3 実際の交差点の黄色信号の長さの関係

2.2.2 実験のシミュレーション

本シミュレーターでは、コンピュータディスプレイ上で交差点付近の状態を図 2.2 のように二次元的 (平面的) に再現した。車の速度については、車のピクセルサイズと画面上の単位時間あたりの移動ピクセル量から計算したスケール速度を用いた。この時全画面は 1024 × 768 ピクセルである。また実験に用いたスケール速度は、101.25km/h, 81.00km/h, 60.75km/h, 40.50km/h である。また距離も同様に車のピクセル

2.2 交差点のシミュレーション

サイズから求めたスケール距離である。停止線の位置は上から数えて 90 ピクセルの位置である。黄色信号の変化地点は縦のピクセル座標 295 ピクセル (停止線から約 57.7m) から 100 ピクセル (停止線から約 2.8m) までの範囲で、5 ピクセル間隔で信号の変化地点を作った。ゆえにデータ点は 40 個ある。なお変化地点は毎回ランダムによって決められる。シミュレーション車の停止距離は、一般に言われている

$$\text{停止距離 (m)} = \text{速度 (km/h)} \times \text{速度 (km/h)} \div 203$$

の式で実車と同様に計算して決めた。さらに、黄色信号時間 (=0.9 秒) を上予想速度 50km/h として、図 2.3 のグラフに基づいて通常の交差点と同様に計算して求めた。

ここで注意として、脱出可能速度と停止可能速度は停止線を基準に決められているので、それを超えてもただちに事故を意味するものではない。ただしこのシミュレーションでは、

- 停止線を越えて停止、および赤で交差点中央部に進入すると減点
- 事故は信号待ちしているシミュレーション車と当たるかどうかで判定

というようにルールを定義している。

判断ボタンはアクセルやブレーキをシミュレートした行動ボタンではないので、ボタンを押したからといってすぐ停止しようとするわけではなく、判断ボタンを押した時に停止線で安全に停止できる距離ならば、自動で適度に近づいてブレーキを始めて停止線の手前で停止するようになっている。また加速については、一度加速を選ぶだけでただちに 20 km/h 増しの速度まで加速し、その速度を最後まで保つ。シミュレーター作成当初は、ブレーキやアクセルをそのままシミュレートした「ブレーキボタン」と「アクセルボタン」の二つのボタンを作っていて、信号が黄色に変わった時から二つの行動ボタンが押されるまでの時間を RT としていたが、停止線のかなり手前で信号が黄色に変わった時にその場で止まると判断しても適度に近づいてブレーキボタンが押されるため、誤差が生じ正確な RT が測定できない事に気付いた。さらに、「ブレーキ」と「アクセル」を必要としないタイミングでは何もボタンを押す必要がなく何も測定できない問題点が起こった。この二つの問題点を解決するため

2.3 実験データ測定

に、停止する・そのまま行く・加速するの三つの「判断ボタン」を持つシステムを導入した。これによってそのまま行くというボタンを押す作業が、「そのまま行く」という判断に対応した。さらに止まると判断して、「止まる判断ボタン」を押した時のその位置で、安全に停止できる距離ならば自動で適度に近づいてブレーキをし始める「オートブレーキシステム」を構築することによってただちに「止まる判断ボタン」を押す事が可能となるので、正確なRTが測定できるようになった。

2.3 実験データ測定

各判断結果を、シミュレーションの結果をもとに以下のように得点化した。これによって判断の正確さを判定した。

1. 停止線の手前で停止することができればプラス2点
2. 停止線を無事に通過すると0点
3. 信号が赤の時に交差点にさしかかろうとするとマイナス3点
4. 加速をするとマイナス4点
5. 左右の信号待ちの車と接触するとマイナス20点(本実験ではこの時を事故と定義する)

本シミュレーターには、「青の時に判断ボタンを押す」「信号が変わった時に何もボタンを押さずに試行が終わる」という場合は何もデータが取れないという弱点がある。もしそのような結果が出てしまったらビープ音を鳴らして次からは注意するように警告をすることにし、さらに事前の説明でこの2点に関しては被験者に強く説明してこれらの事態を防止するようにした。もしそのような事態が起こってしまった試行はもちろん実験データとして使わないようにした。

本実験では、上記の判断評価得点と信号が黄色になってから判断ボタンが押されるまでのRTを両方とも測定した。

2.4 実験手順

被験者は S.H (22 歳) 男性、H.U (22 歳) 男性、T.S (23 歳) 男性の三人である。三人とも免許を持っていて日頃から車に乗っている。被験者 H.U と T.S は実験の目的について naïve な被験者である。

まず被験者に実験ブースに入ってもらった後、実験ルール、操作系、注意事項の各説明を行った。

実験ルールでは、信号が黄色に変わった時に交差点の手前で停止するか、そのまま交差点を通過するか、加速して通過するか判断して判断ボタンを押すというような基本的な実験の流れや各結果による得点を説明する。さらに判断の際に、

- 停止線の手前で正確に停止する
- 停止線を越えて停止するようならそのまま交差点を通過する
- 左右で信号待ちしている車と接触しないようにする
- 信号が黄色に変わったらできるだけ早く判断ボタンを押す
- 信号がずっと青ならば判断ボタンを押さなくてよい
- 先走って青信号の時に判断ボタンを押さない
- 信号が黄色に変わったら必ずどれかの判断ボタンを押す

これらを常に考えて判断するように説明した。

操作系の説明は、左・下・右矢印キーが止まる」、「そのまま行く」、「加速する」の各判断ボタン、リターンキーは試行が終わった時の「クリアボタン」、スペースキーは車を発進させる「実験開始ボタン」と説明した。

注意事項として、正しい姿勢で行うこと、私語をしないで集中して行うことを説明して、ここでさらにもう一度「青の時に判断ボタンを押さない」、「信号が変わったら必ず判断ボタンを押す」のこの 2 点に念をおしておく。

説明が終わったら、ボタン操作ミスなどのノイズによって RT は多大な影響を受けるので、RT の信頼性を上げるために被験者にボタン操作のテストプレイをしてもらう。テスト

2.4 実験手順

プレイは被験者と実験者の両者がもう大丈夫であると思うまで繰り返す。

この後に実験を開始する。測定回数は1セット試行43回で20セット行った。車の速度は4つのスケール速度(101.25km/h,81.00km/h,60.75km/h,40.50km/h)からランダムに選びセットごとに変え、各速度5セットずつ行った。試行43回のうち3回は信号が青のまままで変わらないパターンがあって、残りの40回を測定する。なぜずっと青のままのパターンを用意したかという、毎セット簡単なパターンが欲しかったのと、実際の場面でのありうる状況に出来るだけ近づけたかったという理由があったからである。

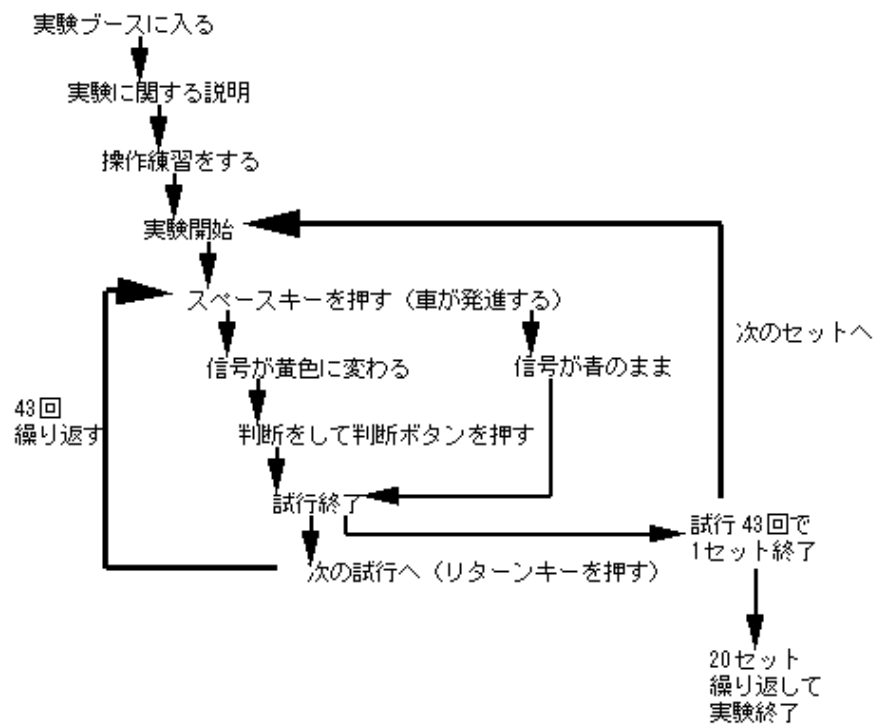


図 2.4 実験の流れ

第 3 章

実験結果

以下が各被験者の実験結果である。まず図 3.1, 図 3.2, 図 3.3 を例にそれぞれのグラフの見方の説明をする。図 3.1 は、黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係の実験結果である。横軸は信号が黄色に変わった時の停止線からの距離を示している。縦軸は判断結果評価点に基づく合計点 1 回あたりの平均点を示す。図 3.2 は、黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係の実験結果である。横軸は信号が黄色に変わった時の停止線からの距離を示している。縦軸は 5 回の試行のうち、何回それぞれの判断を行ったかを示す。図 3.3 は、黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係の実験結果である。横軸は信号が黄色に変わった時の停止線からの距離を示している。縦軸は黄色信号に変わってから判断ボタンが押されるまでの RT の各判断ボタンごとの平均値を示す。

各スケール速度ごとにこの 3 種類のグラフがあるので説明を参照して見ていただきたい。

3.1 被験者 S.H の実験結果

被験者 S.H は著者であり、本シミュレーションを作成した本人であるから操作・判断に慣れており全体的に RT が短いことが特徴である。

3.1 被験者 S.H の実験結果

3.1.1 スケール速度およそ 100km/h の場合

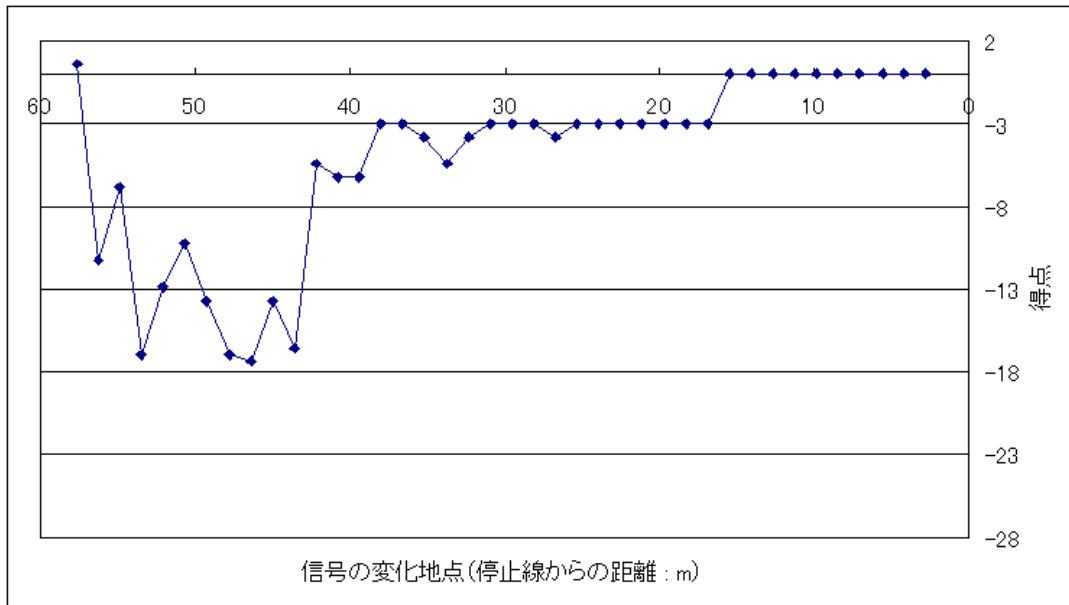


図 3.1 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係

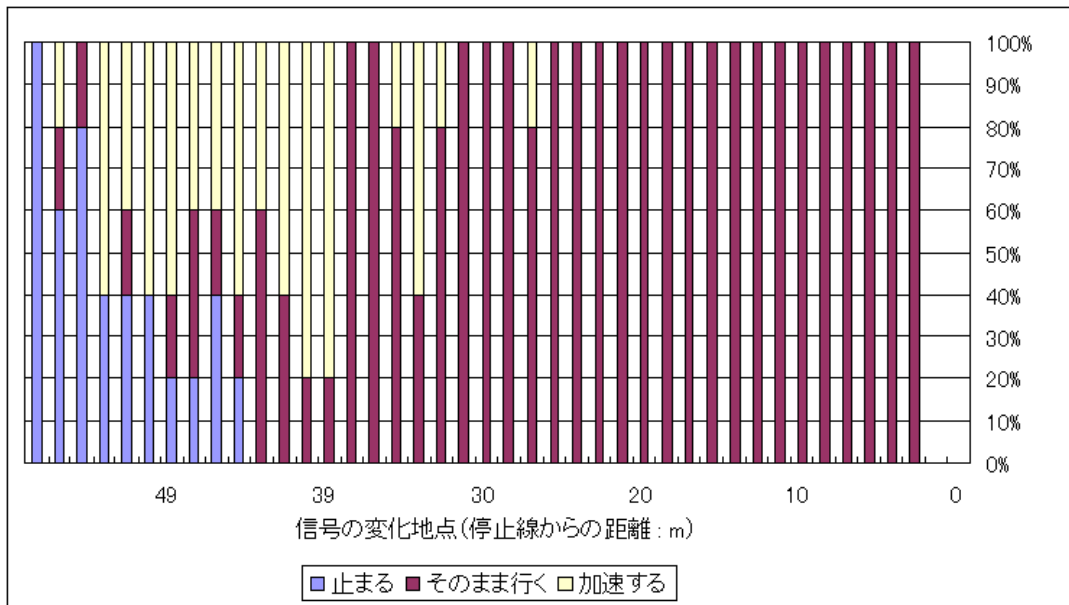


図 3.2 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係

3.1 被験者 S.H の実験結果

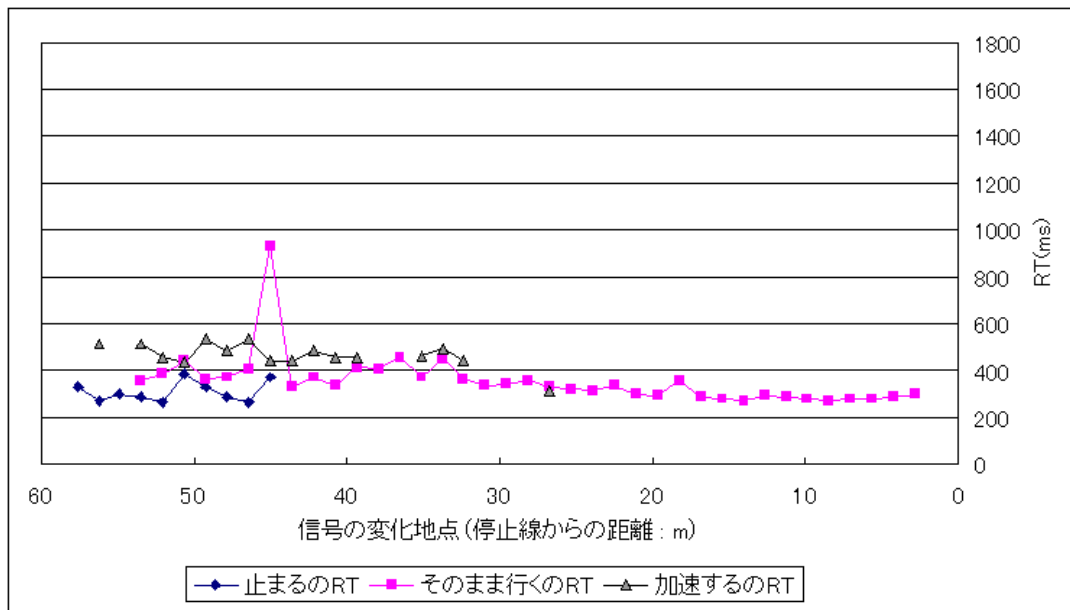


図 3.3 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係

3.1.2 スケール速度およそ 80km/h の場合

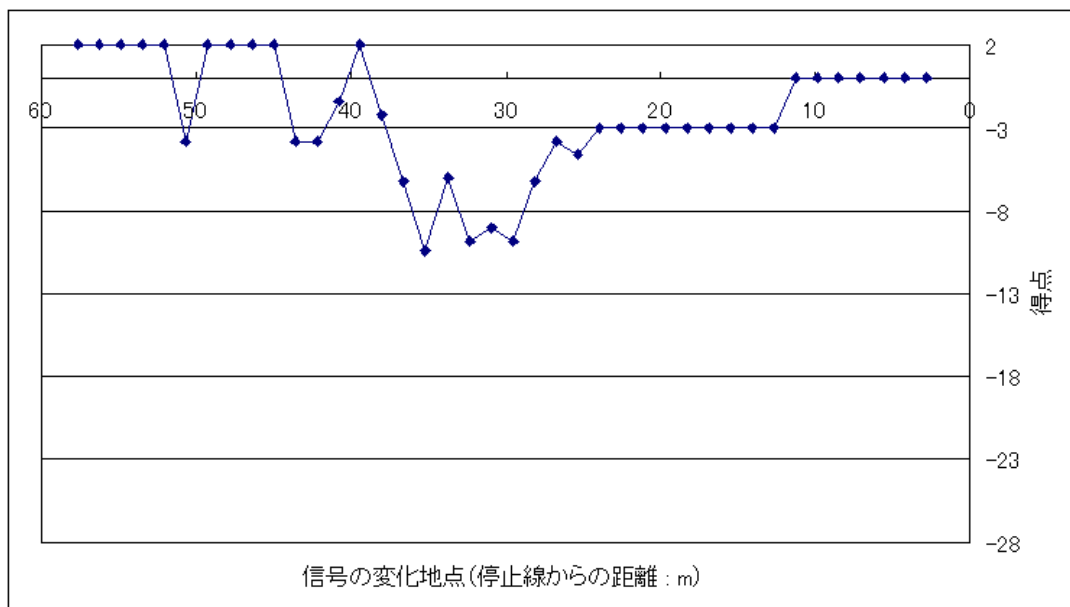


図 3.4 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係

3.1 被験者 S.H の実験結果

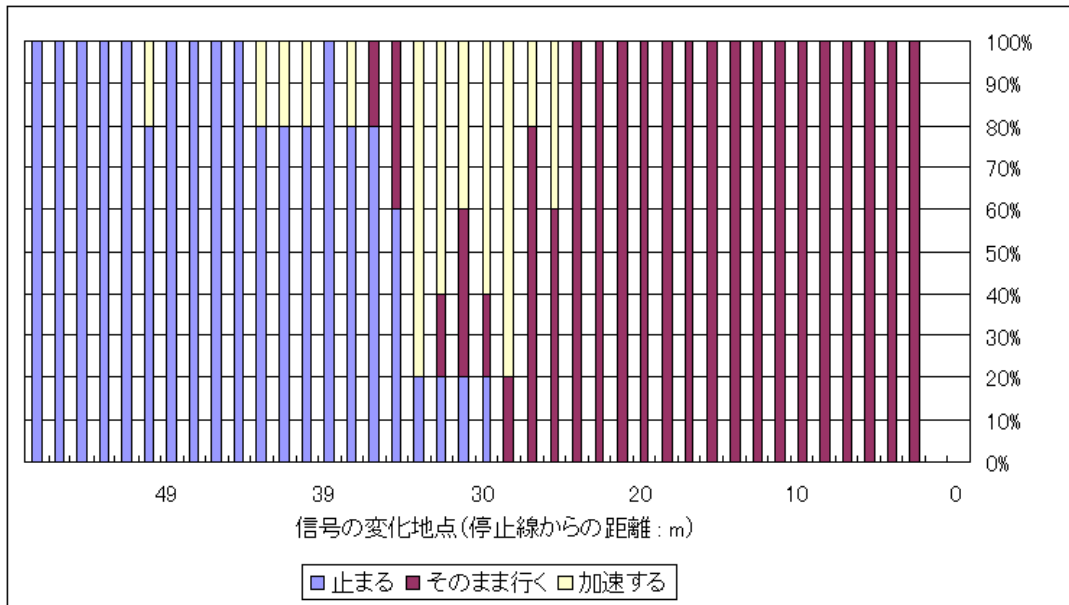


図 3.5 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係

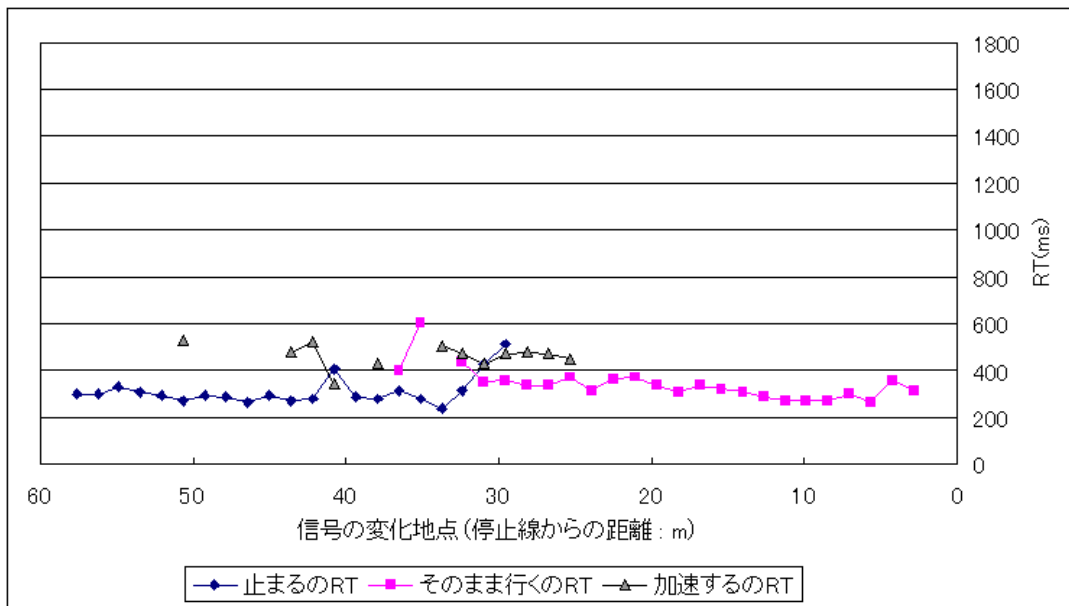


図 3.6 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係

3.1 被験者 S.H の実験結果

3.1.3 スケール速度およそ 60km/h の場合

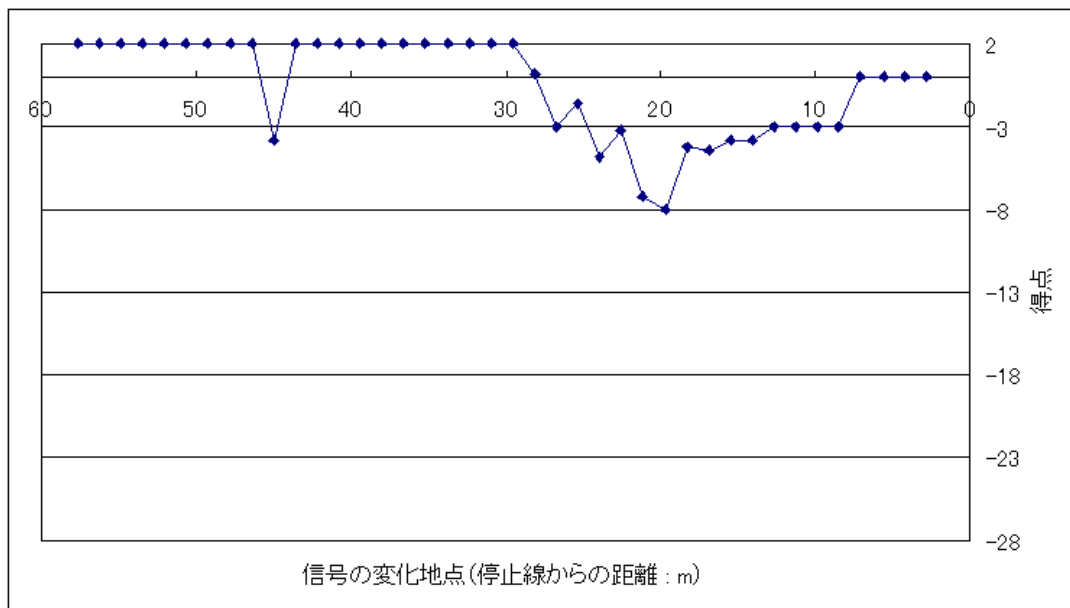


図 3.7 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係

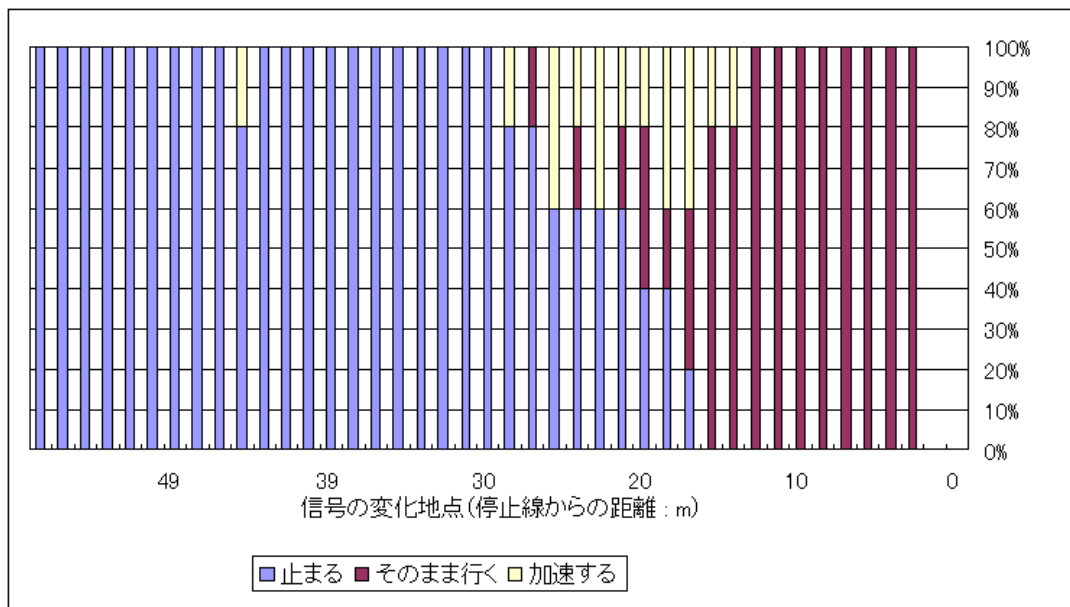


図 3.8 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係

3.1 被験者 S.H の実験結果

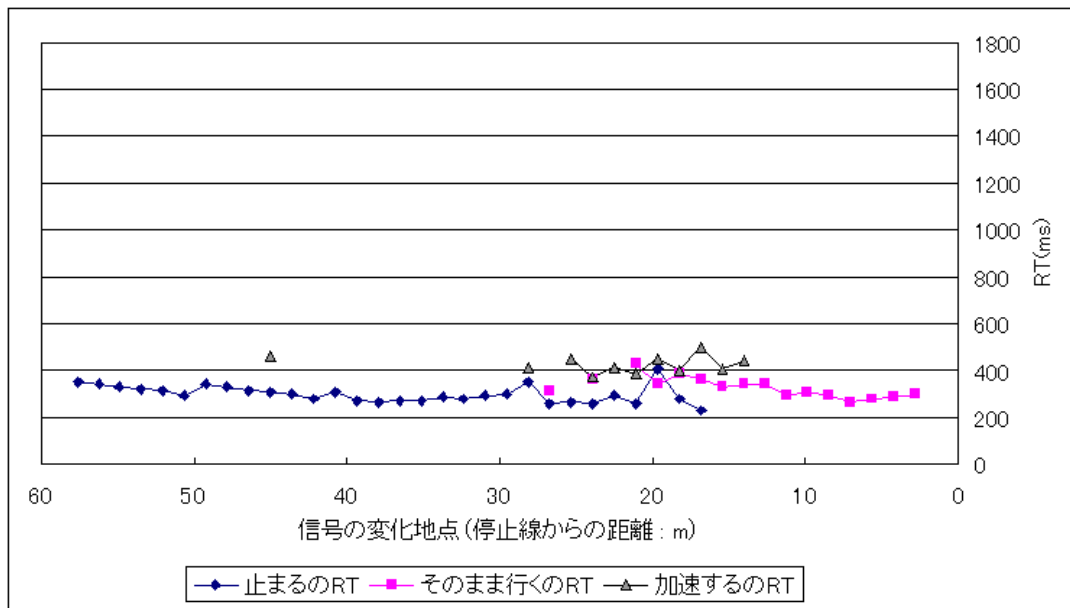


図 3.9 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係

3.1.4 スケール速度およそ 40km/h の場合

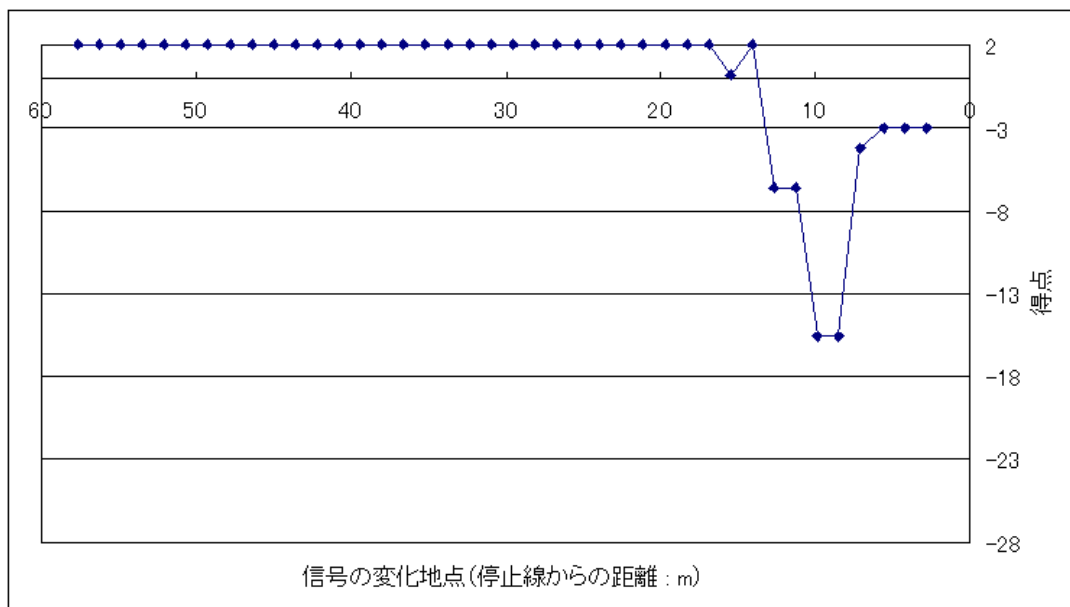


図 3.10 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係

3.1 被験者 S.H の実験結果

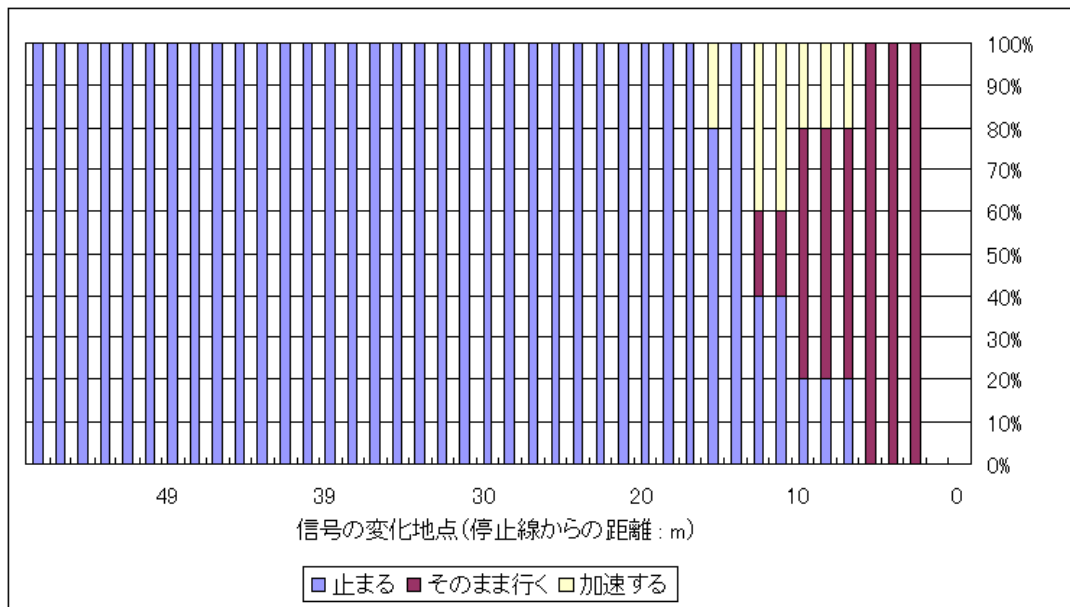


図 3.11 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係

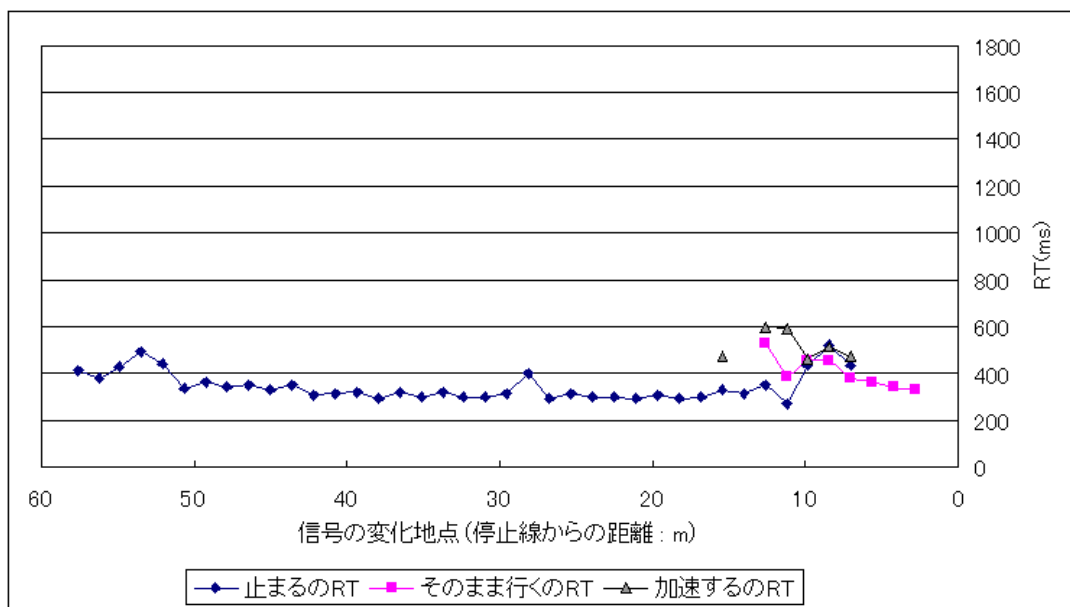


図 3.12 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係

3.2 被験者 H.U の実験結果

3.2 被験者 H.U の実験結果

被験者 H.U の特徴は、RT は被験者 S.H とあまり変わらないが、事故評価得点が全体的に低めで正確さに欠けるところが見られる。ここで注意として、図 3.14 の判断比率のグラフにデータ無効という項目があるが、これは「信号が青の時にボタンを押す」、「信号が変わったのにボタンを押さない」といったデータを計測できない事をしたことを表している。なおその時の実験プレイは当然図 3.13 と図 3.15 のグラフに反映していない。

3.2.1 スケール速度およそ 100km/h の場合

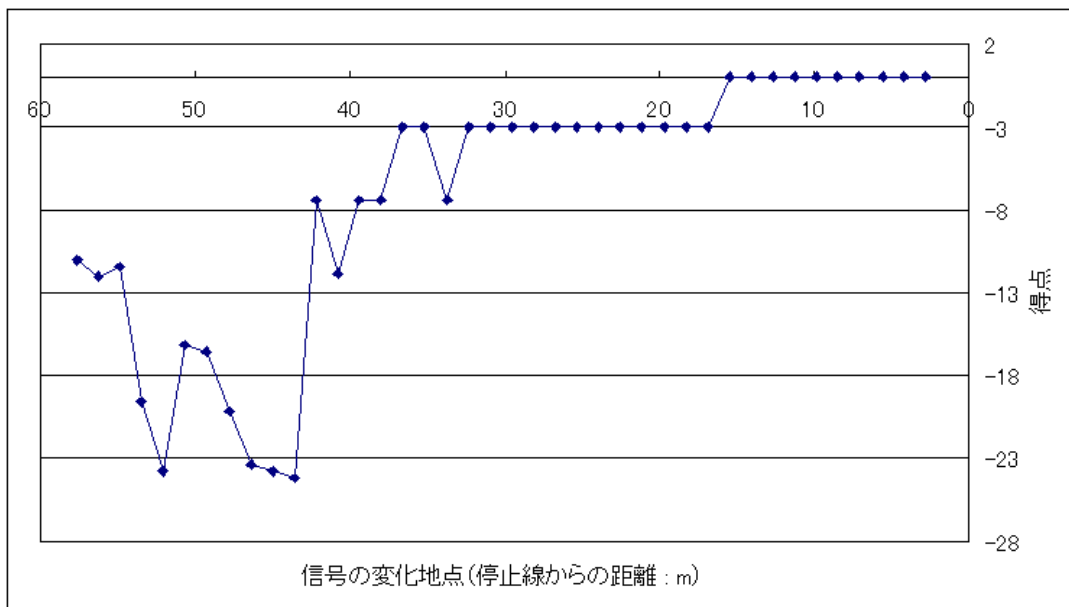


図 3.13 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係

3.2 被験者 H.U の実験結果

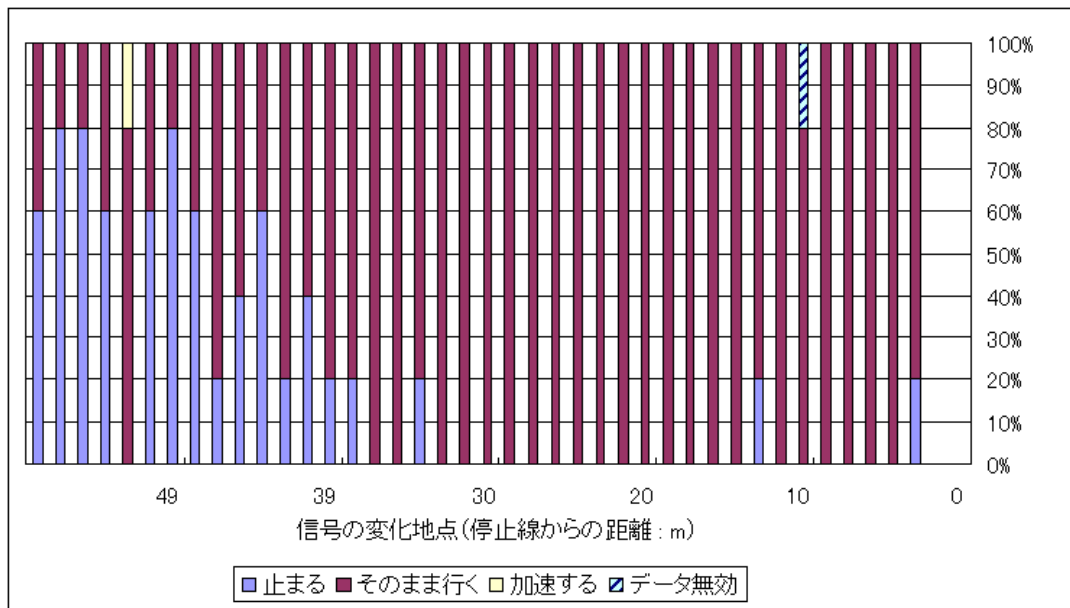


図 3.14 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係

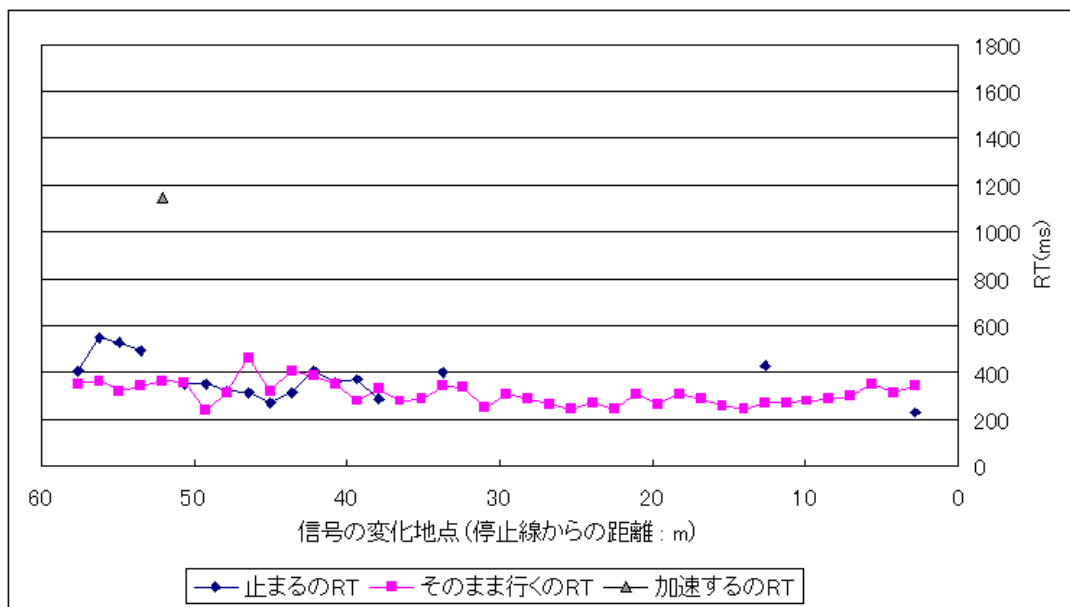


図 3.15 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係

3.2 被験者 H.U の実験結果

3.2.2 スケール速度およそ 80km/h の場合

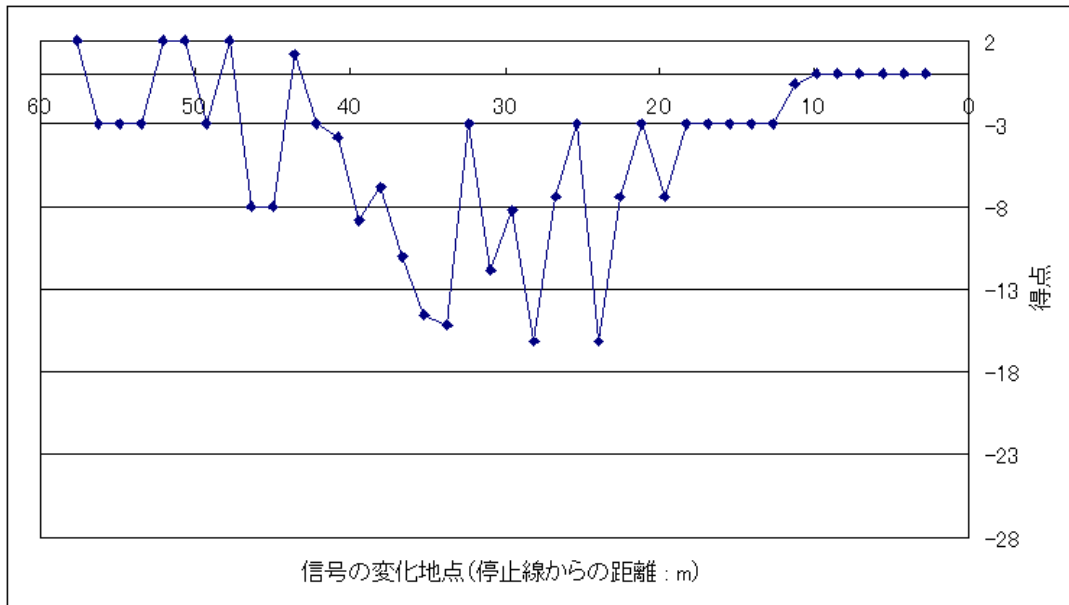


図 3.16 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係

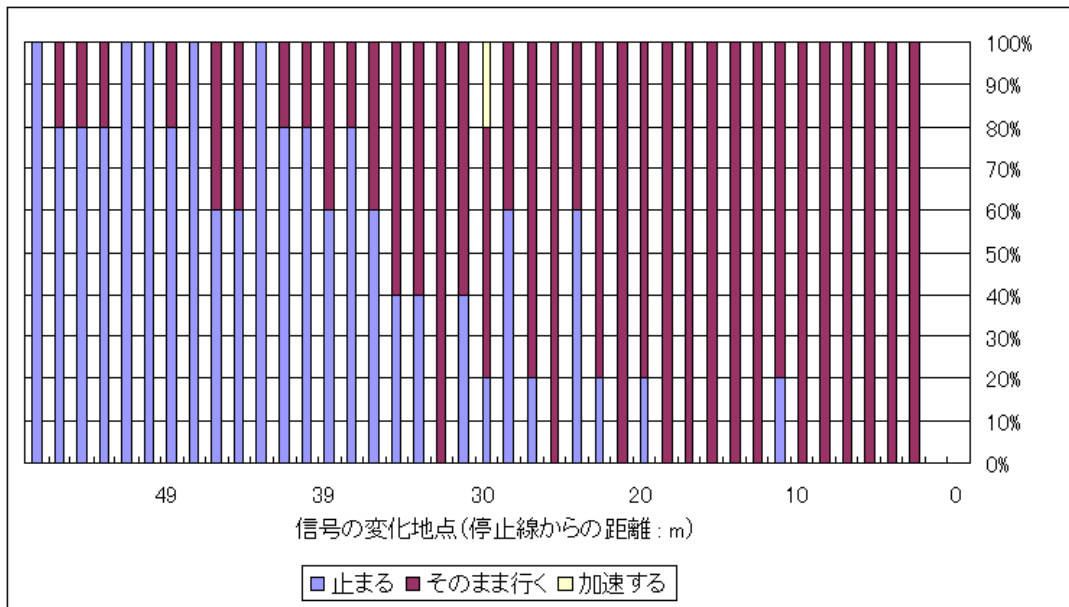


図 3.17 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係

3.2 被験者 H.U の実験結果

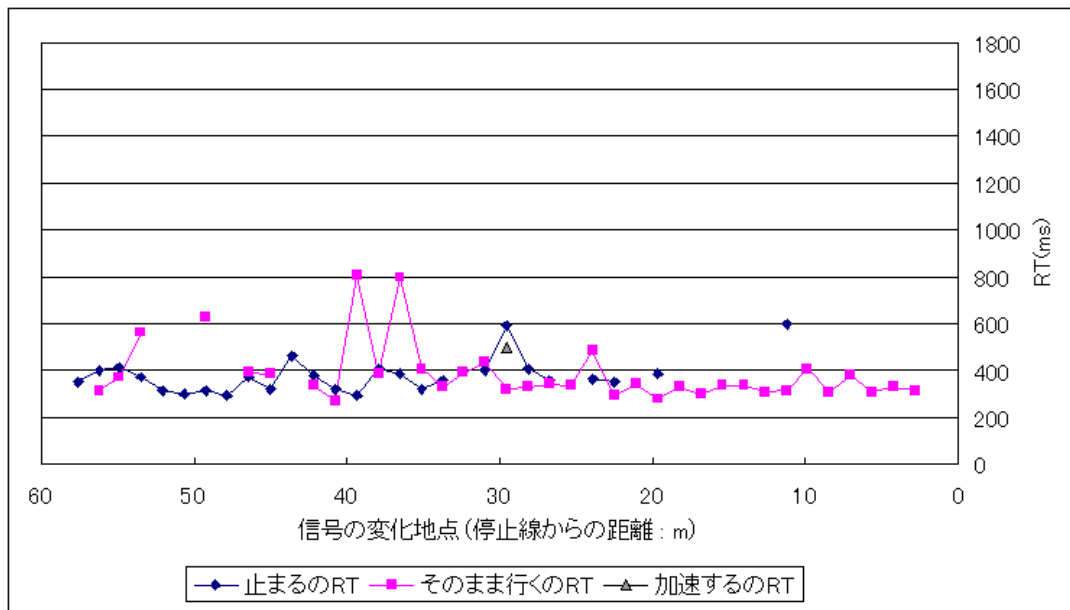


図 3.18 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係

3.2.3 スケール速度およそ 60km/h の場合

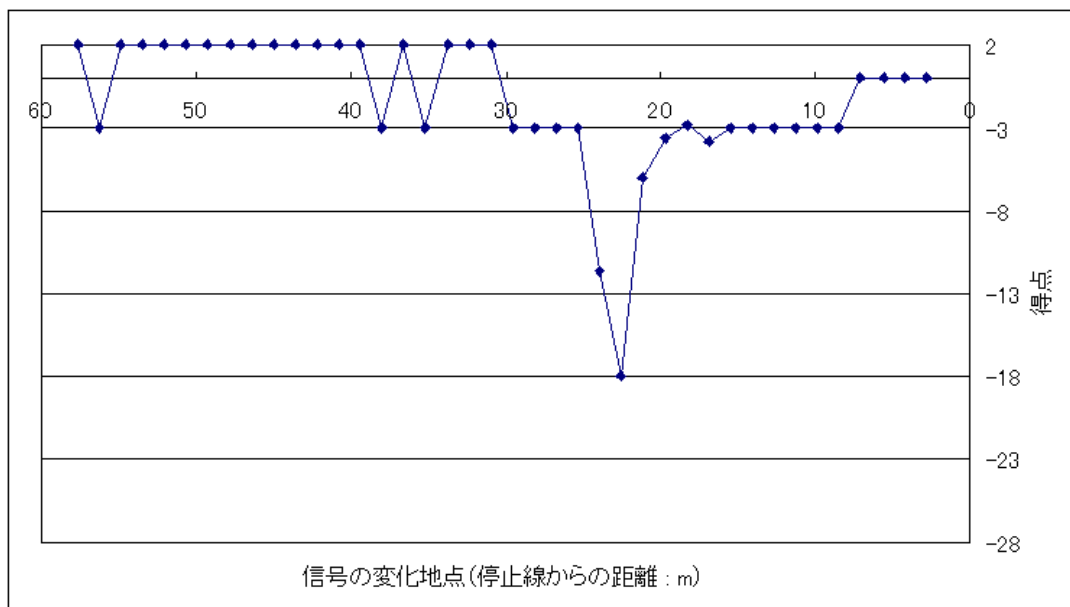


図 3.19 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係

3.2 被験者 H.U の実験結果

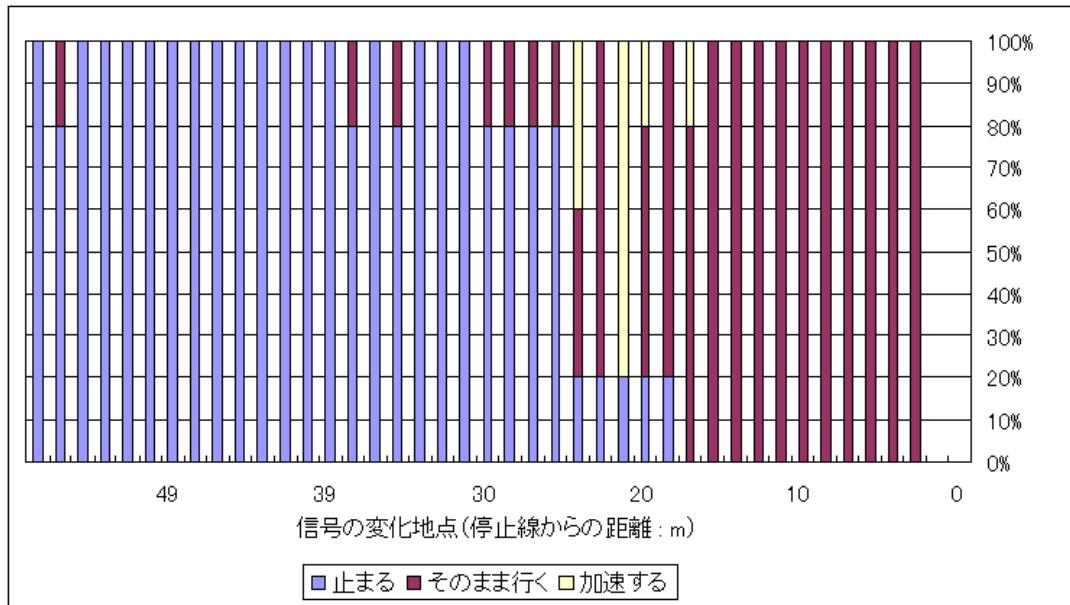


図 3.20 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係

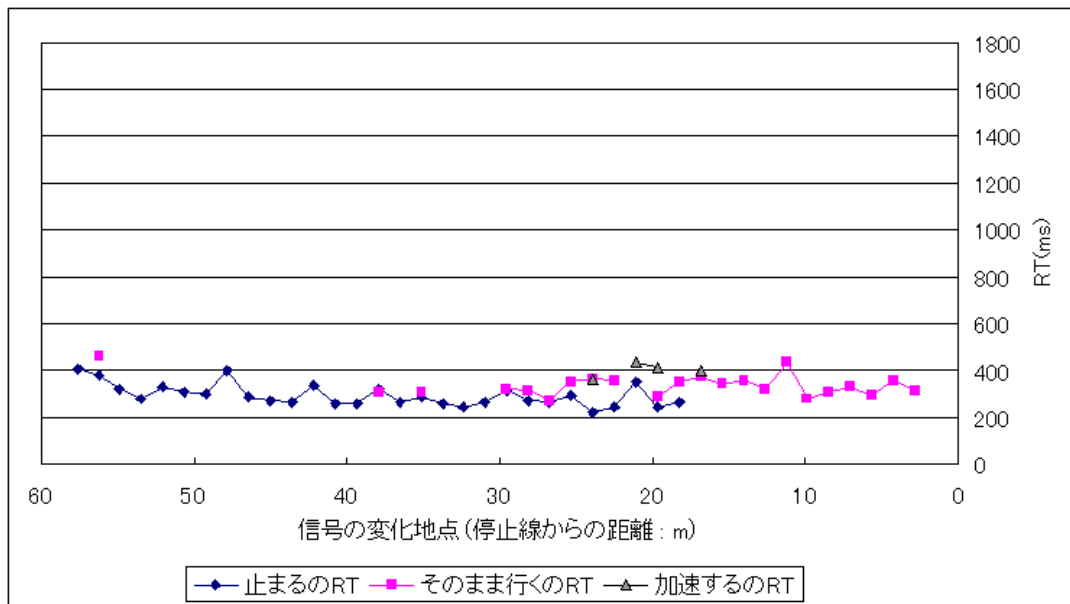


図 3.21 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係

3.2 被験者 H.U の実験結果

3.2.4 スケール速度およそ 40km/h の場合

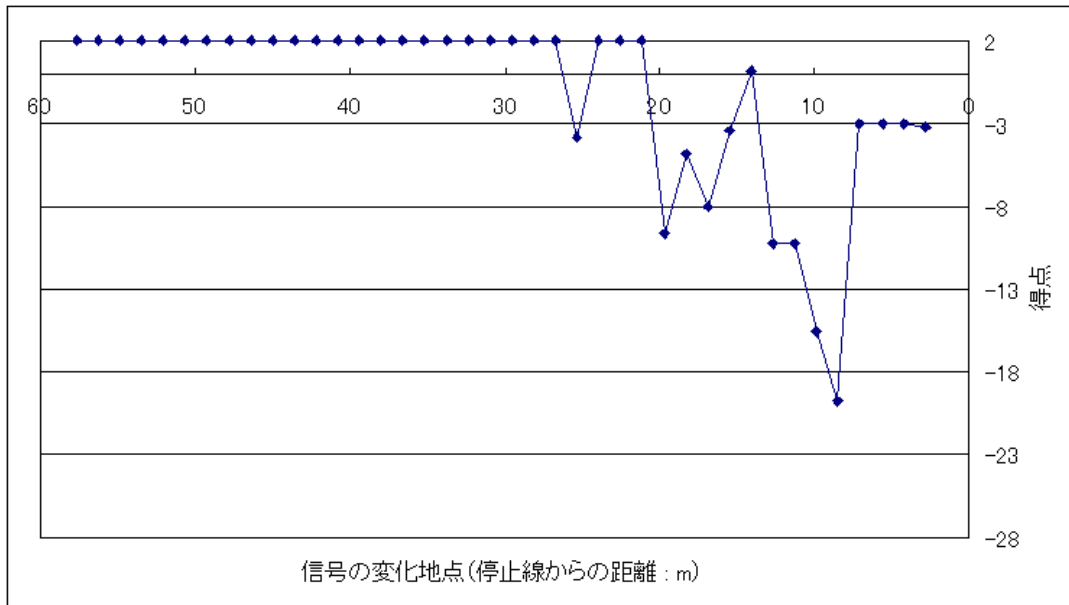


図 3.22 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係

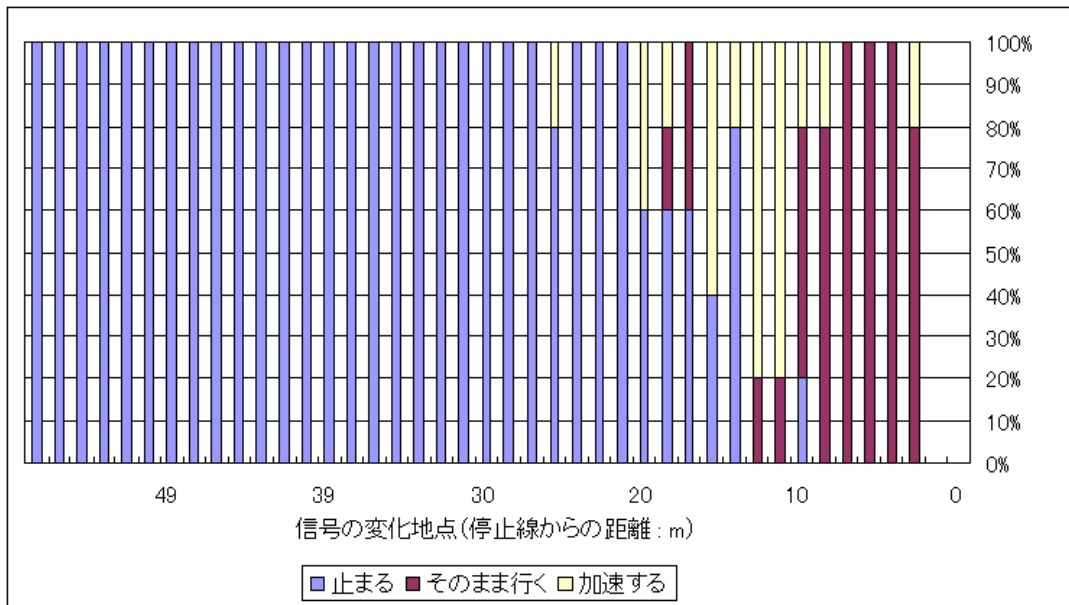


図 3.23 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係

3.3 被験者 T.S の実験結果

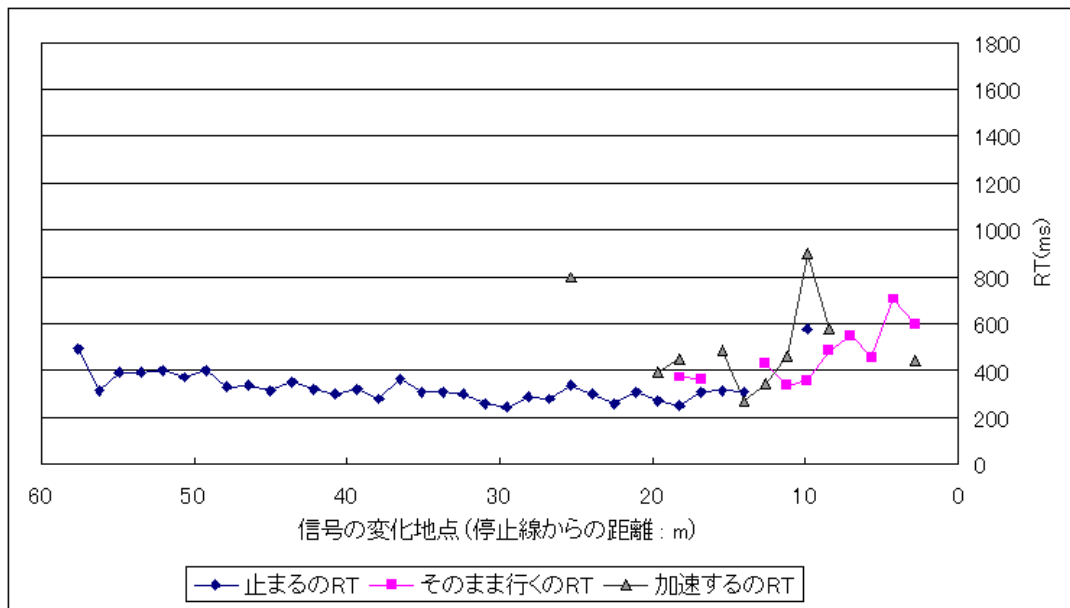


図 3.24 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係

3.3 被験者 T.S の実験結果

被験者 T.S の特徴は、RT が他の 2 人に比べて長いということである。そのため被験者 T.S は慎重なタイプであると思われる。

3.3 被験者 T.S の実験結果

3.3.1 スケール速度およそ 100km/h の場合

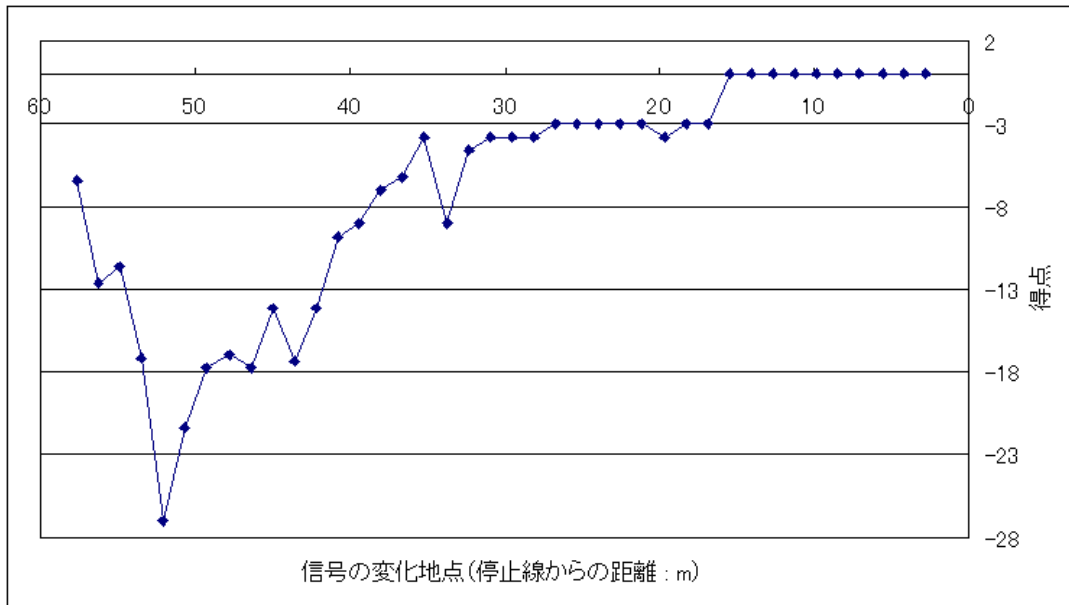


図 3.25 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係

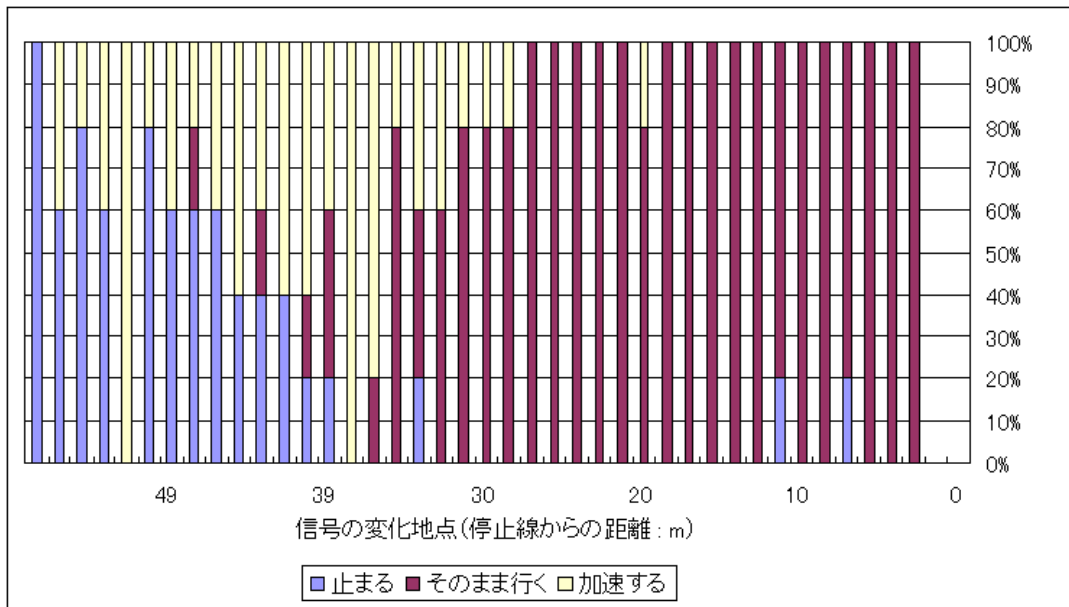


図 3.26 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係

3.3 被験者 T.S の実験結果

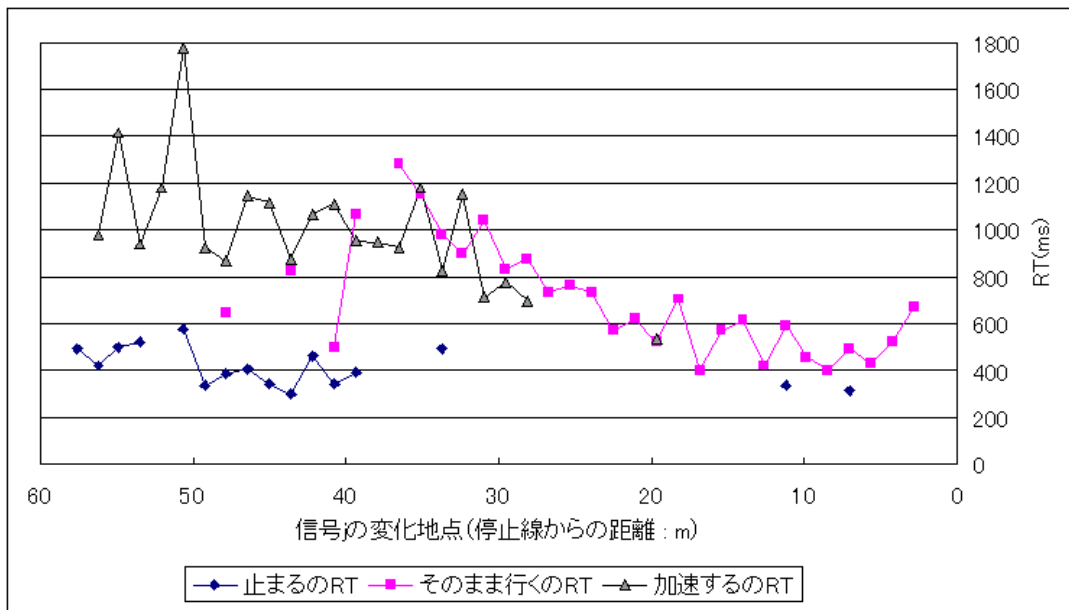


図 3.27 スケール速度およそ 100km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係

3.3.2 スケール速度およそ 80km/h の場合

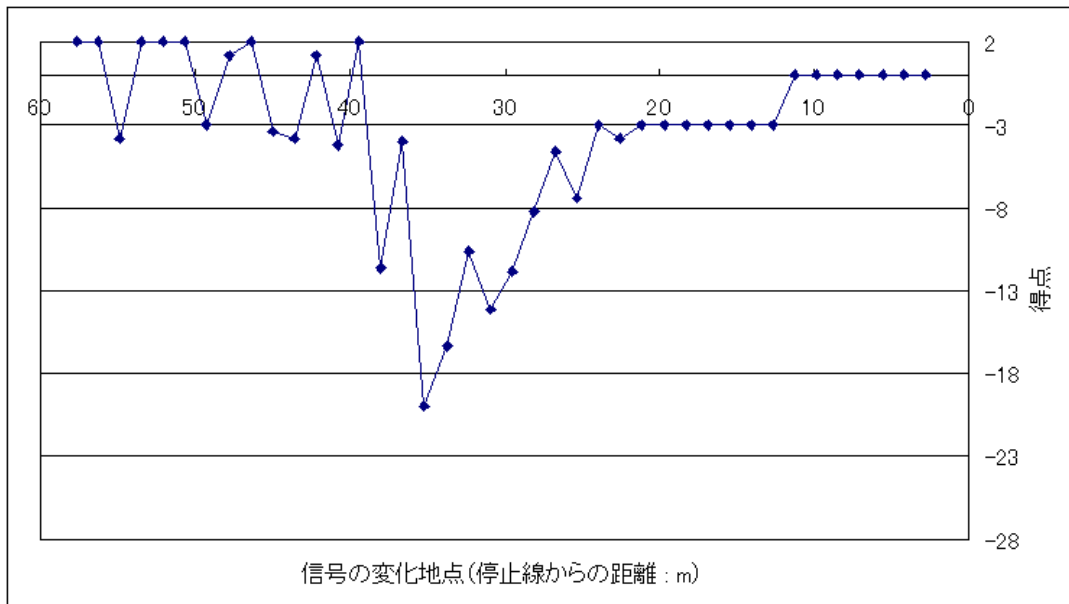


図 3.28 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係

3.3 被験者 T.S の実験結果

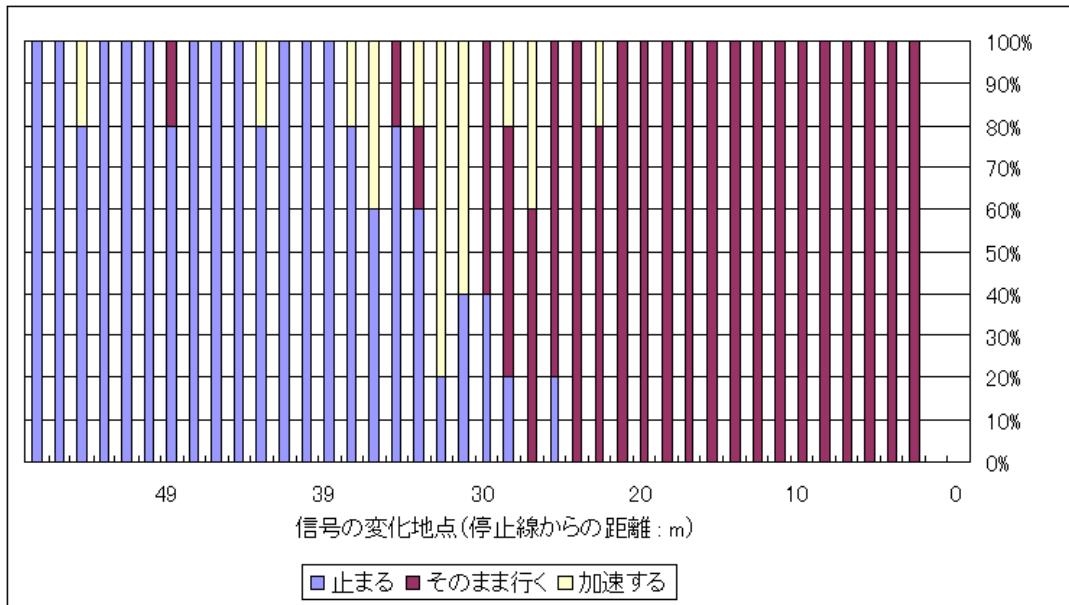


図 3.29 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係

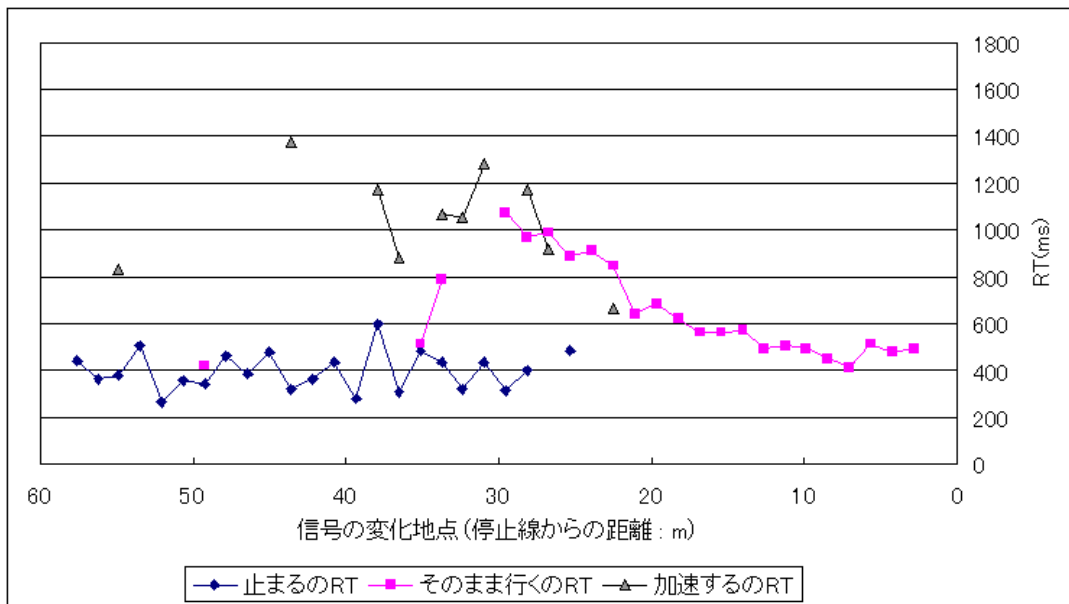


図 3.30 スケール速度およそ 80km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係

3.3 被験者 T.S の実験結果

3.3.3 スケール速度およそ 60km/h の場合

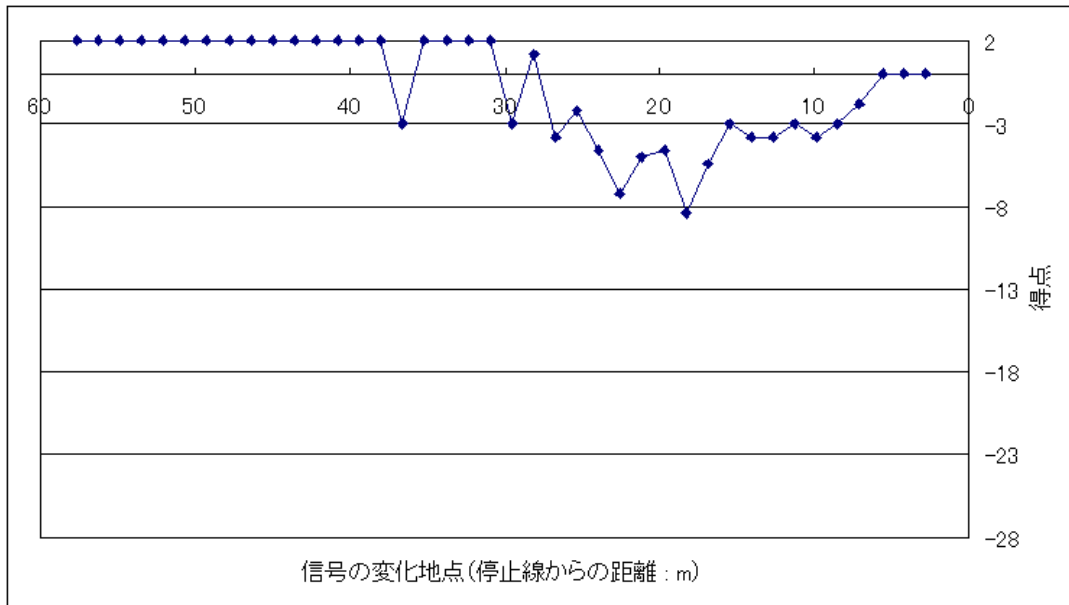


図 3.31 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と評価得点の関係

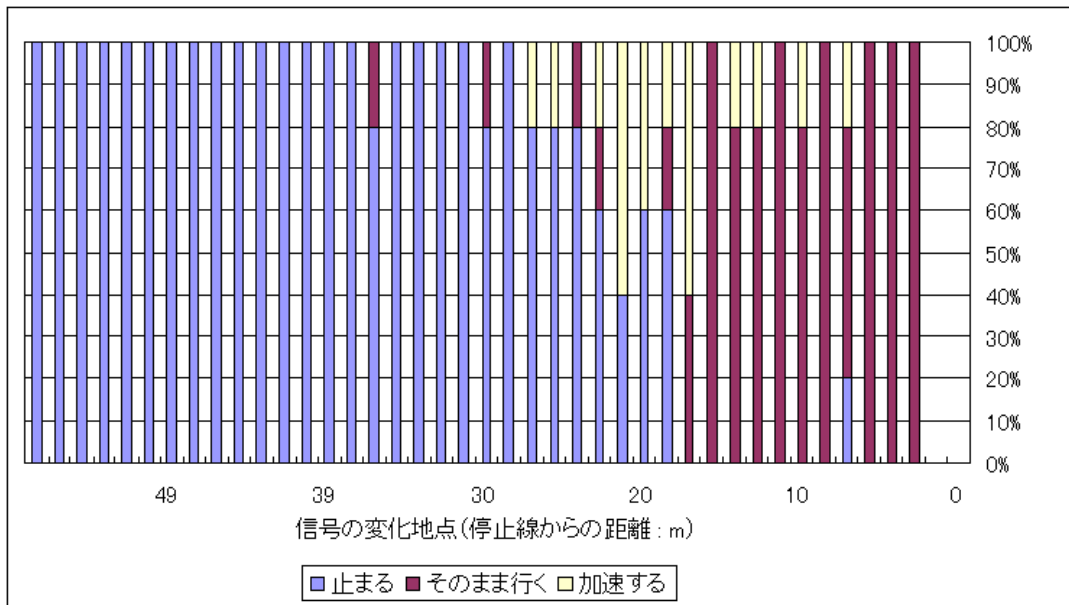


図 3.32 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係

3.3 被験者 T.S の実験結果

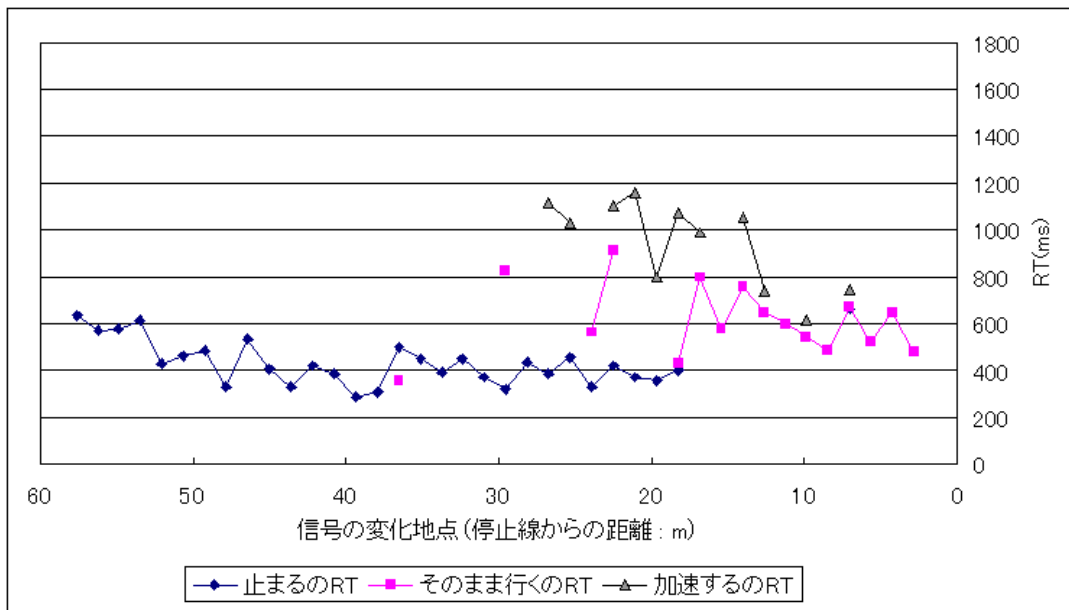


図 3.33 スケール速度およそ 60km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係

3.3.4 スケール速度およそ 40km/h の場合

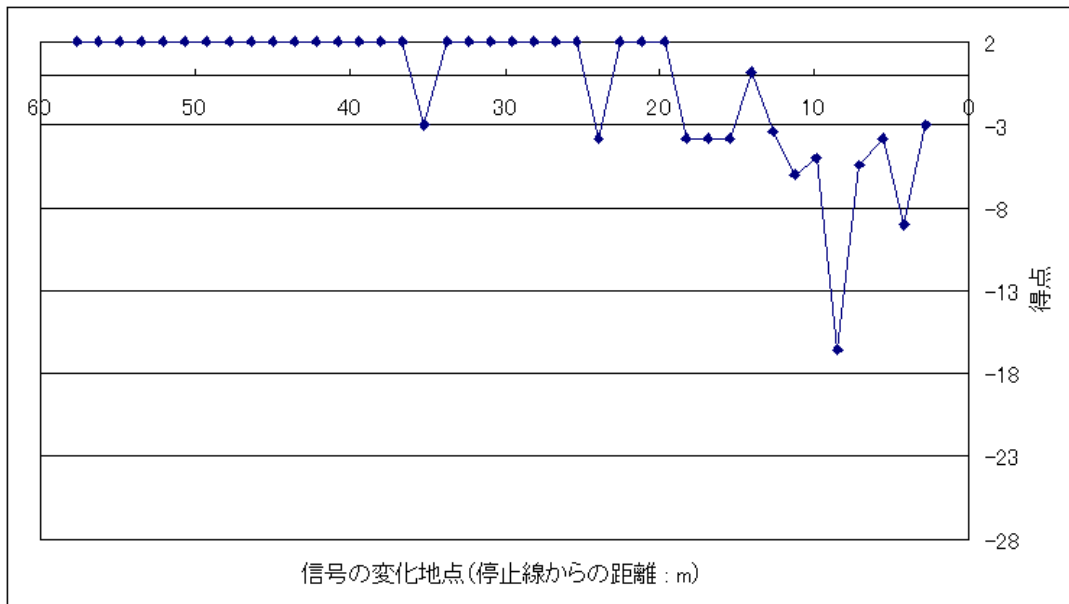


図 3.34 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係

3.3 被験者 T.S の実験結果

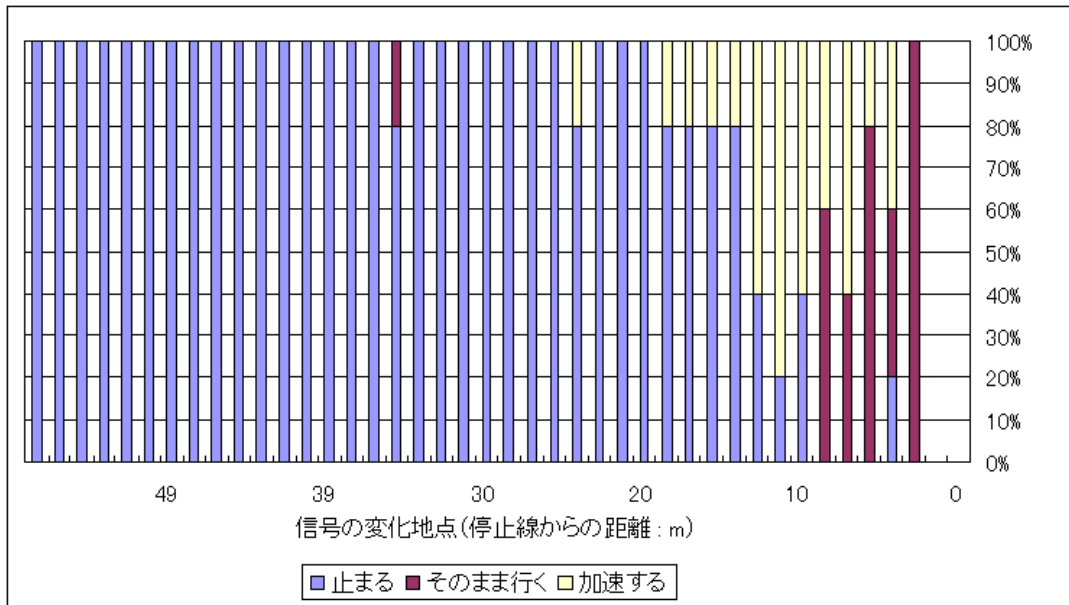


図 3.35 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と判断比率の関係

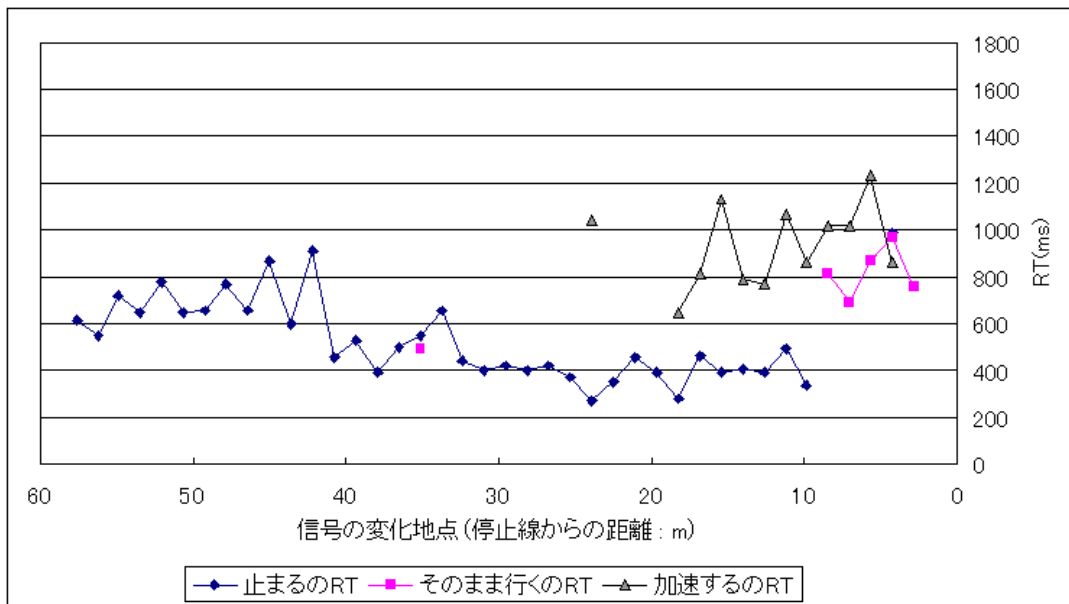


図 3.36 スケール速度およそ 40km/h の時の黄色信号に変わった時の車の位置と RT の関係

第 4 章

考察

4.1 最適判断エリアと事故の発生

判断比率と事故評価得点の結果より、交差点の手前から 3 つの最適判断エリアの存在が見えてきた。交差点に近づくにつれ「止まる」「加速する」「そのまま行く」というように移行していることが分かった。図 4.1 は各スケール速度時のおおまかな最適判断エリアの移行図である。横軸は信号が黄色に変わった時の停止線からの距離で、右に行くにつれて停止線に近づいていく。これは信号のセッティングと車の停止距離から決まるので、被験者間の差はない。

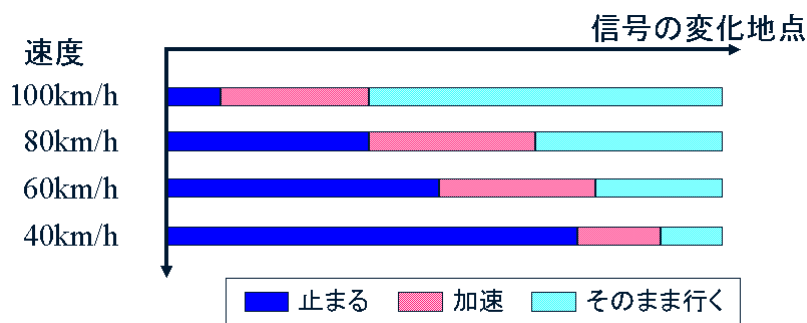


図 4.1 各スケール速度の時の最適判断エリアの移行

図 4.2 は被験者 S . H のスケール速度およそ 60km/h の時の事故評価得点の実験結果である。実験結果より加速エリアと推測できる地点で大きく得点が下がっている。どのような判断をしたことによって得点が下がっているのか確かめたところ、そのままいこうとして事故、止まろうとして事故をしていることが分かった。これはそれぞれの最適エリアと反した

4.2 「加速すること」が事故につながっているのか

判断をしてしまうと事故が多発するということを意味しているものと考えられる。

またエリアの境界位置座標と事故との関係であるが、当初の単純な予想とは反して、エリアの境界で判断ミスが特に増加するという結果は得られなかった。

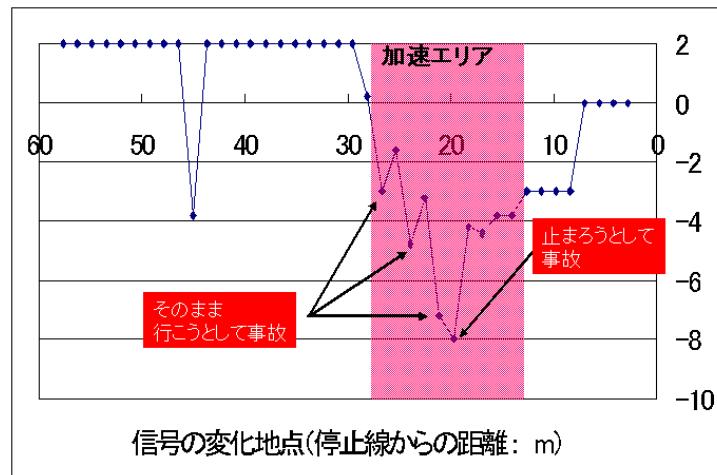


図 4.2 エリアと事故の関係

4.2 「加速すること」が事故につながっているのか

図 4.3 は、被験者 S . H のスケール速度およそ 60km/h の時の判断比率の実験結果と事故評価得点である。それぞれのグラフの丸で囲われている範囲が「加速する」判断が多く使われている地点と、得点が特に下がっている地点を意味している。被験者に共通して、判断の中に「加速する」が多く存在している地点では、得点が一般的に他より特に低くなっている。ただし、「加速する」を選択したことによって事故（本実験では信号待ちの車と接触）が発生しているわけではなく、他の行動「止まる」・「そのまま行く」を選択した結果、事故が発生する場合のほうが多い。これは「加速する」という判断要因が加わったために、判断が複雑になり難しくなったため被験者が混乱しているからだと考えられる。

また別の考えとして、「加速する」という選択は、「そのまま行く」と「止まる」のエリアの変わり目に生じており、エリアの変化が事故の直接的要因になっている可能性も本研究結果では否定できない。

4.3 RT と事故の関係

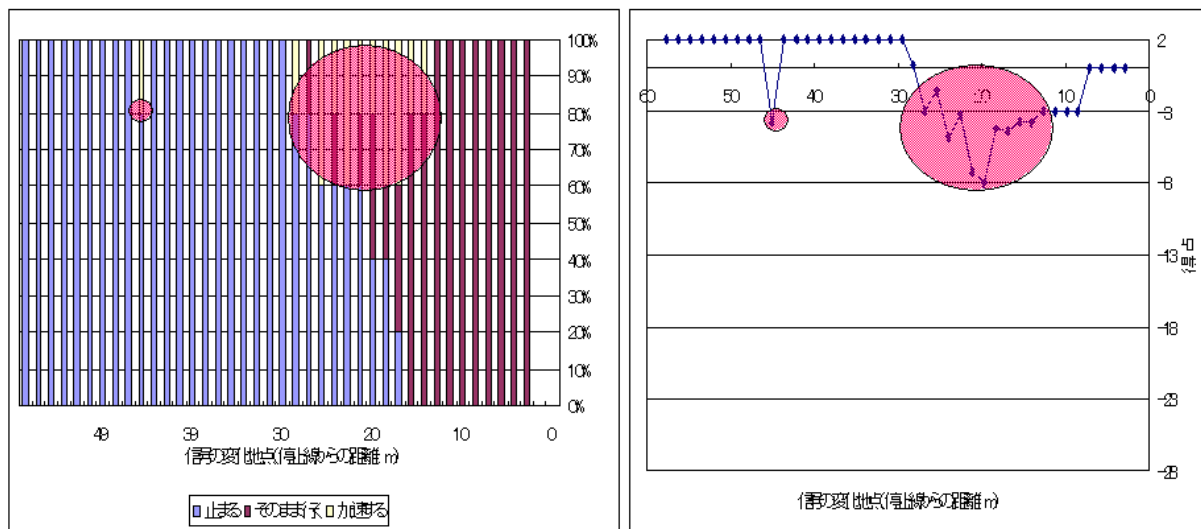


図 4.3 「加速する」判断と事故との関係

いずれにしても「加速する」を選択したくなるような状況で事故が増えているが、「加速すること」自体が、事故の要因ではない。

4.3 RT と事故の関係

RT 測定の結果より、被験者 S.H と H.U の両者の RT にはさほど違いも見られなかったが、被験者 T.S の RT は S.H と H.U に比べ長く、慎重に考えている傾向が見られた。それに対し被験者 S.H と H.U はいかなる判断の時も即決している。RT の短いタイプと長いタイプとに分かれたが、両タイプの被験者とも、判断エリアの境界付近で特に RT に変化があったというようなことはなく、判断の難しいと思われる「加速」最適判断エリアでも RT に激しい変化は見られなかった。

そして各被験者の RT と事故率について調べてみた。各スケール速度時の平均 RT と、事故の $\text{Log}\{\text{正答率} / \text{誤答率}(\text{事故率})\}$ の関係について示したのが以下の図 4.4、図 4.5、図 4.6 である。

4.3 RT と事故の関係

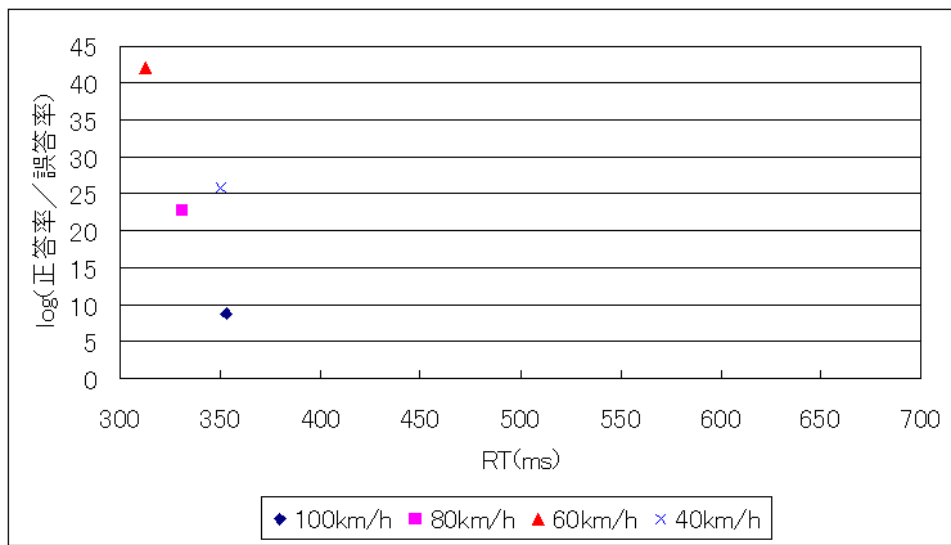


図 4.4 被験者 S.H の RT と事故の関係

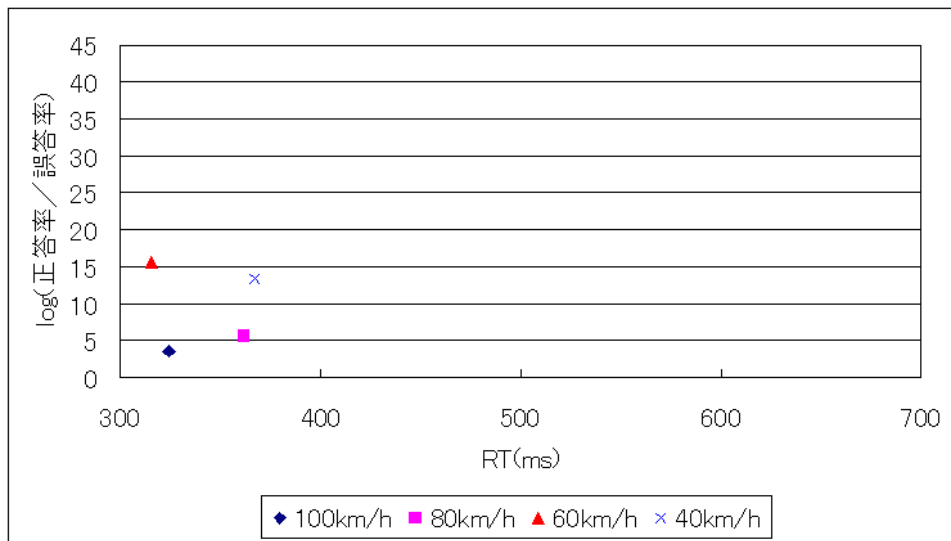


図 4.5 被験者 H.U の RT と事故の関係

4.4 交差点進入時の安全な速度

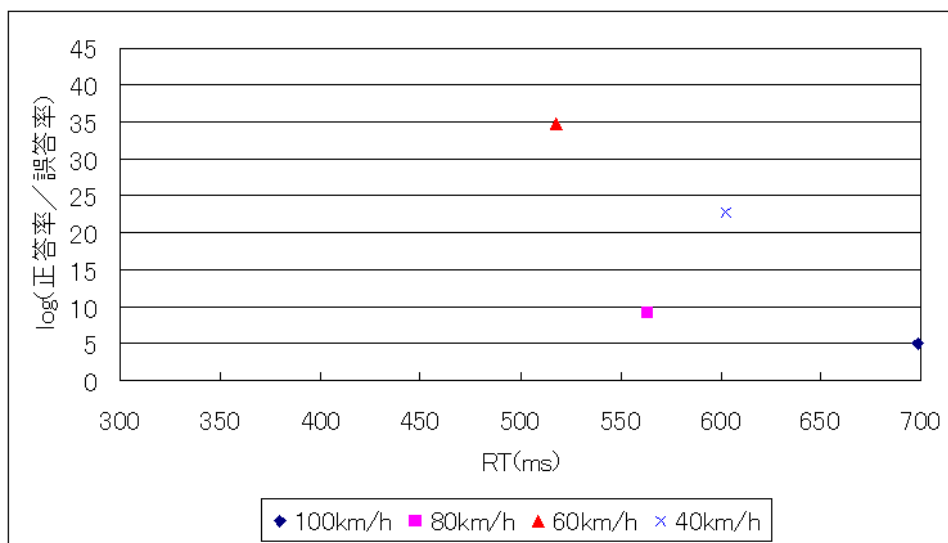


図 4.6 被験者 T.S の RT と事故の関係

被験者に共通して、RT が短いところで Log が低くなったり、RT が長くなれば Log が上がったりするような、RT の速さと正確さのトレード・オフが起こっていないのがわかる。RT の個人差はあるものの、RT が 事故の大きな要因になっているとは言えない。

以上の考察から RT の長さから事故率や、判断の難しさを判断することは困難であると言える。

4.4 交差点進入時の安全な速度

図 4.4、図 4.5、図 4.6 から被験者に共通して、車の速度が 60km/h の時に最も RT が短く、かつ Log が高いので、交差点進入の時に車の速度が 60km/h であれば今回の実験した速度の中で最も安全であると考えられる。逆に、車の速度が 100km/h の時に RT は長く、Log も特に低いので今回実験した速度の中で最も危険な速度であると言える。

第 5 章

結論

最適判断エリアで異なる判断をする時に事故が増加することがわかった。ただし、判断エリアの境界あたりでの事故発生の著しい変化は見られなかった。そして、「加速する」という判断要因が考えられる地点での事故が増加していた。ただし、「加速する」こと自体が事故を起こしているわけではない。また、RT の個人差はあるものの、速さと正確さのトレード・オフは見られず、いずれにしても RT の長さが直接事故に関係しているとは言えない。最後に今回の実験では交差点進入の時に、車の速度が 60km/h の時が最も素早く安全な判断をしやすいということが分かった。

今後の課題としては、今回の被験者は三人とも免許を持っている男性だったので今後は、免許を持っていない人・女性・高齢者などの人達も調べることが重要である。

謝辞

この実験に被験者として参加して下さった皆さん、プログラムの御指導をいただいた東野泰幸様に厚く御礼申し上げます。またシミュレーションの構成が不十分な時に被験者として参加していただいた方々に、陳謝の意とともに感謝しております。そして日本視覚学会2002 冬季大会におきましてさまざまな御助言を頂いた先生方、そして指導教員であり、本実験について一から御指導頂いた高知工科大学情報システム工学科の篠森敬三助教授に心から感謝します。

また、この研究は、三井住友海上福祉財団の研究費支援を受けました。

参考文献

- [1] 積山 薫,「新編 感覚・知覚心理学ハンドブック(大山 正ら編)」,誠信書房,1994.
- [2] 山崎秀記,「Delphi によるプログラミング入門」,株式会社 培風館,1999.
- [3] 山田昭哲,「Delphi コンポーネントプログラム入門」,株式会社 ビーエヌエヌ,1996