

# ドライビングシミュレータを用いた 高次脳機能障害患者の 自動車運転能力評価に向けて -若年健常ドライバの解析-

佐藤真登 辻竜佳 日暮一太  
アドバイザー:伊藤誠



## 目次

- 研究背景と目的
- 実験手法
- 解析結果
- まとめ
- 今後の課題

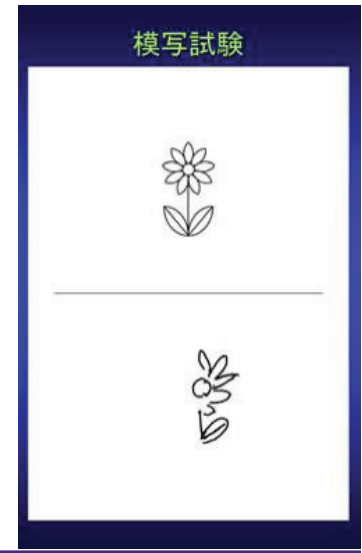


## 研究背景－高次脳機能障害とは？

言語・思考・記憶・行為・学習・注意などの**知的な機能に障害**を抱え生活に支障をきたす**障害**

### 原因

- 脳血管障害(脳梗塞・くも膜下出血)
- 事故による脳へのダメージ
- 脳炎・低酸素性脳症(ウイルス感染等)
- アルコール依存による脳へのダメージ



社会参加を促す事に有用



大きなリスク

高次脳機能障害患者の運転行動の危険性評価の必要性

## 研究背景－既存の運転能力評価方法

検査名	対象	形態	評価方法	運転可否判断
高齢講習における 実車指導要領(警察)	高齢者	実車	各課題に応じた 運転技能検査	指導教官
ドライビングシミュレータ (DS)の危険予測	免許保持者	DS	一般的な 運転行動の 遂行力	担当医など
運転基礎感覚の評価項目 (国立身体障害者 リハビリテーションセンター)	障害者	実車	合図・安全確認を 中心とした 安全性検査	担当医など



筑波大学  
University of Tsukuba

## 研究背景－既存の運転能力評価方法

検査名	対象	形態	評価方法	運転可否判断
高齢講習における 実車指導要領(警察)	高齢者	実車	各課題に応じた 運転技能検査	指導教官
ドライビングシミュレータ (DS)の危険予測	免許保持者	DS	一般的な 運転行動の 遂行力	担当医など
運転基礎感覚の評価項目 (国立身体障害者 リハビリテーションセンター)	障害者	実車	合図・安全確認を 中心とした 安全性検査	担当医など

高次脳機能障害者を対象とした評価手法が存在しない  
客観的な評価手法が存在しない



筑波大学  
University of Tsukuba

# 研究背景 - 評価手法

既存の運転能力評価手法の問題解決にむけて

- 問題点: ①高次脳機能障害患者を対象にした評価手法が存在しない  
②客観的な評価手法が存在しない
- ⇒当該患者と健常者のデータの蓄積と解析
  - ⇒当該患者の運転可否の判断基準(閾値)の発見
  - ⇒客観的な判断が可能な新しい評価手法の検討・開発



若年健常者のデータの蓄積と解析を行い, 新たな知見を得る

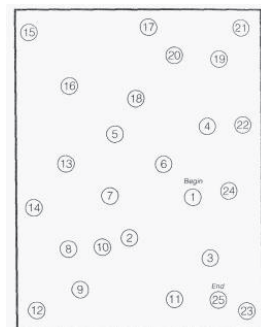


# 研究背景 - 既存研究の紹介

高次脳機能障害患者のための自動車運転能力評価法の検討(2007,小倉ら)

## 研究の概要

高次脳機能検査の結果と運転技能検査の危険走行回数との相関から, 高次脳機能検査による自動車運転の適否判断の目安値を算出



Trail Making Test(TMT)

## 問題点

- 被験者数が20名(脳症患者11名, 健常者9名)と少ない
- 高年層のドライバ(平均年齢55.9歳)のみが対象となっている



# 本研究の目的

既存の運転能力評価手法の問題解決にむけて

- 問題点: ①高次脳機能障害患者を対象にした評価手法が存在しない  
②客観的な評価手法が存在しない
- ⇒ 当該患者と健常者のデータの蓄積と解析
  - ⇒ 当該患者の運転可否の判断基準(閾値)の発見
  - ⇒ 客観的な判断が可能な新しい評価手法の検討・開発

## 研究目的

若年健常者のデータの蓄積と解析を行い、新たな知見を得る



# 実験手法

- 被験者数 30名(男性27名, 女性3名)
  - 平均年齢 23.0歳
  - 運転頻度

毎日	月に数回	年に数回	ほとんどなし
16人	9人	4人	1人

- 検査項目
  - DSを利用した運転技能検査
  - 机上の高次脳機能検査



# 実験手法



# 運転技能検査

## • DSを用いた運転技能検査

- 本走行1(15分程度)
- 本走行2(15分程度)
  - 慣れによる影響を考慮するため、被験者の半数で2本のシナリオを用いる順序を入れ替えた
  - シナリオが異なる2本の市街地コースの運転を行い、危険走行回数の計測を行った

### 危険走行回数の評価項目

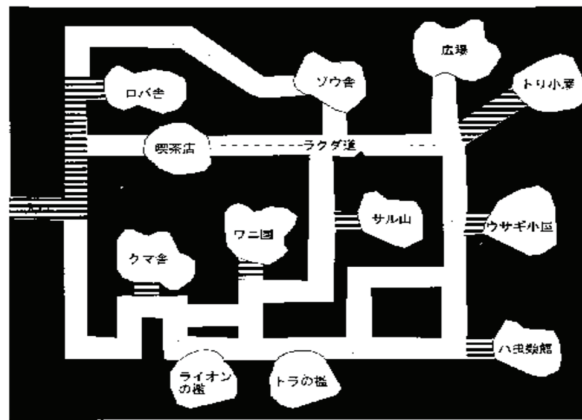
- 道路標識・歩行者・巻き込み・追い越しにおける確認
- 発進・右左折・車線変更における合図の確認
- 一時停止無視
- 徐行運転
- 速度維持



# 机上の高次脳機能検査

## BADS 動物園地図検査

- 与えられた規則から、すべての規則を満たすようにルートを計画し、そのルートを描く検査。Ver.1とver.2からなり、それぞれで規則が異なる



### 評価機能(遂行機能)

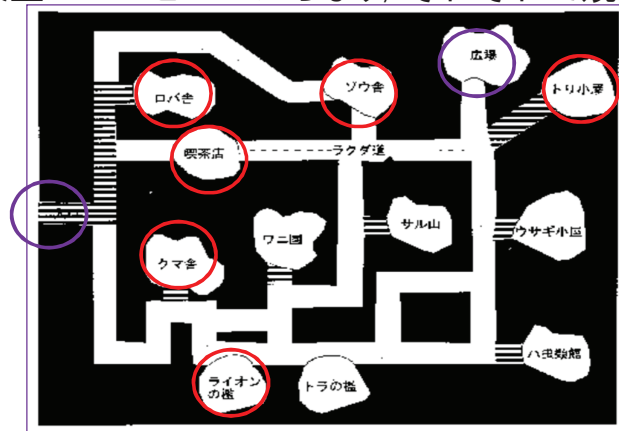
- 自発的に計画を立てていく能力
- 外部から与えられた規則に従い課題を遂行する能力



# 机上の高次脳機能検査

## BADS 動物園地図検査

- 与えられた規則から、すべての規則を満たすようにルートを計画し、そのルートを描く検査。Ver.1とver.2からなり、それぞれで規則が異なる



### 評価機能(遂行機能)

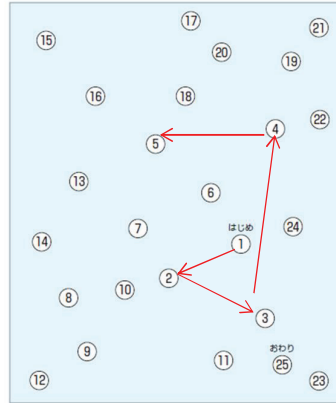
- 自発的に計画を立てていく能力
- 外部から与えられた規則に従い課題を遂行する能力



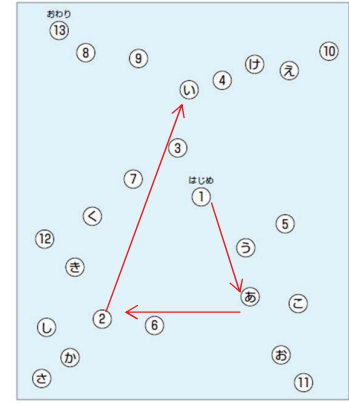
# 机上の高次脳機能検査

## Trail Making Test (TMT)

- Part.A  
1から25までの数字を順に結ぶ間の時間を測る検査
- Part.B  
1から13までの数字と、「あ」から「し」までの平仮名を交互に結ぶ間の時間を測る検査



Part.A



Part.B

### 評価機能(注意機能・遂行機能)

- 注意の持続と選択
- 視覚と運動の協調性
- 情報処理の速さ
- 短期記憶



# 机上の高次脳機能検査

## WAIS-III 符号検査

- 1から9の数字にそれぞれ符号が割り当てられており、ランダムに並ぶ数列をその符号で置き換えていく検査
- 120秒間での正答数に年齢による補正を加えたものが得点となる

符号

1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	1	□	□	□	□	□	□	□

問題集

2	1	3	7	2	4	8	2	1	3	2	1	4	2	3	5	2	3	1	4
5	6	3	1	4	1	5	4	2	7	6	3	5	7	2	8	5	4	6	3
7	2	8	1	9	5	8	4	7	3	6	2	5	1	9	2	8	3	7	4
6	5	9	4	8	3	7	2	6	1	5	4	6	3	7	9	2	8	1	7
9	4	6	8	5	9	7	1	8	5	2	9	4	8	6	3	7	9	8	6
2	7	3	6	5	1	9	8	4	5	7	3	1	4	8	7	9	1	4	5
7	1	8	2	9	3	6	7	2	8	5	2	3	1	4	8	4	2	7	6

### 評価機能(遂行機能・注意機能)

- 短期記憶
- 書字の速さと正確さ
- 視覚探索の速さ





## データ解析

本実験で得られたDSの結果と机上の高次脳機能検査結果から、以下の三つの解析を行った

1. 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関
2. 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関
3. 黄信号における状況判断の解析



## データ解析

本実験で得られたDSの結果と机上の高次脳機能検査結果から、以下の三つの解析を行った

1. 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関
2. 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関
3. 黄信号における状況判断の解析



## 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関

既存研究において相関が高いとされていた，危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関を解析

### 危険走行回数の評価項目

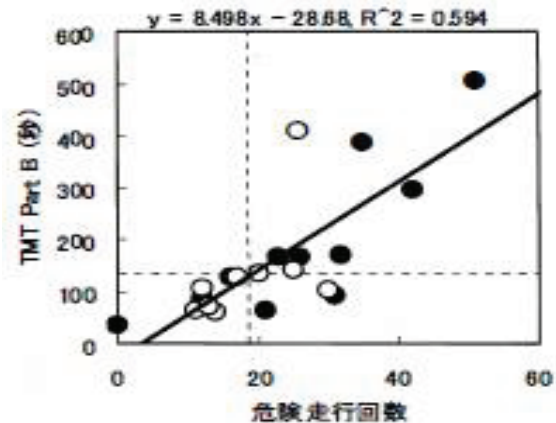
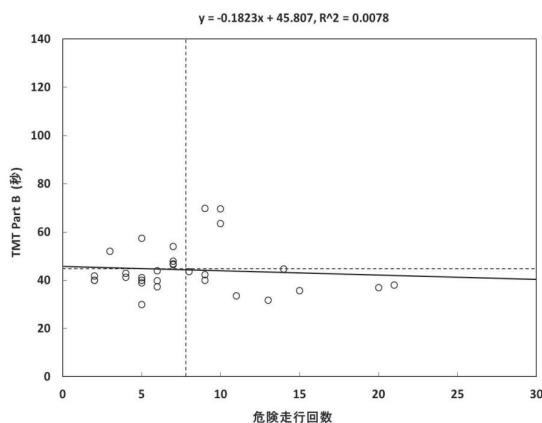
- ・道路標識・歩行者・巻き込み・追い越しにおける確認の有無
- ・発進・右左折・車線変更における合図の有無
- ・一時停止無視
- ・徐行運転
- ・速度維持

	既存研究	本研究			
	危険走行回数	危険走行回数			
	総危険走行回数	総危険走行回数	確認	一時停止	合図
TMT Part A	0.75	-0.17	-0.07	-0.22	-0.11
TMT Part B	0.77	-0.09	-0.10	-0.02	0.00
WAIS-Ⅲ 符号評価点	-0.76	-0.21	-0.26	0.04	-0.35
BADS 動物園地図得点	-0.73	0.03	0.00	-0.26	0.14



## 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関

### TMT Part B についての既存研究との比較

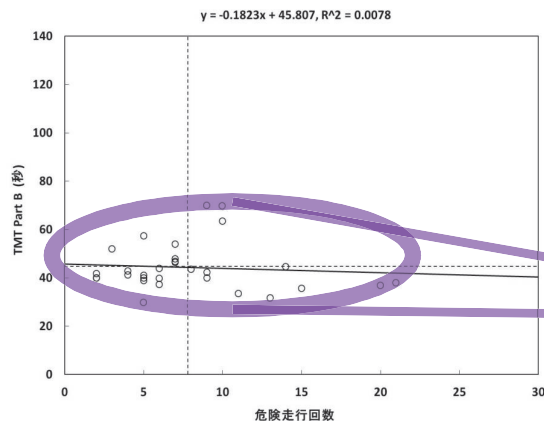


- ・ 既存研究に比べ，被験者が若年層であるため，全体的にスコアが良い
- ・ 若年層では，スコアのばらつきが小さい
- ・ 若年層群での相関は見られないが，全年齢層においては相関がみられる
- ・ 若年健常者において低スコア者は，安全運転な傾向にある

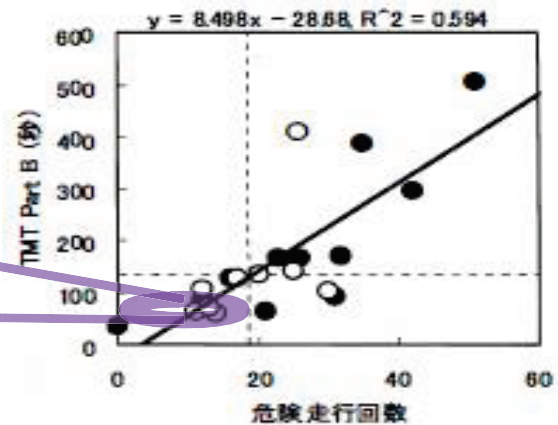


## 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関

### TMT Part B についての既存研究との比較



本研究における結果



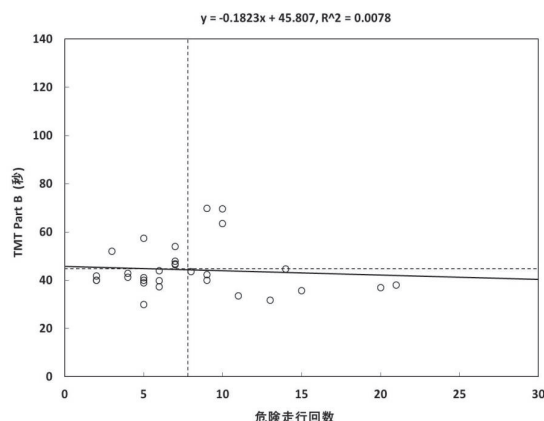
既存研究における結果

- 既存研究に比べ、被験者が若年層であるため、全体的にスコアが良い
- 若年層では、スコアのばらつきが小さい
- 若年層群での相関は見られないが、全年齢層においては相関がみられる
- 若年健常者において低スコア者は、安全運転な傾向にある

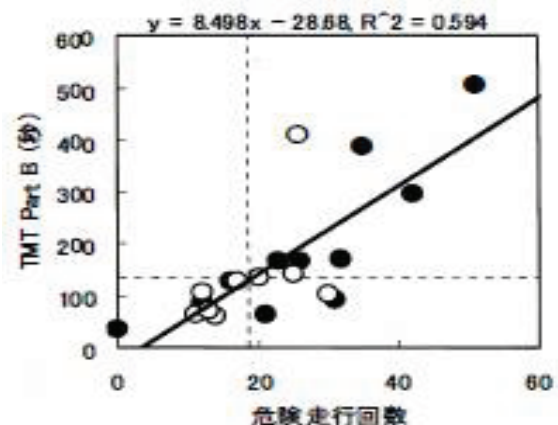


## 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関

### TMT Part B についての既存研究との比較



本研究における結果



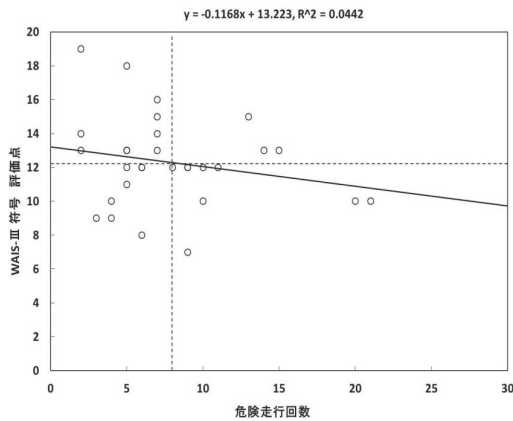
既存研究における結果

- 既存研究に比べ、被験者が若年層であるため、全体的にスコアが良い
- 若年層では、スコアのばらつきが小さい
- 若年層群での相関は見られないが、全年齢層においては相関がみられる
- 若年健常者において低スコア者は、安全運転な傾向にある

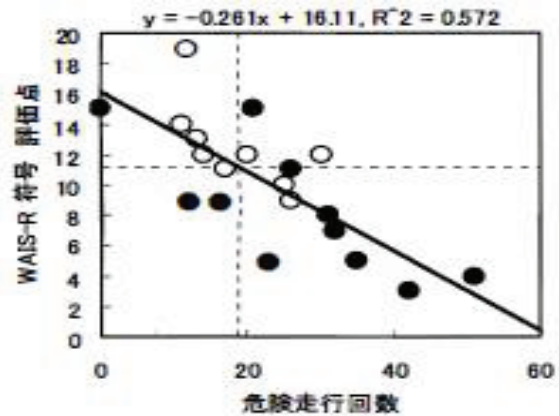


# 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関

## WAIS-III 符号検査 についての既存研究との比較



本研究における結果

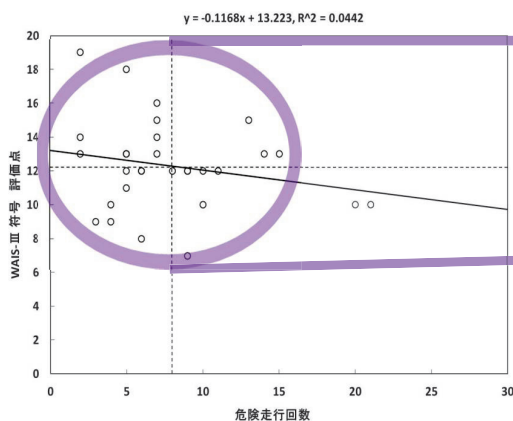


既存研究における結果

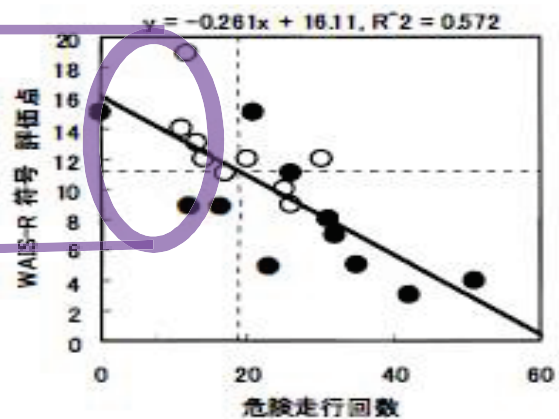
- wais-IIIでは、年齢による補正がされているため、健常者間では既存研究と同様の傾向が得られるはずである
- データ数の増加に伴い、相関が低くなることが予想される

# 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関

## WAIS-III 符号検査 についての既存研究との比較



本研究における結果

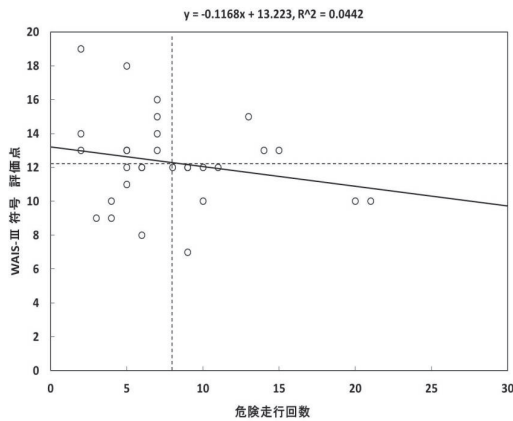


既存研究における結果

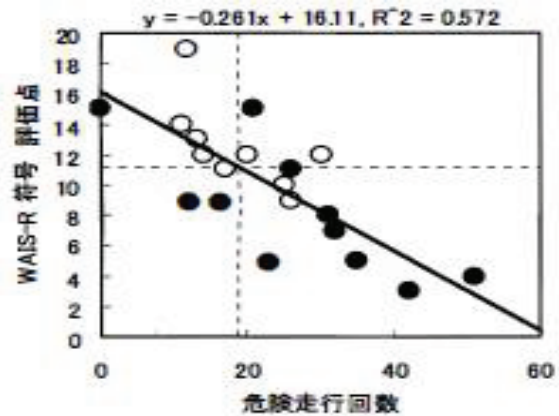
- wais-IIIでは、年齢による補正がされているため、健常者間では既存研究と同様の傾向が得られるはずである
- データ数の増加に伴い、相関が低くなることが予想される

# 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関

## WAIS-III 符号検査 についての既存研究との比較



本研究における結果

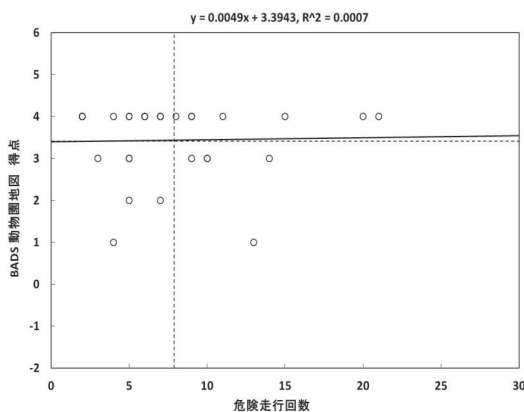


既存研究における結果

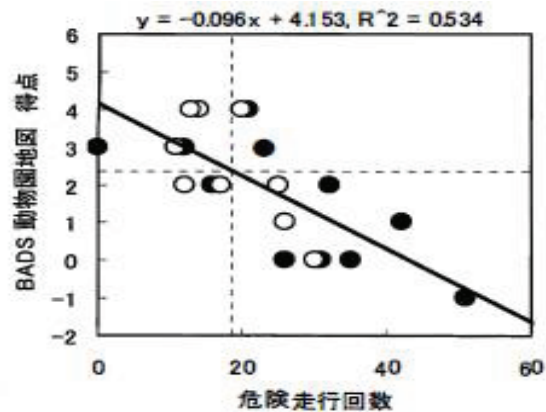
- wais-IIIでは、年齢による補正がされているため、健常者間では既存研究と同様の傾向が得られるはずである
- データ数の増加に伴い、相関が低くなることが予想される

# 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関

## BADS 動物園地図検査 についての既存研究との比較



本研究における結果

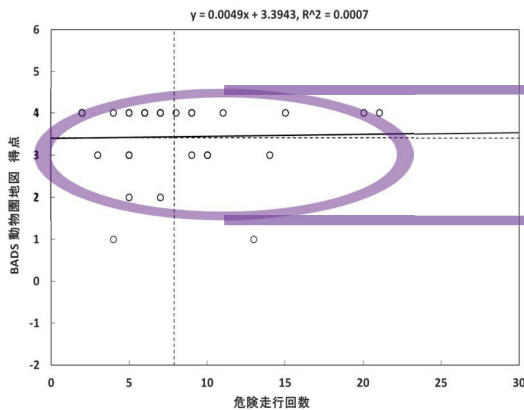


既存研究における結果

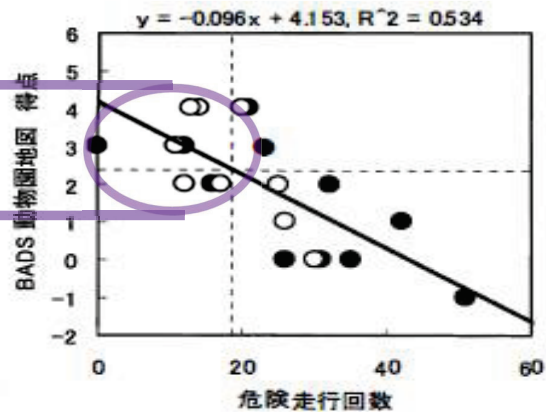
- 若年層群での相関は見られないが、全年齢層においては相関がみられる
- 若年健常者において低スコア者は、安全運転な傾向にある

# 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関

## BADS 動物園地図検査 についての既存研究との比較



本研究における結果



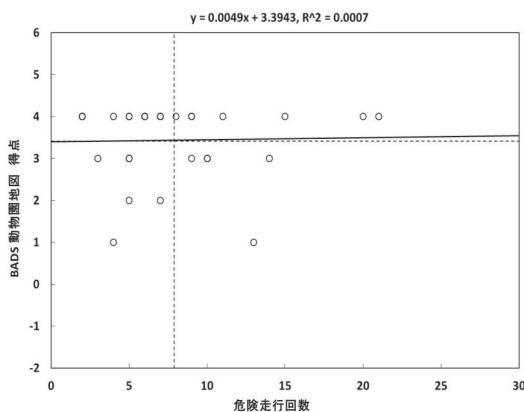
既存研究における結果

- 若年層群での相関は見られないが、全年齢層においては相関がみられる
- 若年健常者において低スコア者は、安全運転な傾向にある

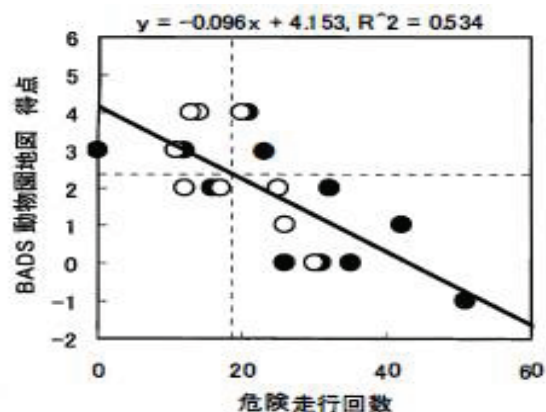


# 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関

## BADS 動物園地図検査 についての既存研究との比較



本研究における結果



既存研究における結果

- 若年層群での相関は見られないが、全年齢層においては相関がみられる
- 若年健常者において低スコア者は、安全運転な傾向にある



# データ解析

本実験で得られたDSの結果と机上の高次脳機能検査結果から、以下の三つの解析を行った

1. 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関
2. 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関
3. 黄信号における状況判断の解析



## 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関

### • シナリオ概要

– 平時とは異なる緊急時における解析

- 状況 : 横断歩道での歩行者の突然の飛び出し
- データ : 走行ログから、歩行者飛び出しからブレーキ入力までの時間および高次脳機能検査データ

### • 対象者

– 健常者: 15名(男性14名, 女性1名)

### • データ解析方法

– 反応速度とそれぞれの高次脳機能検査との関係について回帰分析を実施



## 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関



## 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関

### • シナリオ概要

– 平時とは異なる緊急時における解析

- 状況 : 横断歩道での歩行者の突然の飛び出し
- データ : 走行ログから、歩行者飛び出しからブレーキ入力までの時間および高次脳機能検査データ

### • 対象者

– 健常者: 15名(男性14名, 女性1名)

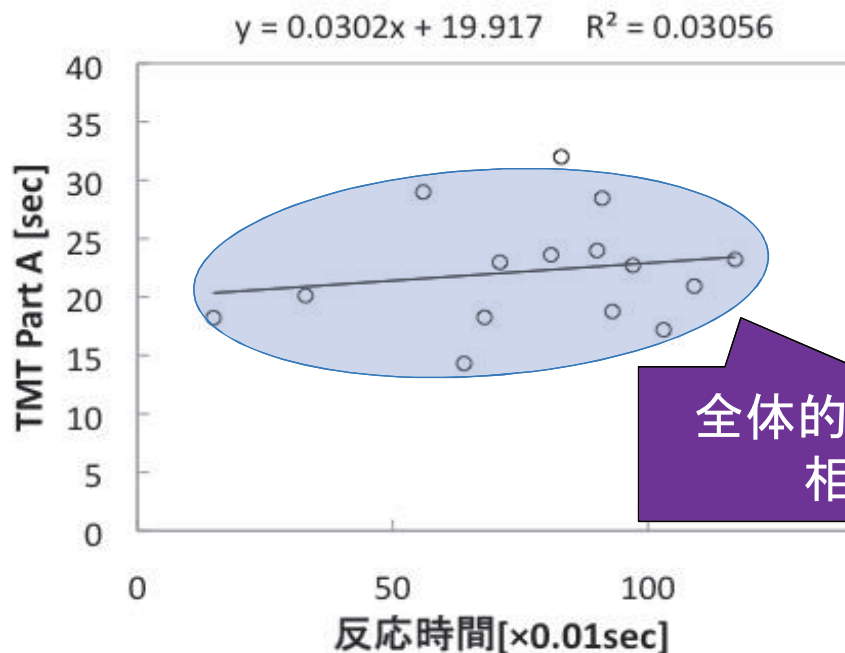
### • データ解析方法

– 反応速度とそれぞれの高次脳機能検査との関係について回帰分析を実施



# 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関

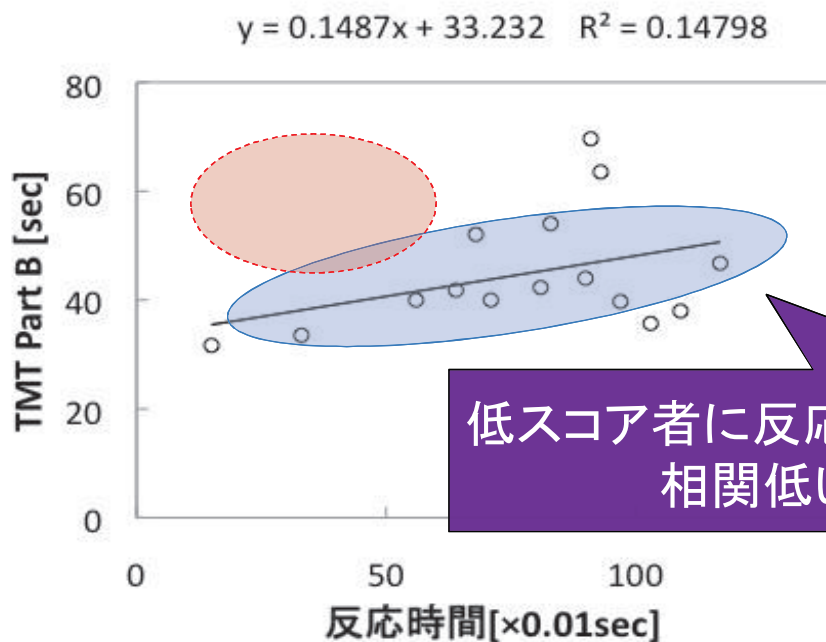
解析結果 - TMT partA との相関



全体的に分散傾向  
相関なし

# 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関

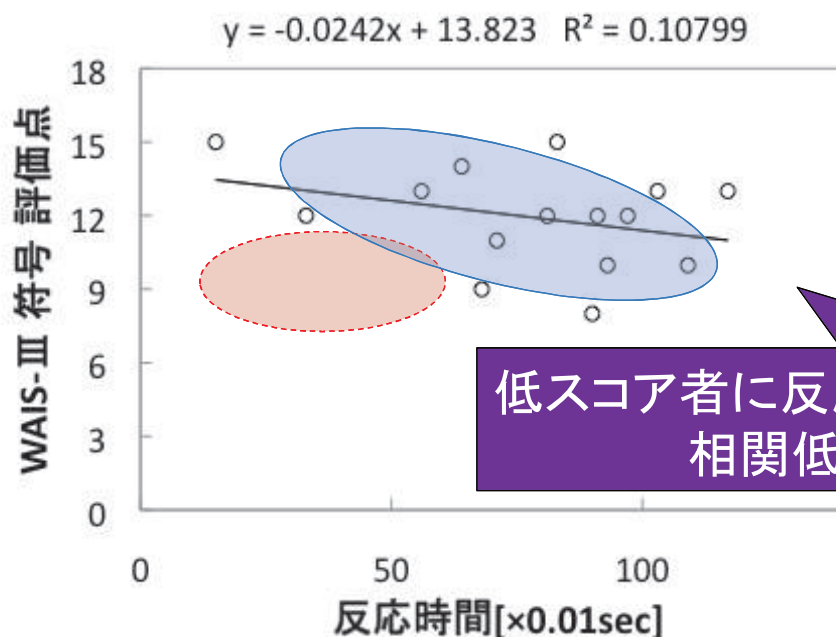
解析結果 - TMT partB との相関



低スコア者に反応遅い傾向  
相関低い

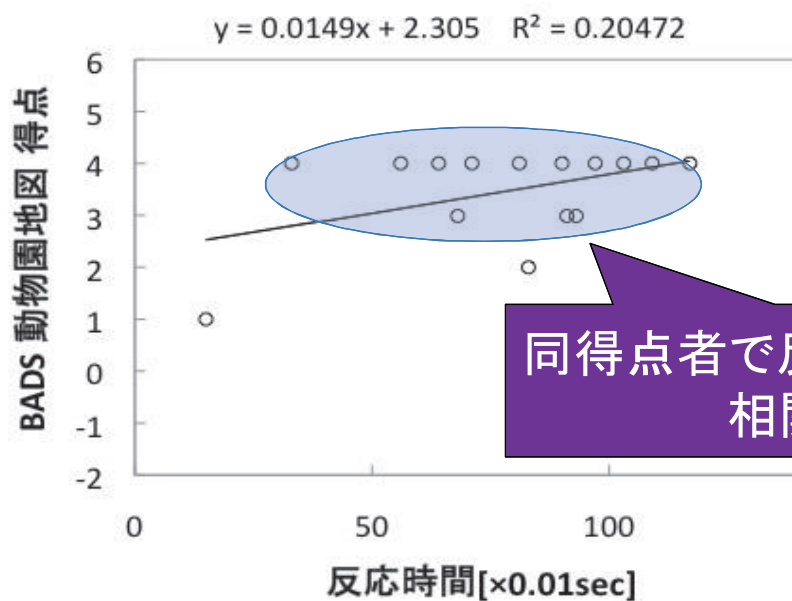
# 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関

解析結果 - WAIS-III 符号検査 との相関



# 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関

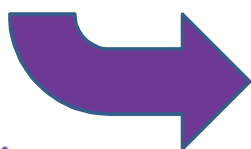
解析結果 - BADS 動物園地図 との相関



## 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関

高次脳機能検査	相関係数	考察
TMT part A	0.18	全体的に分散傾向
TMT part B	0.39	低スコアに反応遅い傾向
wais-III 符号検査 評価点	-0.33	低スコアに反応遅い傾向
BADS 動物園地図 得点	0.45	同得点者で反応時間が分散

- TMT part A では, スコア・反応時間どちらも分散しており相関も低いため評価に適さないと考えられる
- TMT part B, 符号検査では, 同様の傾向がみられた
- 動物園地図では, 得点が収束してしまい有意な傾向が得られなかった



今後の展望として, 母集団を拡大することが望ましい

## データ解析

本実験で得られたDSの結果と机上の高次脳機能検査結果から, 以下の三つの解析を行った

1. 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関
2. 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関
3. 黄信号における状況判断の解析

# 黄信号における状況判断

- 概要

- 運転者の判断能力が試される状況, ジレンマゾーンにおいてドライバの運転行動や運転行動と机上の高次脳機能検査との相関の解析を行う

- 解析

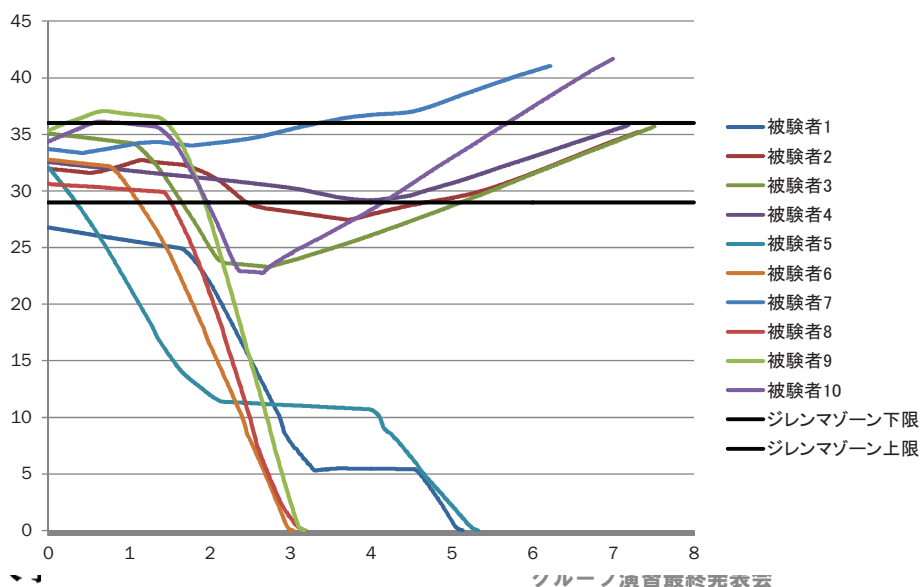
- ジレンマゾーンにおいて, 異なる判断を行ったドライバの机上の高次脳機能検査の結果の比較



# 黄信号における状況判断

## ジレンマゾーン

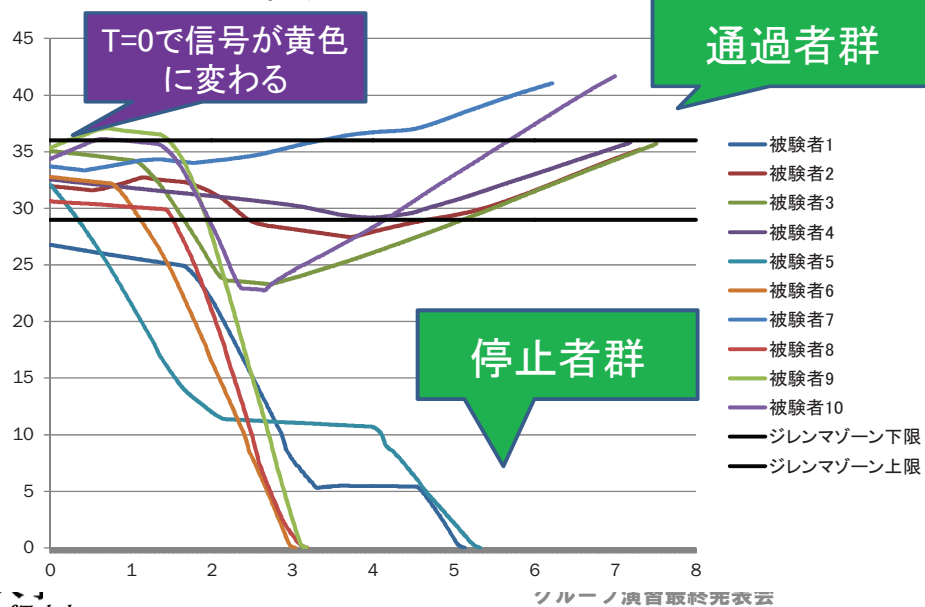
- 交差点進入直前で信号が黄色に変わるとき, 「安全に交差点を通過することも, 停止することも難しい状況」が存在する. このような状況をジレンマゾーンと言う.



# 黄信号における状況判断

## ジレンマゾーン

- 交差点進入直前で信号が黄色になるとき、「安全に交差点を通過することも、停止することも難しい状況」が存在する。このような状況をジレンマゾーンと言う。



# 黄信号における状況判断

- ジレンマゾーンに陥ったドライバは計24名

運転頻度	毎日	月に数回	年に数回	ほとんどなし
通過者	7人	7人	2人	1人
停止者	5人	2人	0人	0人

- 交差点で通過したドライバの割合は71%

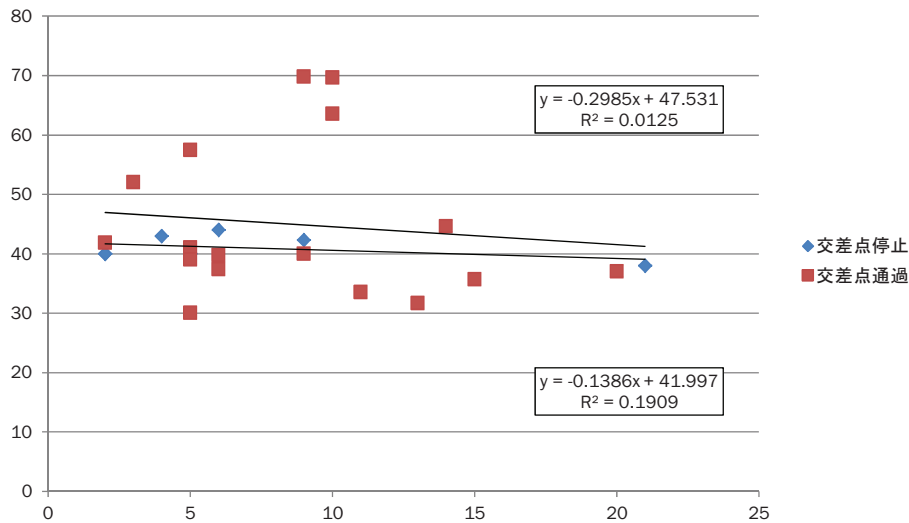
- 高次脳機能検査の平均・標準偏差

	TMT part A		TMT part B		符号検査		動物園地図	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
通過者	21.13	11.0	44.93	12.43	12.18	2.36	3.29	0.82
停止者	24.10	2.78	41.02	1.95	11.71	3.37	47.0	0.0

- TMT part A, TMT part Bにおいて標準偏差が小さい

# 黄信号における状況判断

## 通過者と停止者の”危険走行回数”と”TMT part B”との相関



- ジレンマゾーンの停止行動はTMT part A, Bの低得点者には見られない傾向である
- 符号検査, 動物園地図では前述の傾向がみられず, 評価に有効ではないと考えられる

## 全体のまとめ

- まとめ
  - 高次脳機能障害患者の運転能力評価に向けて, 若年健常ドライバの運転行動データの蓄積と解析を行った
- 解析結果
  - 若年健常ドライバ間では, 高次脳機能検査との相関が低い
  - 若年健常ドライバ群は, 全年齢層においては相関がみられる
  - 緊急時の反応速度解析では, TMT part Bと符号検査で比較的高い相関がある
  - ジレンマゾーンでの状況判断には, TMT part A, Bの結果が意思決定に関係する可能性がある

## 今後の課題

- 母集団の拡大と、さらなるデータの蓄積と解析
  - 幅広い年齢層のデータの蓄積
  - 年代間の運転行動の特徴の解析
  - 若年高次脳機能障害患者のデータの蓄積と解析
- 高次脳機能検査における有効性の評価
- DSのシナリオおよび評価項目の妥当性の検討



## 参考文献

- 松永勝也：“交通事故防止の人間科学”，ナカニシヤ出版, pp72–75, 2002
- 山田規畝子：“壊れた脳 生存する知”，講談社, 2004
- (社)自動車技術会：“高齢者運転適性ハンドブック”，pp33–73, 2005
- 岡崎哲也ほか：“半側空間無視症例に対する自動車運転適性評価”，臨床リハ別冊：高次脳機能障害のリハビリテーションVer.2, pp299–301, 2004
- 小倉雄一ほか：“高次脳機能障害患者のための自動車運転能力評価法の検討”，茨城県立医療大学付属病院研究誌(1348-8988)10号, pp59–64, 2007

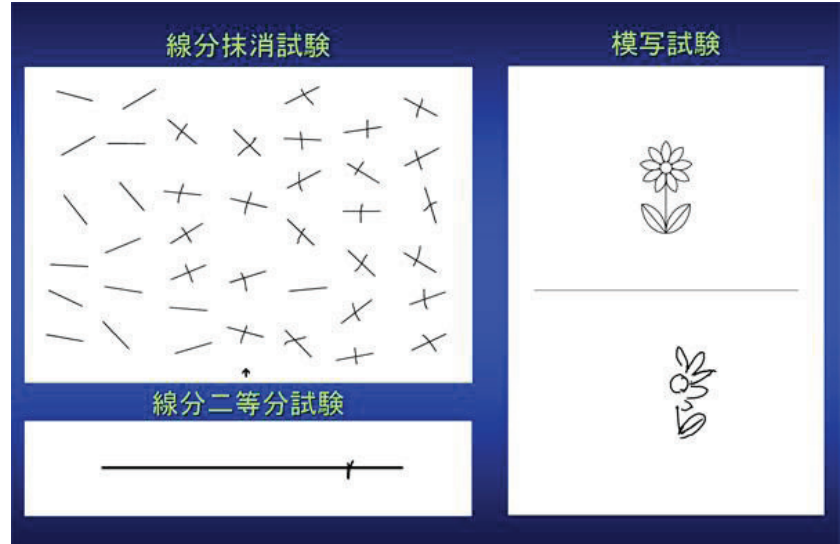


# 高次脳機能障害の症状の種類

財団法人 東京都福祉保健財団

- 行動と感情の障害
- 注意障害
- 遂行機能障害
- 記憶障害
- 失行症
- 半側身体失認
- 地誌的障害
- 失認症
- 失語症
- 半側空間無視

## 半側空間無視患者の試験結果



筑波大学  
University of Tsukuba

グループ演習 中間発表

47

## 既存の運転能力評価方法

高齢者講習における実車指導要領(警察)		ドライビングシミュレータ(DS)の危険予測	
課題	評価項目	評価項目	評価事項
運転機能に関するもの	方向転換	発進	発進時の確認
	段差乗り上げ	車線変更	進路変更
	車両感覚走行	信号(直進)	信号の走行
	パイロンスラローム	合流	交通量の多い合流
	見通しの悪い交差点	看板で右折	看板の確認
信号機のある交差点	信号機手前での減速	右折	路地での右折
一時停止標識のある交差点	交差点手前での徐行	左折	路地での左折
	停止位置	一時停止	交差点の一時停止
	二段階停止	歩行者用信号の変化予測	歩行者用信号の点滅
進路変更	合図の時期	追い越し	作業用自動車の追い越し
	後方及び側方の確認	バイク巻き込み	二輪車の左折巻き込み
	緩やかな進路変更	歩行者	横断歩道の歩行者
カーブ走行	カーブ手前での減速		
	曲がり具合に応じた速度で走行		
	正しい運転姿勢		

グループ演習 中間発表

48



# 既存の運転能力評価方法

## 運転基礎感覚の評価項目 (国立身体障害者リハビリテーションセンター)

評価項目	評価事項
発進・停止	前進・後退及び駐車は安全、円滑に出来るか
合図	発進・駐車時に合図を出しているか
	右左折時に合図を出しているか
	進路変更時に合図を出しているか
安全確認 範囲	発進時、目視またはミラーで安全確認をしているか
	交差点で左右の安全確認をしているか
	前方注視の状態でも左右を注意することが出来るか
走行位置感覚	常時、左側通行が出来るか
	道路左端に駐車することが出来るか
	道路の左端を約30km/h以上の速度で直進走行できるか
	左側及び右側の障害物と間隔を保つことが出来るか
	右左折、カーブの走行位置は安定しているか
	右左折時に進路変更をしているか
	進路変更後に安定した進路を保つことが出来るか
走行速度	走行場所に応じてメリハリのある速度で走行すること

## ジレンマゾーン

$$1. A = \tau \times V + \frac{V^2}{2d}$$

$$2. B = TV$$

$$3. \text{if } B \leq \text{黄信号時の走行位置 } X(m) \leq A \text{ then ジレンマゾーン}$$

- $\tau$  : 運転者のブレーキ反応時間(s)
- $V$  : 速度(m/s)
- $d$  : 減速度(m/s<sup>2</sup>)
- $T$  : 信号が黄色の時の長さ(s)