

平成 27 年度 学 位 論 文

論 文 題 目

〈邦 文〉

自動車用 Augmented Reality Interface Systems (ARIS)における視覚
情報の受容に関する研究

〈欧 文〉

Cognitive Characteristics of Visual Information in Automotive
Augmented Reality Interface Systems (ARIS)

名城大学大学院 都市情報学研究科 都市情報学専攻 博士後期課程

氏 名

長谷川 浩之

目次

第 1 章	序論	6
1.1	研究背景	6
1.1.1	自動車用 AR 表示装置への歴史	6
1.1.2	これまでの研究	12
1.2	用語の定義	14
1.3	研究目的	15
1.4	本研究の構成	16
1.5	倫理委員会等の承認	17
第 2 章	自動車用表示装置の比較評価	18
2.1	はじめに	18
2.2	方法	18
2.2.1	装置	19
2.2.2	実験参加者	22
2.2.3	手続き	23
2.3	結果	24
2.3.1	反応時間	24
2.3.2	情報認知の正確さ	28
2.3.3	複雑さへの対応性	28
2.4	考察	31
2.5	まとめ	32
第 3 章	反応時間に影響する要因の解析	33
3.1	はじめに	33
3.2	方法	34
3.2.1	装置	34
3.2.2	実験参加者	35
3.2.3	手続き	36
3.3	結果	36
3.4	考察	41
3.5	まとめ	43

第 4 章	表示像の縮尺による影響	44
4.1	はじめに	44
4.2	方法	44
4.2.1	装置	45
4.2.2	実験参加者	46
4.2.3	手続き	47
4.3	結果	47
4.4	考察	50
4.5	Mental Expansion	52
4.6	認知モデル	53
4.7	実用上の問題	54
4.8	まとめ	56
第 5 章	照合プロセスにおけるワーキングメモリの解析	57
5.1	はじめに	57
5.2	方法	59
5.2.1	装置	59
5.2.2	実験参加者	60
5.2.3	手続き	60
5.2.4	二次課題	61
5.3	結果	62
5.4	考察	66
5.5	まとめ	67
第 6 章	結論	68
	謝辞	71
	参考文献	72
	論文等目録	76
	表彰等	78
	付録	79

表目次

2.1 表示装置ごとの平均反応時間と標準偏差(実験参加者 5 名)	24
2.2 正確さ検証実験の正答率	28
3.1 表示装置の分類	42
5.1 実験装置の輝度・色度	58

図目次

1.1	自動車用表示装置搭載位置の歴史	6
1.2	本田技研工業：ホンダ・エレクトロ・ジャイロケータ(1981)	7
1.3	本田技研工業：インテリジェントナイトビジョン(2007)	8
1.4	世界初の自動車用 HUD, 日産：シルビア(1988)	9
1.5	各表示装置の例	10
1.6	表示装置の俯角の違い	12
2.1	比較評価実験の実験系	19
2.2	反応時間評価における表示例	20
2.3	正確さ評価における表示例(正確さ観測用 1° スケール)	21
2.4	複雑さ評価における表示例(視標数 30, ターゲット数 3)	22
2.5	比較検証実験のタイムチャート	23
2.6	実験参加者 S1 の反応時間と回帰直線	25
2.7	表示装置ごとの認知時間 T_c (実験参加者 5 名)	27
2.8	視標数増加に伴う平均反応時間の増加	29
2.9	視標数およびターゲット数ごとの反応時間(AR 表示)	30
2.10	視標数およびターゲット数ごとの反応時間(HUD)	30
3.1	解析実験における実験系	34
3.2	ターゲット出現位置ごとの反応時間(実験参加者 A)	37
3.3	ターゲット出現位置ごとの反応時間(実験参加者 B)	37
3.4	俯角ごとの反応時間	38
3.5	ターゲット数 2 個での反応時間	39
3.6	ターゲット数 3 個での反応時間	40
4.1	縮尺差検証実験の実験系	45
4.2	拡大率による平均反応時間の変化(実験 1~3)	48

4.3	実験 1 の平均反応時間(実験参加者 8 人)	48
4.4	実験 2 の平均反応時間(実験参加者 8 人)	49
4.5	実験 3 の平均反応時間(実験参加者 3 人)	49
4.6	Mental Expansion の照合プロセス	52
4.7	Mental Expansion を含む認知モデル	54
5.1	ワーキングメモリモデル	57
5.2	ワーキングメモリ分析実験の実験系	59
5.3	ワーキングメモリ分析実験のタイムチャート	61
5.4	チェッカー刺激	62
5.5	視線移動課題での誤認識数	63
5.6	チェッカー刺激での誤認識数	63
5.7	課題なしでの誤認識数	64
5.8	A グループの誤認識数の代表例	65
5.9	B グループの誤認識数の代表例	65
6.1	自動車用表示装置の照合プロセス	69

第 1 章

序論

1.1 研究背景

1.1.1 自動車用 AR 表示装置への歴史

世界で初めて作られた自動車は、1796 年にフランスで作られた蒸気自動車である「キュニョーの砲車」とされている⁽¹⁾。当初は情報を表示する装置というものはなく、一切の情報を体感によって得ていた。

自動車の歴史の中で、情報を表示するための計器類が登場したのは 1900 年台の初めである。オイルや圧力などを表示するメータが、ステアリングポストの下部に設置されていた。

その後、メータの位置はドライバにとって見やすいように変移し、1938 年以降、今日において一般的なインストルメントパネルと一体化して装着する形が見られるようになった⁽²⁾。図 1 に自動車用表示装置搭載位置の歴史を示す。

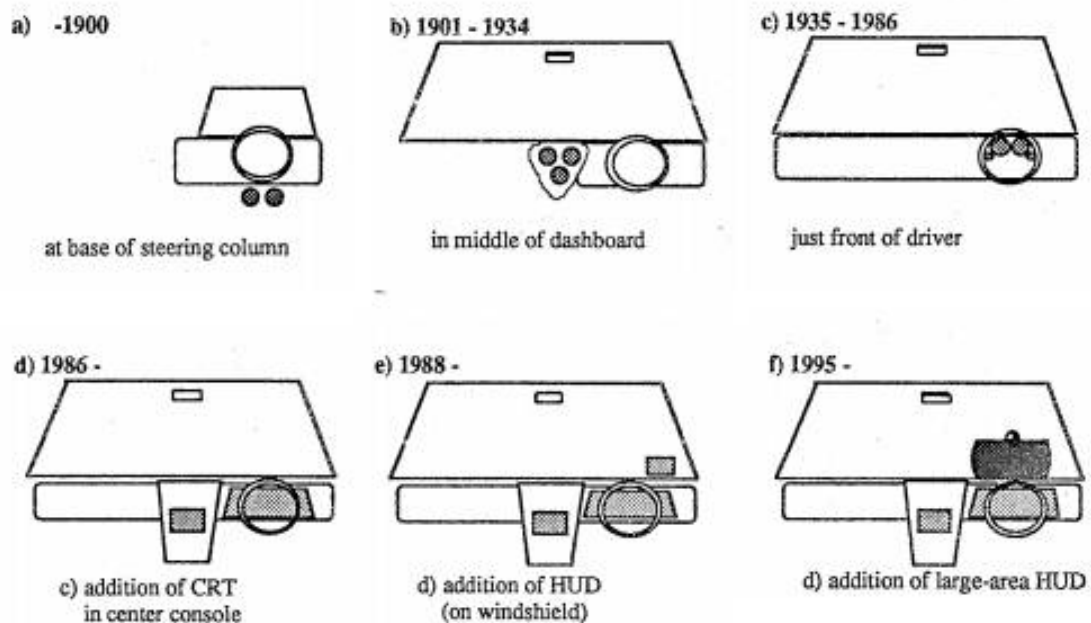


図 1.1 自動車用表示装置搭載位置の歴史⁽²⁾

技術の発展によって、自動車用表示装置の形態も大きく変化をした。これまで機械式であったメータ類を電子化したものも増え、デジタル表示のスピードメータ等も見られるようになった。しかしながら、このようなデジタルメータは従来型の機械式メータと比べてさほど有用性に変化はなかった。表示装置の進歩にコンテンツの進歩が追いついておらず、電子化による自由度の増加を持て余していたと考えられる。

自動車用表示装置の表示項目が大きく変化したのは、世界で初めてCRT(ブラウン管)を用いた自動車ナビゲーションシステムが登場した1981年であった。図1.1は世界初のナビゲーションシステムであるホンダ・エレクトロ・ジャイロケーターである。



図 1.2 本田技研工業：ホンダ・エレクトロ・ジャイロケーター(1981)⁽³⁾

ナビゲーションシステムのような装置の広がりには、ドライバにとって有用な情報は車内よりも車外に存在するということを示唆しているといえる。

安全かつスムーズな運転をするためには、自分がどこにいるのか、周囲に何があるのか、目的地までどのように行けばいいのか、といった情報を収集し判断をする必要がある。電子化・情報化による表示の自由度の増加は、主に自動車を取り巻く車外情報を呈示するために使用されるという方向で進化を遂げる

こととなった。

車外情報の中でも自動車において最も緊急性の高い情報は進行方向の情報、即ち前景情報であると考えられる。例えば、夜間や雨天などで見えにくい物体について注意を促す、あるいは次の十字路で右方向へ曲がる必要があることなどを知らせることによりドライバは余裕をもった安全な運転を行うことができる。今日においてよく見られる前景内の何らかのオブジェクトを指示する表示形態を本論文では「指示表示」と呼ぶことにする。

指示表示は、従来のヘッドダウンディスプレイ(自動車のセンターコンソール部に表示装置が設置されたもの、頭を上げたままのヘッドアップディスプレイに対してヘッドダウンディスプレイということがある)だけではなく、ヘッドアップディスプレイでも、ナビゲーションなどの経路や建物案内などが存在している。

指示表示は直感的に理解しやすい表示形態として、ナイトビジョンや車間距離表示のように安全性の面からドライバを補助するコンテンツでは勿論の事、ナビゲーションにおいても応用されており、今後ますます展開していくと考えられる。図 1.1 はナイトビジョンでの指示表示の例である。夜間に確認しづらい歩行者を黄色い枠線で示すことで注意を促している。



図 1.3 本田技研工業：インテリジェントナイトビジョン(2007)⁽⁴⁾

表示装置自体の進化の代表として、現在では広く使われるようになってきたものの一つに自動車用ヘッドアップディスプレイが挙げられる。

元々、ヘッドアップディスプレイは戦闘機での照準合わせや離着陸の補助として用いられていた⁽⁵⁾。それが自動車に搭載されたのは 1988 年のことである。図 1.3 は世界初自動車用ヘッドアップディスプレイの表示像である。ヘッドアップディスプレイは表示像の呈示位置が前景中に存在するため、従来の表示装置のように前景から視線を落とすことがなく素早く情報を確認できる。



図 1.4 世界初の自動車用 HUD，日産：シルビア(1988)

「表示像と車外情報が同時に視認可能」という特徴は、単純な視認性の向上をもたらすに留まらず、表示コンテンツの自由度をさらに増大させる可能性を示した。

ヘッドアップディスプレイを使って指示表示のコンテンツを表示した場合、実前景の端に、縮小した前景(あるいは前景を模した画像)を表示し、その中でオブジェクトを指し示すというのが従来の形式であった。しかし、近年、自動車用表示装置に、VR(Virtual Reality)技術から派生したといわれる AR (Augmented

Reality)技術を応用した表示システムが提案されている。

AR は現実の世界に虚像の表示情報を付加する手法であり，指示表示では前景中の道筋を矢印で示す表示像を付加する例や視認しづらい人影を枠線で指示強調する表示像を付加する例がよく知られている。

フロントガラス内表示という観点からは，自動車用ヘッドアップディスプレイの変形とも見ることができるが，表示像の位置を，丁度前景中のオブジェクトの近傍に表示することが従来の自動車用ヘッドアップディスプレイとは大きく異なっている。

図 1.5 はヘッドアップディスプレイ(HUD), ヘッドダウンディスプレイ(HDD), AR 表示装置での，ナビゲーションにおける指示表示の例である．AR 表示装置では前景内にオブジェクトを直接的に指し示す矢印のみを表示するのに対して，従来の表示装置では指示用表示像(矢印等)と共に，簡略化した前景パターンをも同時に呈示する。

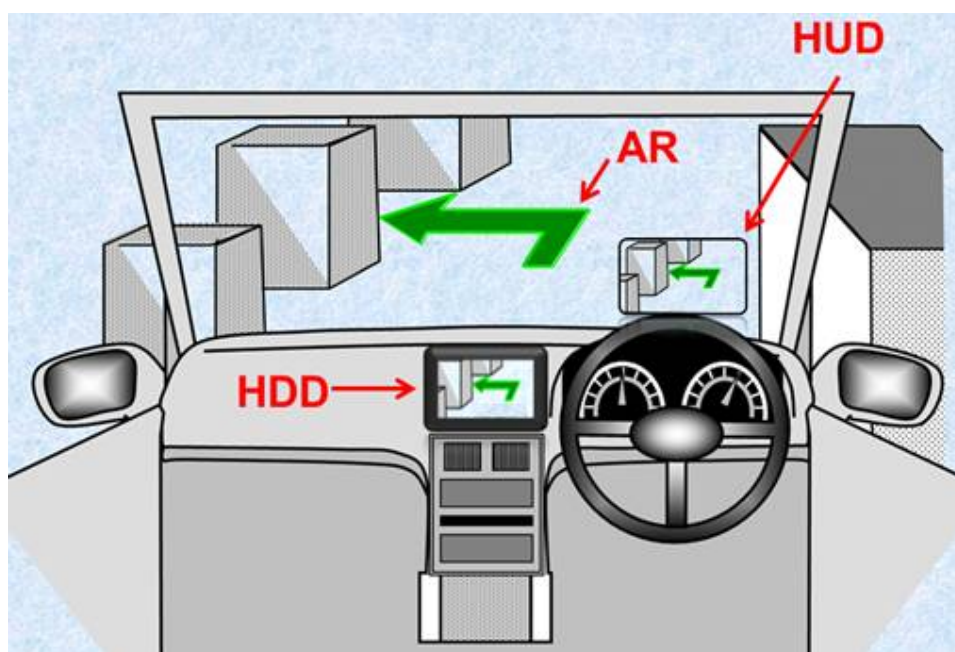


図 1.5 各表示装置の例

AR 表示はドライバから見た表示像までの視距離やフロントガラス内の表示像位置が，前景 3 次元空間の中で当該オブジェクト近傍と位置づけられており，指示表示が当該オブジェクト近傍であることが必然である点が，従来の車速情報表示や種々の警報の応用とは異なっている．すなわち，前景情報と表示像に

よる付加情報が有機的に関連し合っって新たな情報をドライバに与えている点で、次世代の自動車用表示装置の有力な候補となるといわれている。

自動車運転時において指示表示型コンテンツを確認しながら運転をする場合、ドライバは表示装置の情報を参照し、前景と照合して、指示されたオブジェクトを探索すると考えられる。

自動車用表示装置の分野では、表示装置の視認性の向上に関する取り組みが多く行われてきた⁽⁶⁾⁽⁷⁾。しかし、指示表示においては「前景と表示像との照合」というプロセスが存在するため、認識応答性の向上を考えるならば、表示装置の視認性だけではなく、いかにしてこの照合プロセスをスムーズにするかが重要であると言える。AR表示装置での応用を考える上でも、表示装置のどのパラメータが照合プロセスのどの過程にどのように影響するのを解明することで人間の認知特性に合わせた安全で快適なシステムを実現できると思われる。

1.1.2 これまでの研究

岡林らは、指示表示を用いた実験において、従来から自動車用表示装置として使われてきたヘッドダウンディスプレイとヘッドアップディスプレイの反応時間(表示情報読み取り時間)を比較し、ヘッドアップディスプレイはヘッドダウンディスプレイよりも短時間で表示情報を認知できることを明らかにした⁽⁸⁾。

この結果は、表示装置の俯角の違いによってもたらされた視線移動時間の差であると推測され、前景と表示像との照合プロセスにおいては、眼球運動が反応時間に大きく寄与することを示すものであった。図 1.3 はヘッドアップディスプレイ(HUD)、ヘッドダウンディスプレイ(HDD)の俯角の違いを表す図である。

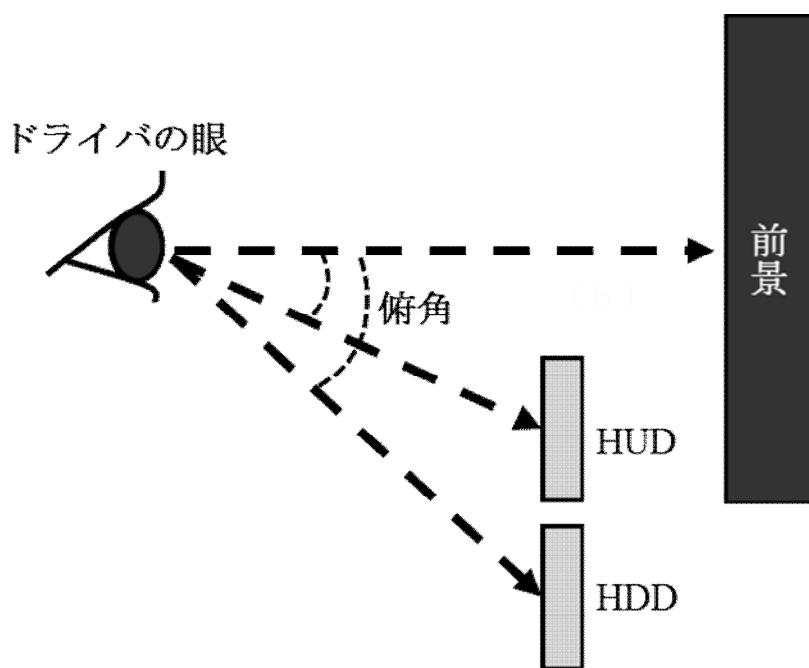


図 1.6 表示装置の俯角の違い

また、顔画像を用いたマッチング実験では、記憶する画像のサイズの違いで反応時間に差が現れたことから、指示表示での照合プロセスにおいても、両者の縮尺の差によって反応時間が変化する可能性が示唆されている⁽⁹⁾。

前景と表示像の対応付けは、表示像を実前景の形状に近づけることで容易になると考えられる。

市販のナビゲーション装置においても、建物の配置などを詳細に描写したり、CG とカメラで取り込んだ前景画像を重ねて表示したりするなどといった工夫

がなされている。

これは表示像と実全景の視覚情報の一致する特徴を増加させることで対応付けを容易にする狙いがあるのではないかと考えられる。

しかし、表示像エリアの縮尺による影響はこれまでに考えられておらず、表示像と実前景の縮尺を一致させることが重要な特性であるという指摘はなされていない。

このような先行研究の結果を考慮すると、AR 表示装置は前景エリアと表示像エリアを完全に重畳させていることから、前景と表示像との俯角差や縮尺差が存在せず、極めて認識応答性に優れた表示方式であると考えられる。

1.2 用語の定義

本論文で用いる主な用語について以下に定義する.

(1) ヘッドアップディスプレイ : Head Up Display(HUD)

前方視野内に情報を映すことで顔を上げたまま表示情報を認識することができる表示装置. 本論文では, 特に AR 表示装置以外の自動車用ヘッドアップディスプレイのことを指す. AR 表示装置を第二世代 HUD とするならば第一世代 HUD とも言える.

(2) ヘッドダウンディスプレイ : Head Down Display(HDD)

ヘッドアップディスプレイに対して, 顔, あるいは視線を下げて表示情報を確認する従来の表示装置. 本論文では, 特に自動車用ヘッドダウンディスプレイのことを指す.

(3) AR (Augmented Reality) : 拡張現実

現実の環境にリアルタイムで仮想情報を付加することで, 現実の一部を改変したかのように体感できる技術.

(4) AR 表示装置 : Augmented Reality Interface Systems(ARIS)

AR(Augmented Reality)を応用したヘッドアップディスプレイの一種であり, 本論文では, 特に自動車用 AR 表示装置のことを指す.

(5) 指示表示

本論文では, 自動車用表示装置を用いて, 前景内の何らかのオブジェクトを指示する表示形態を指示表示と仮に呼ぶこととする.

(5) 画角

本論文では, 表示装置等の見かけ上の大きさを表現するため, 対角線の視角サイズを画角と表現した.

1.3 研究目的

安全で合目的的な運転を実現するには、ドライバは短い時間で表示された情報を確認しなければならない。このため、自動車用表示装置に求められる特性は、表示情報を短時間で正確に認識できることであり、この特性において AR 表示装置は従来の表示装置よりも優れていると予測される。

本研究では、近年注目を集める自動車用 AR 表示装置のインタフェースに着目し、ヘッドアップディスプレイやヘッドアップディスプレイなどの従来の表示装置と AR 表示装置を比較評価し、その表示情報認知に関わる要因を解析するとともに、人間の認知システムに適した自動車用表示装置を設計する上での知見を示すことを目的とした。

1.4 本研究の構成

第 1 章では, 研究背景として自動車用 AR 表示装置に至るまでの歴史と従来のヘッドアップディスプレイやヘッドダウンディスプレイとの違いを示し, 自動車用表示装置の認知特性に関する先行研究を紹介した. また, 本研究の目的が自動車用 AR 表示装置の評価と解析によって, 人間の認知特性に適した自動車用表示装置の設計のための知見を示すことであることを述べ, 研究の構成を示した. 最後に, 倫理委員会による承認を受けていることを明記した.

第 2 章では, 従来のヘッドアップディスプレイやヘッドダウンディスプレイと AR 表示装置を比較評価する実験を行った. 評価項目は, 表示情報の反応時間, 情報認知の正確さ, 表示情報や前景情報の複雑さへの対応性の 3 項目である.

結果として, その全てにおいて AR 表示装置が優れた特性を示すことが分かった. 中でも反応時間はヘッドダウンディスプレイよりも 40~50%ほど短縮された. また, AR 表示像は前景と視距離を合わせ, 三次元的に完全に重畳することでより正確に情報を認知できることが示された.

第 3 章では, AR 表示装置の優位性の要因と思われる視線移動量, 視距離調節量, 前景エリアと表示装置エリアの縮尺差による照合負荷の 3 つを詳細に解析した. また, 実際の自動車環境を想定した広域での視野範囲における AR 表示装置の優位性を検証し, 一般的なセダン乗用車のフロントガラス内全前景エリアにおいて, AR 表示装置は従来のヘッドダウンディスプレイやヘッドアップディスプレイよりも反応時間, 複雑さへの対応性に優れていることが分かった.

また, AR 表示装置の反応時間は前章と同じくヘッドダウンディスプレイよりも 40~50%短縮された.

さらに, 自動車用表示装置は表示像の俯角差, 視距離差によって反応時間が遅延することが検証結果から明らかになった. しかし, 縮尺差による遅延は AR 表示装置の特殊な照合プロセスが関係する可能性があり, この実験では解析することができなかった.

第 4 章では, 反応時間に関わる他の要因を可能な限り排除した条件で, 前景エリアと表示像エリアとの縮尺差による反応時間の遅延のみを検証した. その結果, 従来のヘッドアップディスプレイにおいても前景と表示像の縮尺差によって反応時間が遅延することが示され, AR 表示装置の照合プロセスの特性とは別の要因として, 前景と表示像の縮尺差のみによる影響が明らかになった.

次に, 縮尺差による反応時間遅延がメンタルイメージを心的に拡大・縮小す

るような認知過程で引き起こされると仮説を立て、自動車用表示装置の認知モデルを考察した。

最後に、実験結果の実用上の問題を吟味し、実際の自動車運転時においてはドライバの安全性や快適性を保証することが重要であり、表示装置や運転環境などによって最適に設定する必要があることを述べた。

第5章では、照合課題と妨害課題による二重課題実験を行い、指示表示における照合プロセスにおいて、ドライバは主に空間的情報を記憶し、メンタルイメージを作成していることを示した。

従来のヘッドダウンディスプレイでは、視線移動などの記憶妨害効果が存在し、ヘッドアップディスプレイにおいても、記憶容量や保持時間が認識応答性に影響する点は同様である。しかし、AR表示装置では妨害効果を受けることなく瞬時に運転操作を決定することができる。自動車用表示装置における認識応答性において、ワーキングメモリ妨害効果という視点を新たに加え、この視点からもAR表示装置の優位性が示された。

第6章では、本研究の成果として三つの項目にまとめた。1つめは、表示情報の読み取り時間、情報認知の正確さ、表示情報や前景情報の複雑さへの対応性においてAR表示装置が優れており、中でも読み取り時間は40～50%ほどヘッドダウンディスプレイより短縮されること。

2つめは、その優位性の要因が前景と表示像の俯角差、視距離差、縮尺差、さらにワーキングメモリの妨害効果を受けないためであること。

3つめは、自動車用表示装置の指示表示における、5段階の認知過程からなる照合プロセスモデルの提案である。

さらに、これらの成果から人間の認知システムに適した自動車用表示装置の指針を示し、実用上の観点からAR表示装置の設計を考察した。

1.5 倫理委員会等による承認

本研究は名城大学における人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を得ており、全ての実験の参加者には事前に十分な説明を行い、同意を得たことを明記する。

第 2 章

自動車用表示装置の比較評価

2.1 はじめに

自動車用表示装置で表示するコンテンツは様々な形式が考えられる．ここでは，AR 表示装置の「現実のオブジェクトと表示情報が深く結びつく」という特性を考慮して，指示表示の形態に評価するコンテンツを絞った．

前述したように，指示表示では前景と表示像との照合プロセスが存在する．この照合プロセスにおいて，ドライバは表示情報と前景との間で視線を移動し，視距離を調節し，さらに縮尺差の調節を行っていると考えられる．

これらの観点を考慮し，本章では次の 4 種類の表示装置について比較評価の実験を行い，AR の優位性を定量的に示すことを目的とした．

比較する表示装置は，ヘッドダウンディスプレイ，ヘッドアップディスプレイ，AR 表示装置，そして pseudo-AR である．

pseudo-AR は二次元的には前景オブジェクトと重畳するが，前景と表示像の視距離が異なっているという点において通常の AR 表示装置と異なる，いわば擬似的な AR 表示装置といえる．これは，プロジェクタなどのハードウェア製作の観点からは比較的現実解に近いカテゴリと考えられるからである．

2.2 方法

指示表示を用いて，ヘッドダウンディスプレイ，ヘッドアップディスプレイ，AR 表示装置，pseudo-AR を比較評価する実験を行った．

評価項目は，表示情報の認知にかかる時間，情報認知の正確さ，および，表示情報や前景情報の複雑さへの対応性の 3 項目であり，それぞれ個別の実験を行った．

2.2.1 装置

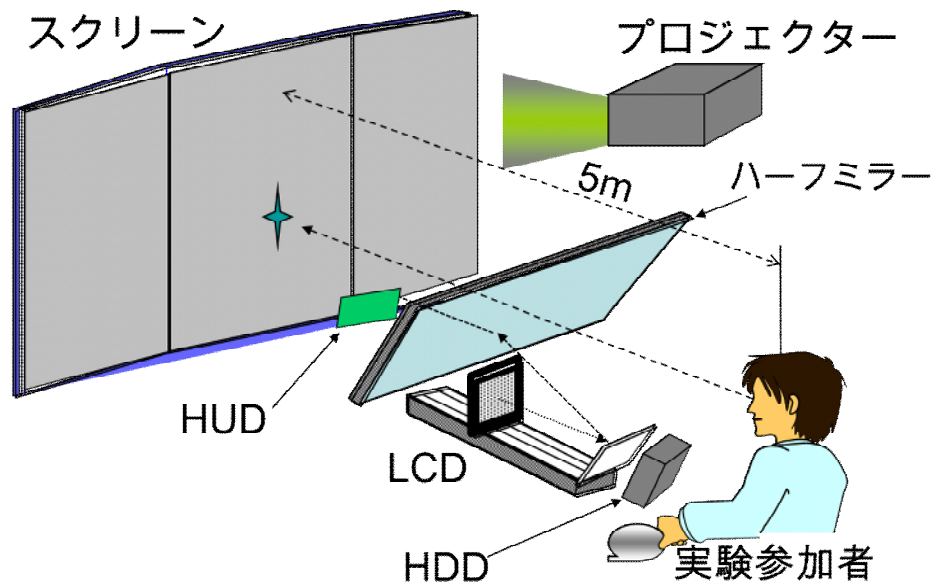


図 2.1 比較評価実験の実験系

図 2.1 に実験系を示す．視角 $20^{\circ} \times 75^{\circ}$ のスクリーンを前景としてドライバから 5m の位置に設置し，虚像によってヘッドアップディスプレイの表示像を作成するハーフミラーは虚像が約 2m の位置に呈示するように調節した．pseudo-AR の表示像も同様に視距離約 2m である．ヘッドダウンディスプレイはドライバから 0.75m の位置に設置した．

ヘッドアップディスプレイとヘッドダウンディスプレイは，ともに 7 インチ相当の表示エリアを有し，表示面位置の俯角はドライバの目からそれぞれ約 0° ，約 20° となるようにした．

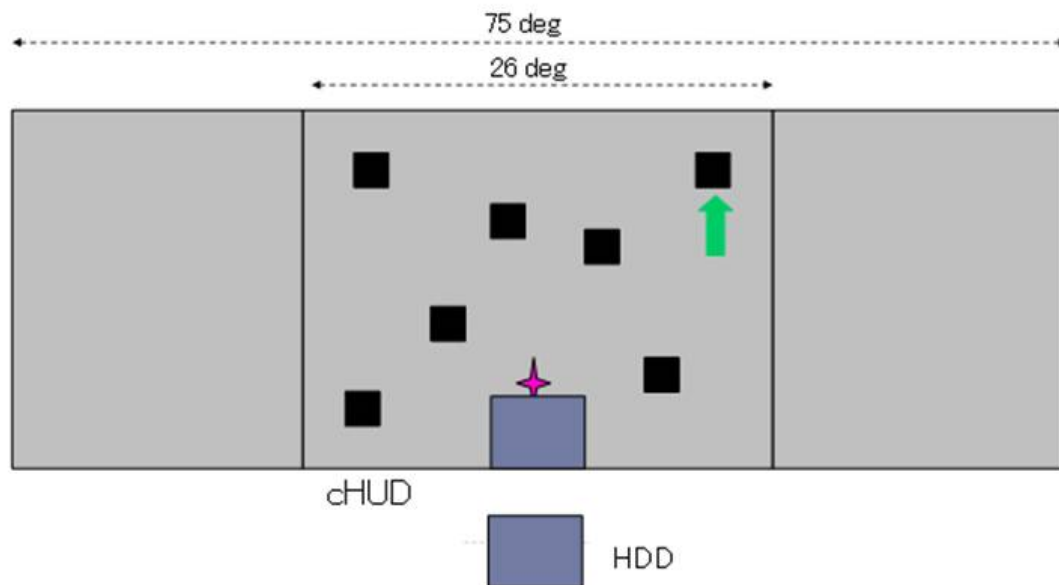


図 2.2 反応時間評価における表示例

反応時間評価では AR 表示装置，pseudo-AR，ヘッドアップディスプレイ，ヘッドダウンディスプレイの全てについて実験を行った。

図 2.2 は反応時間評価における実験系の前景スクリーンの表示例である。

前景視標は前方視野 $20^{\circ} \times 26^{\circ}$ の範囲(高速道路 60m 前方の車線程度)に 7 つランダムな位置に呈示し，AR 表示装置では表示視標として緑色の矢印を用いた。

ヘッドアップディスプレイとヘッドダウンディスプレイでは前景と同じ配置の 7 つの視標とターゲットを指示する矢印を表示した。これらは運転時において注意が必要な車両や人物などを指示表示によって指し示す状況を想定したものであり，視標は 100m 遠方の小型車後面サイズを模して視角約 1.2° の方形とし，矢印は高さ 1° 幅 0.2° の緑色とした。視標はすべての表示装置で同じ視角になるよう調整した。また，実験参加者の正面，眼の高さに固視点を示す十字形を表示した。

実験参加者は，実際の自動車運転時における指示表示と同様に，矢印によって示したターゲットを前景から探索しマウスクリックによって同定する。視標呈示からマウスクリックまでの時間を計測とした。

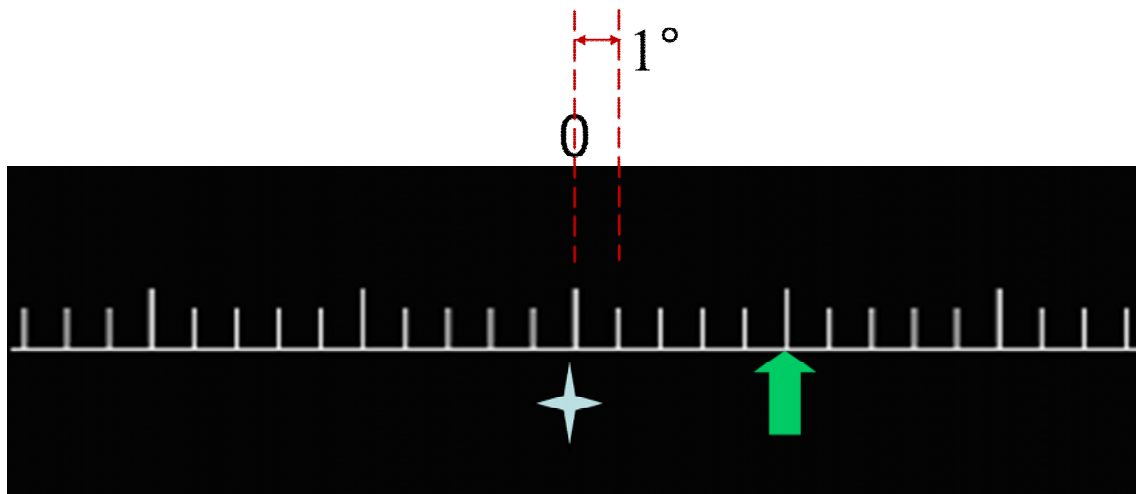


図 2.3 正確さ評価における表示例(正確さ観測用 1° スケール)

表示情報認知の正確さ評価では、認知特性の優れる AR 表示装置と pseudo-AR について実験を行った。

実験装置や手順、および実験参加者は反応時間評価とほぼ同様であるが、前景視標は呈示せず、図 2.3 に示すように 1 度目盛りを有するスケールを輝度 2 cd/m^2 から 8 cd/m^2 で呈示した。AR および pseudo-AR の表示像は、高さが視角 1° 、幅 0.2° 、輝度 2 cd/m^2 から 8 cd/m^2 の緑色矢印を用いた。

表示像である緑色矢印は、ほぼスケール近傍に等頻度で 1 個、または 2 個呈示し、実験参加者には存在する視標位置を全て口頭で報告することを求めた。表示像の位置を提示した位置の 0.5° 以内の精度で読み取れた場合のみを正答とし、正答率で評価した。

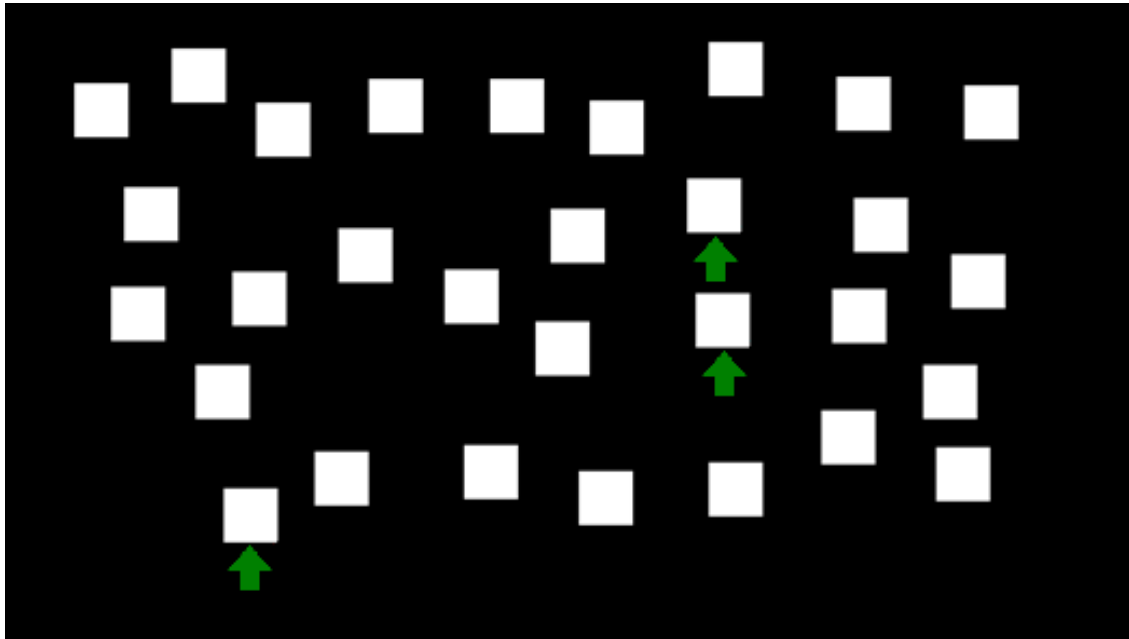


図 2.4 複雑さ評価における表示例(視標数 30, ターゲット数 3)

複雑さへの対応性評価では, AR 表示装置とヘッドアップディスプレイの実験を行った. 実験装置や手順は反応時間評価とほぼ同様であるが, 視標数を 2 個, 7 個, 30 個の 3 条件, 指示するターゲットの数を 1 個, 2 個, 3 個の 3 条件にそれぞれ変化させて反応時間を計測した. 図 2.4 は視標数 30, ターゲット数 3 の場合の表示例である.

全実験は, 前景視認が最も困難とされる薄明視条件⁽⁸⁾となるよう照度約 2lx 以下の暗室環境で行い, オブジェクトの輝度は表示装置に関わらずすべて $2\text{cd}/\text{m}^2$ から $8\text{cd}/\text{m}^2$ とし, 背景は $0.15\text{cd}/\text{m}^2$ である.

2.2.2 実験参加者

反応時間評価および情報認知の正確さ評価における実験参加者は運転免許を有する 20 代の男女 5 名である. また, 複雑さへの対応性評価ではそのうちの 2 名が参加した.

2.2.3 手続き

眼の暗順応を考慮し，実験参加者は実験前に 20 分以上，暗室で待機するものとした．

最初の Beep 音と共に固視点が呈示され，実験参加者にはこれを 1 秒間注視することを求めた．固視点の呈示から 1 秒後に前景と表示像が呈示される．

その後，指示表示によって指し示したターゲット視標を前景視標群から選択し，これをマウスクリック(正確さ評価では口頭で回答)するまでの時間を反応時間とした．

図 2.5 にタイムチャートを示す．この行程を 1 試行として，1 条件につき 100 回から 300 回程度繰り返した．また，実験開始前には 40 回程度の予行練習を行った．

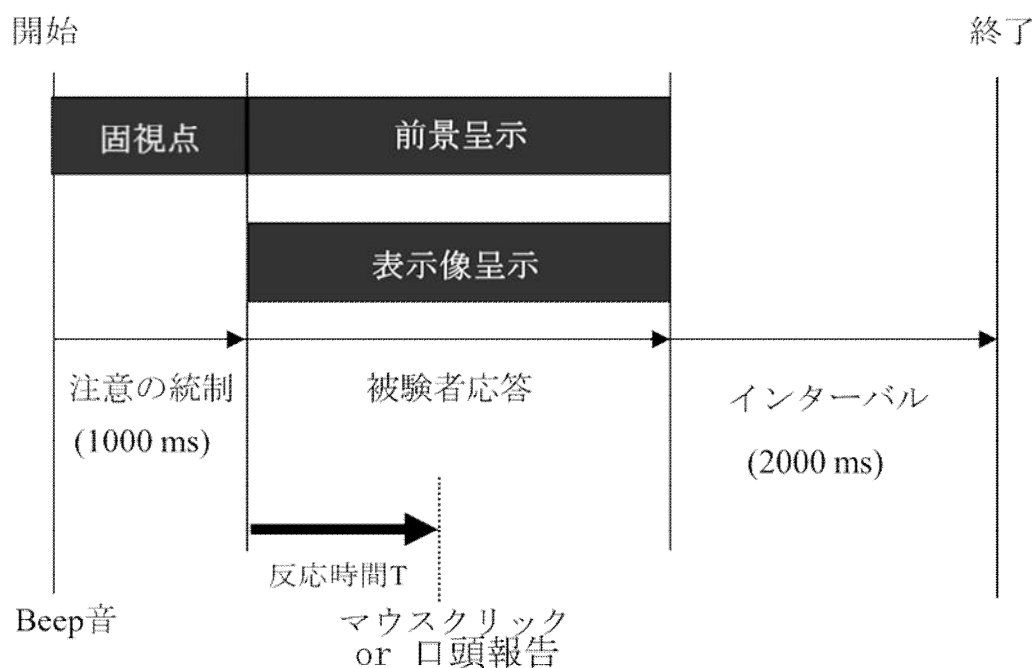


図 2.5 比較検証実験のタイムチャート

2.3 結果

2.3.1 反応時間

誤認識率は3%以下と少なかったため、反応時間は正答した場合のみについての100試行をデータとした。5名の実験参加者ごとに表示装置の種類を変えて反応時間Tを計測し、それぞれ100試行の平均反応時間 T_m を求めた。表2.1に実験結果を示す。Tukey法による多重比較検定の結果、全実験参加者において、ARとpseudo-ARの対以外の全ての表示装置の対の反応時間に有意差が見られた($p<0.01$)。ARとpseudo-ARの間には有意差は見られなかった。なお、nはデータ数、 T_m は平均値、SDは標準偏差である。

表 2.1 表示装置ごとの平均反応時間と標準偏差(実験参加者 5 名)

実験 参加者	AR n=100		pseudo-AR n=100		HUD n=100		HDD n=100	
	$T_m(s)$	SD(s)	$T_m(s)$	SD(s)	$T_m(s)$	SD(s)	$T_m(s)$	SD(s)
S1	1.16	0.19	1.17	0.16	1.56	0.23	1.73	0.24
S2	0.97	0.20	1.07	0.23	1.58	0.26	1.95	0.25
S3	1.15	0.18	1.25	0.21	1.67	0.38	1.97	0.34
S4	1.04	0.13	1.02	0.13	1.66	0.38	1.50	0.22
S5	1.07	0.19	1.06	0.18	1.47	0.32	1.50	0.23
有意差		Tuekey の多重比較 * $P<0.01$,						
		*1 AR と pseudo-AR,						
		*2 AR と HUD,						
		*3 AR と HDD,						
		*4 pseudo-AR と HUD,						
		*5 pseudo-AR と HDD,						
		*6 HUD と HDD						

本実験での1試行における被験者の動作を、直列的なモデルとして記述すると以下の動作に分類できる。

- ①表示像・前景視標の認知
- ②マウスのスタート
- ③マウスの移動
- ④マウスの停止
- ⑤マウスクリック操作

この内、実験機器に依存する②から⑤の行程の時間を反応時間から引くことで、被験者が認知する時間 T_c を求めることができる。マウスのスタート、移動、停止の3項は、移動の始点から目標視標までの移動距離、および目標視標の大きさに依存する項と考えられる。Fitts や MacKenzie は、マウス操作についてよく知られている(2.1)式の Fitts の法則⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾を提案している。

$$T = a + b \log_2(D/W + 1.0) \quad \cdot \cdot \cdot (2.1)$$

ただし T は反応時間、 D はマウスの移動距離、 W は視標サイズ、 a 、 b は定数である。図 2.6 は実験参加者 S1 の AR 表示装置における、100 試行の反応時間と $\log_2(D/W + 1.0)$ とをプロットし、回帰直線を求めた図である。

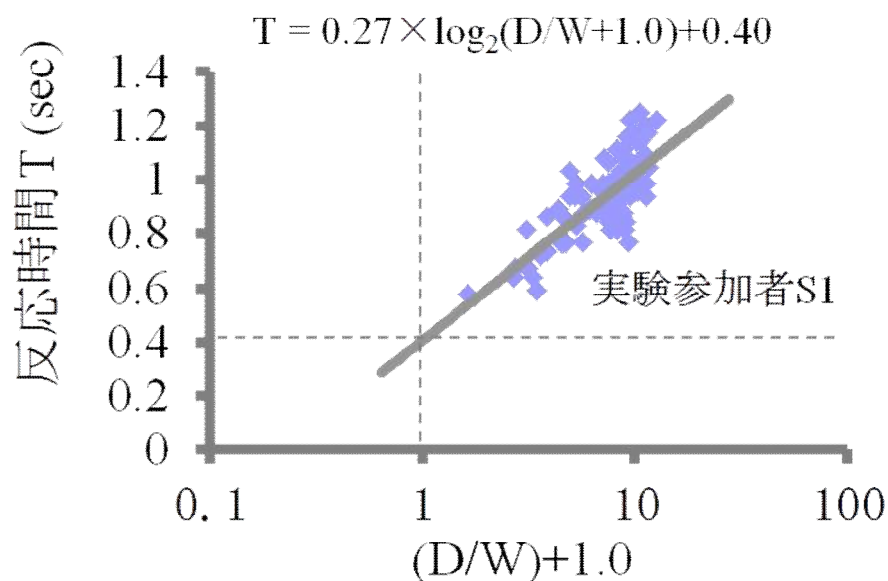


図 2.6 実験参加者 S1 の反応時間と回帰直線

式(2.1)を適用し $\log_2(D/W+1.0)$ となる条件で、 T を外挿して求めると、実験参加者 S1 についてのマウスの移動距離や視標サイズに直接関わらない反応時間が求められる。実験の性質上、平均反応時間 T_m はマウスの移動距離や視標サイズに直接関わる平均的反応時間 T_D と認知時間 T_C 、さらにマウス操作を行う時間 T_R の和で表現できると考えられる。

前景視標は、全ての表示装置において試行ごとにランダムな位置に呈示される。従って 100 回の試行回数が十分に大きいと見做すと、全ての表示装置の評価実験で、平均的反応時間 T_D は近似的に同じ時間と見做すのが自然であると思われる。これを仮定すると、それぞれの表示装置でマウスの移動距離や視標サイズに直接関わらない反応時間 T_C+T_R が算出できる。さらに、実験参加者ごとの単純反応時間(視標を見たらその場で即座にクリックする)の平均値を求め、これを T_R として式(2.2)に代入して認知時間 T_C を求めた。

$$T_m = T_C + T_D + T_R \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad (2.2)$$

図 2.7 に認知時間 T_C の計算結果を示す。

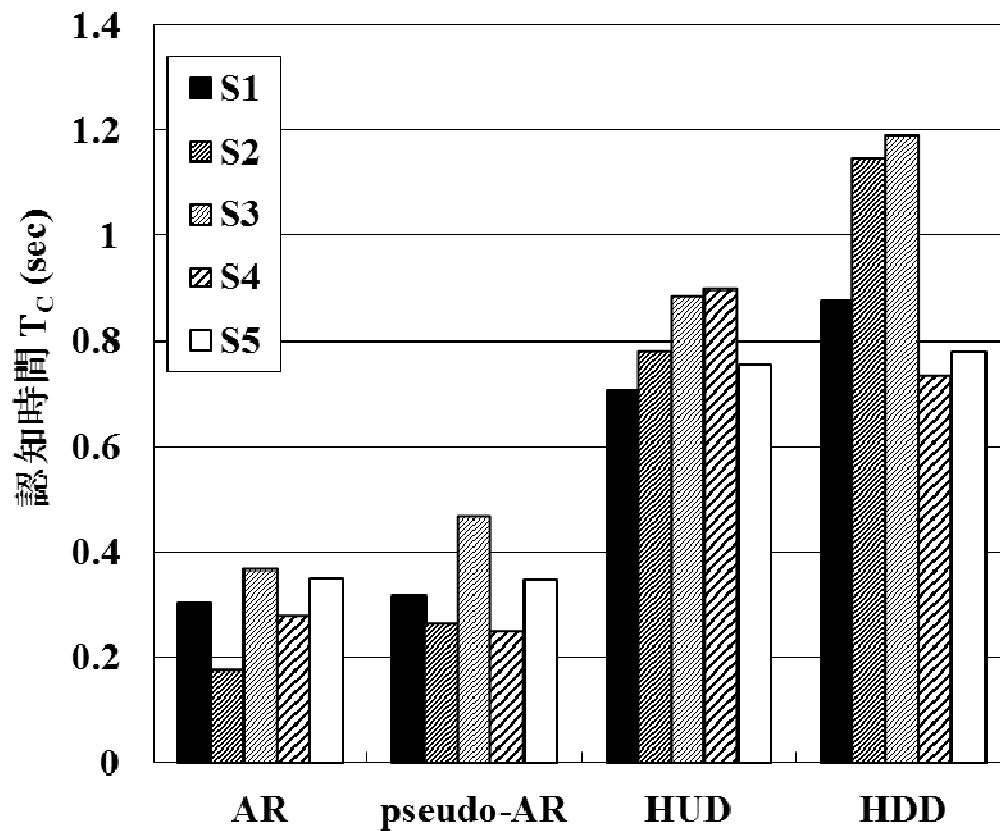


図 2.7 表示装置ごとの認知時間 T_c (実験参加者 5 名)

AR表示装置の認知時間はヘッドダウンディスプレイと比べて40%から50%ほど短いことがわかった。また、AR表示装置の二種(AR, pseudo-AR)と、従来の表示装置(ヘッドダウンディスプレイ, ヘッドアップディスプレイ)では認知時間に大きな差が存在した。

2.3.2 情報認知の正確さ

表 2.2 に正答率の結果を示す.

表 2.2 正確さ検証実験の正答率

表示装置	正答率	(平均	SD)
pseudo-AR	30%以下	(18%	5)
AR	100%	(100%	0)

全ての実験参加者において AR 表示装置の正答率は 100%となり, pseudo-AR では最も良好な実験参加者でも 30%と低い. これは, 表示像位置が正確に答えられなかっただけではなく, 表示像の個数の見誤りも含まれている.

前景オブジェクトを正確に指示するためには, 前景と表示像との視距離差がないことが重要な役割を果たすことが分かる.

2.3.3 複雑さへの対応性

ヘッドアップディスプレイでは, 表示視標数が増加すると実験参加者は一度に覚えることができず, 表示情報を複数回確認する. このため実験中に視線を表示装置と前景との間を反復させる頻度が高くなる. 表示視標数が増加した場合の反応時間は単純に総合計時間をマウスクリックした回数で割る単純平均をとった. 従って, 反応時間には視線反復時間も含まれている.

図 2.8 に表示視標数と反応時間の関係を示す. 視標数増加に伴い, AR 表示装置の反応時間はそれほど増加していないが, ヘッドアップディスプレイでは反応時間が大幅に増加した.

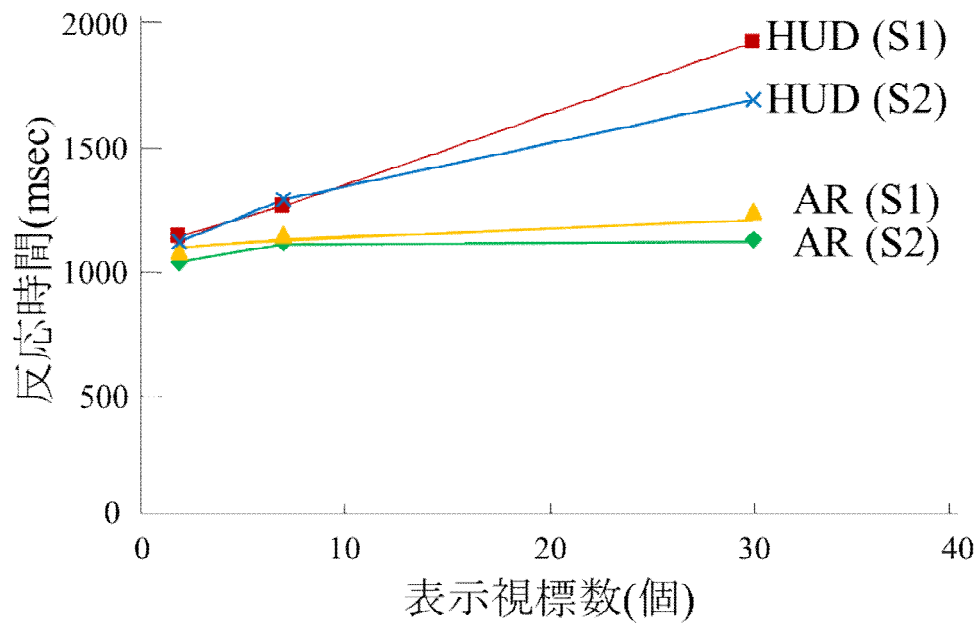


図 2.8 視標数増加に伴う平均反応時間の増加

実験参加者 S1 おける，視標数およびターゲット数ごとの反応時間を図 2.9 図 2.10 に示す．図 2.9 は AR 表示装置，図 2.10 はヘッドアップディスプレイである．

AR 表示装置も視標数が増加するにつれて反応時間が伸びる傾向にあるものの，ヘッドアップディスプレイと比較して変化は小さく，AR 表示装置が表示視標の複雑さにも良好な対応性を示すことが分かる．

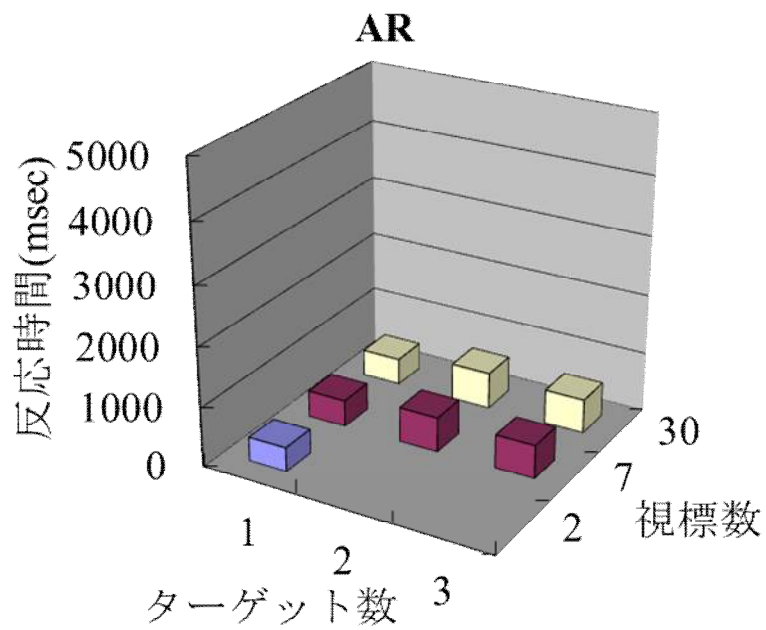


図 2.9 視標数およびターゲット数ごとの反応時間(AR 表示装置)

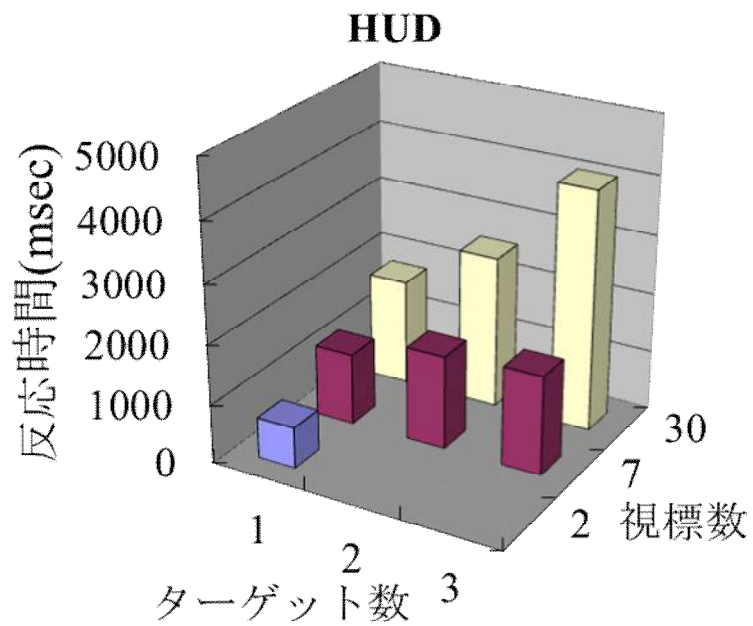


図 2.10 視標数およびターゲット数ごとの反応時間(HUD)

2.4 考察

ヘッドダウンディスプレイとヘッドアップディスプレイは、俯角差および視距離が異なる条件であるため、両者の間の反応時間の差は視線移動や視距離調節などの眼球運動によるものであると考えられる。

また、ヘッドアップディスプレイと AR 表示装置は視距離、縮尺などが異なる条件であるが、さらに AR 表示装置には、前景と記憶した表示情報の対応付けといった照合プロセスの一部が存在しないと思われる。

AR 表示装置がヘッドアップディスプレイやヘッドダウンディスプレイよりも複雑さへの対応性において格段に優れていた理由は、この照合プロセスの一部が省かれたことによって、記憶の容量や保持時間に依存性がないためであると推論される。

また、ヘッドダウンディスプレイとヘッドアップディスプレイの反応時間差よりも、AR 表示装置とヘッドアップディスプレイの反応時間差が大幅に大きいのは、視距離差、縮尺差、照合プロセスの差といった複数の要素が関わっているからであると解釈できる。

自動車用表示装置において視距離が異なる二つの視対象を両眼で見える場合、一方に意識が集中すると、他方が複数の像(二重像)として知覚されることが報告されている⁽¹²⁾。正確さ評価において pseudo-AR の正答率が著しく低かったのは、このような二重像による見誤りが原因として考えられる。また通常、輻輳応答は効き目が先行して移動し、非効き目が追従すると言われている⁽¹³⁾。実験でのプロセスを振り返ると、5m 先の前景固視点を注視した状態から、表示像を確認するために輻輳応答が開始し、注視点は 2m 先の表示像に移動する。次に、表示位置を答えようとして前景のスケールを確認すると、再び注視点が 5m 先に移ってしまい、位置特定が極めて不安定になると考えられる。

仮に意識的に単眼のみで表示像位置を特定するようにしたり、常に効き目側に見える視標だけを答えるたりすることが出来るならば pseudo-AR でも高い正答率を得られる可能性があることを示唆している。

反応時間評価においては、pseudo-AR の誤識率も低く、AR 表示装置との間に反応時間の優位差が見られなかったことを考慮すると、表示像の多少のボケや二重像をある程度許容するかの問題は、pseudo-AR での表示コンテンツに大きく依存すると考えられる。

2.5 まとめ

短時間認識性，正確な情報受容，複雑さへの対応性の3項目において，AR表示装置は従来のヘッドアップディスプレイやヘッドダウンディスプレイよりも優れており，中でも情報を認知するための時間はヘッドダウンディスプレイとくらべて約40～50%程度短くなる．

また，AR表示装置では表示像を2次元的に重畳するだけでは正確な情報受容には不十分な場合があり，前景と視距離を同調させて3次元的に完全重畳する方式で最大効果を引き出すことが出来る．

第3章

反応時間に影響する要因の解析

3.1 はじめに

前章で示した従来のヘッドアップディスプレイやヘッドダウンディスプレイに対するAR表示装置の優位性は、主に3つの要因からなると推測できる。

1つ目は、表示装置の俯角によって生じる視線移動量の差であり、ヘッドダウンディスプレイの設置位置が俯角 20° を想定したものであったため、俯角 0° であるヘッドアップディスプレイやAR表示装置と差が生じたと考えられる。

2つ目は、視距離差の調節である。AR表示装置、ヘッドアップディスプレイ、ヘッドダウンディスプレイの実験参加者からの視距離は、それぞれ 5m, 2m, 0.75m となっており、この差が読み取り速度に影響したと思われる。

3つ目は、前景エリアと表示像エリアの縮尺差である。AR表示装置は前景エリアと表示像エリアが全く同じサイズであると見なすことができるのに対して、ヘッドアップディスプレイとヘッドダウンディスプレイでは7インチモニタ相当の表示像エリアを用いており、前景エリアと表示像エリアを照合する際の負荷に差が出たのではないかと推測される。

しかし、前章で用いた表示装置は俯角、視距離、縮尺のすべてが異なる条件であるため、どの条件がどの程度影響を及ぼすかを明確に解析することができない。

また、ドライバの視野範囲を左右 13° 程度と設定したが、一般的な右ハンドル仕様のセダン乗用車における、フロントガラス内前景視野範囲はおおよそ左 50° 右 20° であり、実用を考えるならば、より広大な視野範囲を想定する必要がある。

俯角 20° の表示装置位置によって視線移動が生じたのであれば、もし仮に左 50° 近くの位置にあるオブジェクトを探索する場合、視線移動や場合によっては頭部運動が必要となることは容易に想像できる。そのような広角での視野範囲を想定した場合、AR表示装置を用いて前景を探索するよりも、従来のヘッドアップディスプレイで位置を確認してから前景を探索の方が素早くオブジェクトを認識できる可能性がある。

本章では以下の2つの項目を目的とした実験を行った。

1つ目は、実際の自動車環境を想定した広域の前景視野範囲におけるAR表示

装置の優位性の検証をすることである。検証項目は、反応時間および、複雑さへの対応性とした。

2つ目は、表示像までの視距離、表示装置の俯角、前景エリアと表示像エリアの縮尺差、それぞれの要因が反応時間に与える影響の解析である。

3.2 方法

指示表示を用いて、AR 表示装置、ヘッドアップディスプレイ、ヘッドダウンディスプレイ、の3つの表示装置におけるドライバの反応時間を計測した。

3.2.1 装置

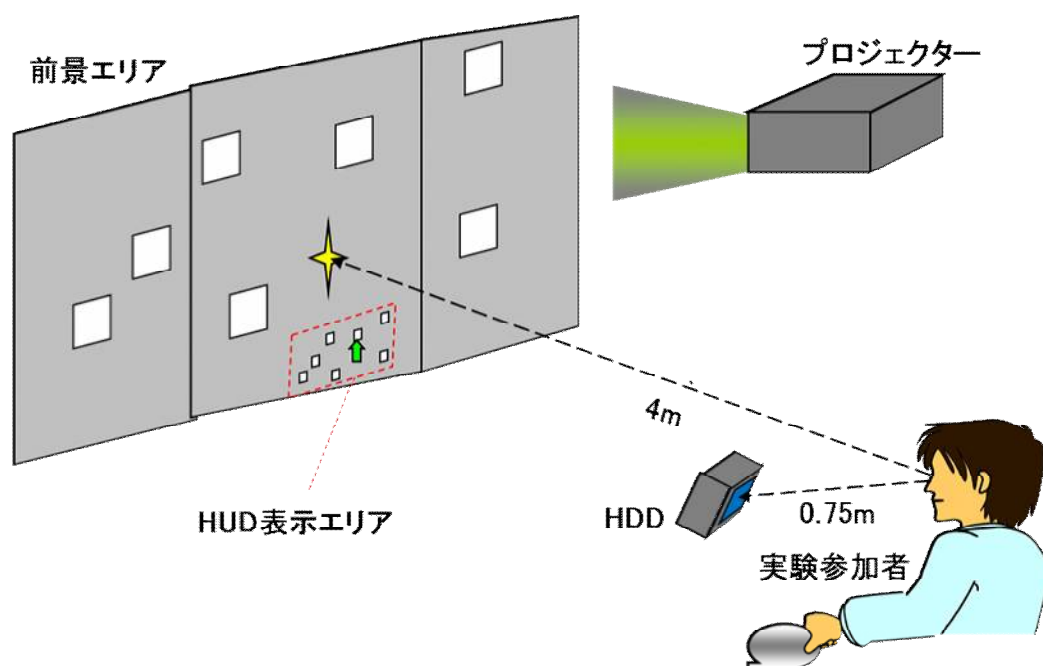


図 3.1 解析実験における実験系

図 3.1 に実験系を示す。

2.5m×1.8m のスクリーンを前景と見立て、前景エリアは一般的な右ハンドル仕様のセダン乗用車の運転席を想定し、右 20° 左 50° とした。

スクリーンは実験参加者を囲むように同じ大きさのものが 3 枚配置されてお

り、スクリーン全域が視距離約 4m となるよう設置した。

ヘッドアップディスプレイは前景と同じ視距離とし、俯角 7.5° と 0° の 2 条件である。俯角 7.5° という数値は、実際の自動車環境では運転者正面のダッシュボード付近に位置しており、自動車用表示装置として一般的に普及している製品を参考にした俯角である。ヘッドダウンディスプレイも同様に、一般的に普及している製品を参考にした 7 インチ液晶モニタを視距離 0.75m に設置し、ヘッドアップディスプレイと同様の俯角 7.5° に加え、 15° 、 30° の 3 条件で試行した。また、ヘッドアップディスプレイは実験参加者から見てヘッドダウンディスプレイと同じ視角サイズになるよう調整し、実験参加者から見た画角(対角線の視角サイズ)はどちらも約 11° である。

前景エリア内に 7 つの視標を呈示し、それぞれの表示装置にも同じ配置の視標を呈示、さらに表示装置にのみターゲットを示す矢印を呈示した。視標は前章の実験と同様に 100m 遠方の小型車後面サイズを模して視角約 1.2° の方形とし、矢印は高さ 1° 幅 0.2° の緑色とした。視標はすべての表示装置で同じ視角になるよう調整した。また、実験参加者の正面、眼の高さに固視点を示す黄色十字形を表示した。

ターゲットの出現位置によっては視線移動等が発生する可能性を考え、ターゲットは予め設定された 35 の座標からランダムで選出されるものとした。

これはデータ解析を容易にするための措置であり、ターゲット出現予定位置は固視点を 0° として 10° ごとに同心円上に配置した。なお、ターゲット以外の視標の配置は予め設定されておらず、ターゲットと重畳しない座標にランダム配置されるものとした。

実験参加者は、実際の自動車運転時における指示表示と同様に、矢印によって示したターゲットを前景から探索し同定する。

また、複雑さへの対応性を検証するため、ターゲット数は 1 個だけではなく、2 個、3 個に変えた条件においても実験を行った。

実験はすべて 2lx 以下の暗室環境で行い、オブジェクトの輝度は表示装置に関わらずすべて $2\text{cd}/\text{m}^2$ から $8\text{cd}/\text{m}^2$ とし、背景は $0.15\text{cd}/\text{m}^2$ である。

3.2.2 実験参加者

ここでデータを紹介する実験参加者は運転免許を有する 20 代男性 2 名である。

3.2.3 手続き

眼の暗順応を考慮し、実験参加者は実験前に 30 分以上、暗室で待機するものとした。

最初の Beep 音と共に固視点が呈示され、実験参加者にはこれを 1 秒間注視することを求めた。

固視点の呈示から 1 秒後に前景とヘッドアップディスプレイ(あるいはヘッドダウンディスプレイ)の指示表示が呈示される。

実験参加者は指示表示で示したターゲット視標を前景の視標群から同定してスペースキーを押し、同時に指示表示が消去される。その後マウスによってターゲットをクリックし、正誤確認をする。

視標呈示からスペースキーを押すまでの時間を計測し、反応時間とした。

これはマウスの移動にかかる時間を排除し、ターゲットを確認した時間のみを正確に計測するためである。

Beep 音からマウスクリックまでの作業を 1 試行として、各ターゲット位置につき 10～30 回行った。1 試行から 1 試行までのインターバルは 1 秒である。

総試行回数は 1 人につき 10000～20000 回ほどであり、3 ヶ月ほどの期間で 1 日数時間の実験を不定期に行った。

予め注意を向ける範囲が変わることによって反応時間に差が生じる可能性があるため、本実験は視野範囲の設定を左 50° ～右 20°、左 20° ～右 20° の 2 条件でデータを取得し、それぞれの条件のデータは個別に扱うものとした。

実験参加者の疲労を考慮し、各条件の実験開始前に十分な休憩を挟んだ。また、順序効果をなくすため、全条件はプログラムによってランダムに選ばれ、決まった順序で行われることはないものとした。

さらに実験開始前には実験参加者が十分に理解できたと考えるまで予行練習を行った。

3.3 結果

図 3.2 に実験参加者 A、図 3.3 に実験参加者 B の視野範囲左 50° ～右 20° における、ターゲット出現位置ごとの反応時間をそれぞれ示す。

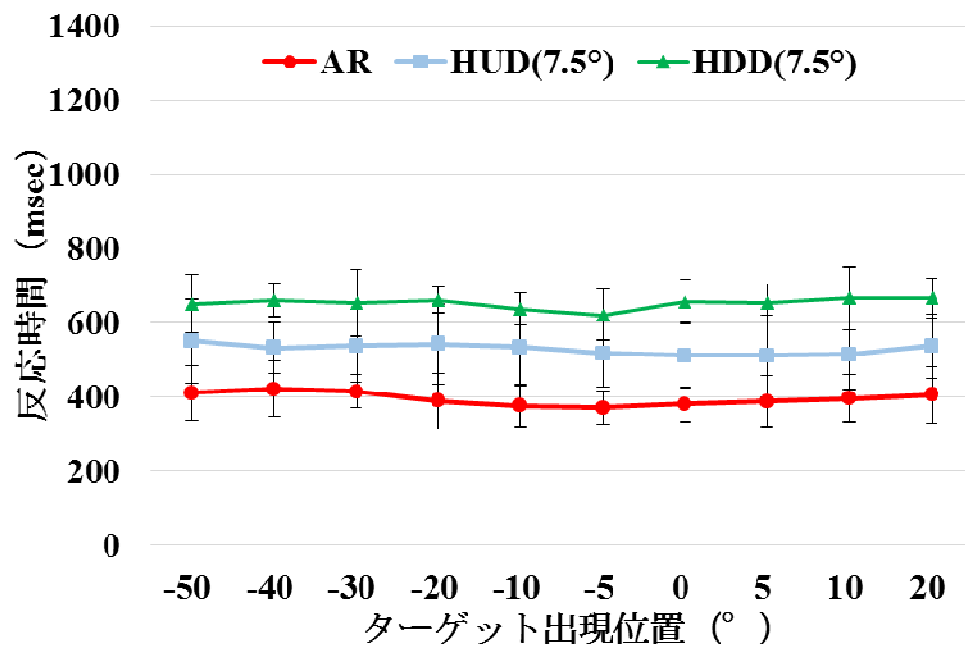


図 3.2 ターゲット出現位置ごとの反応時間(実験参加者 A)

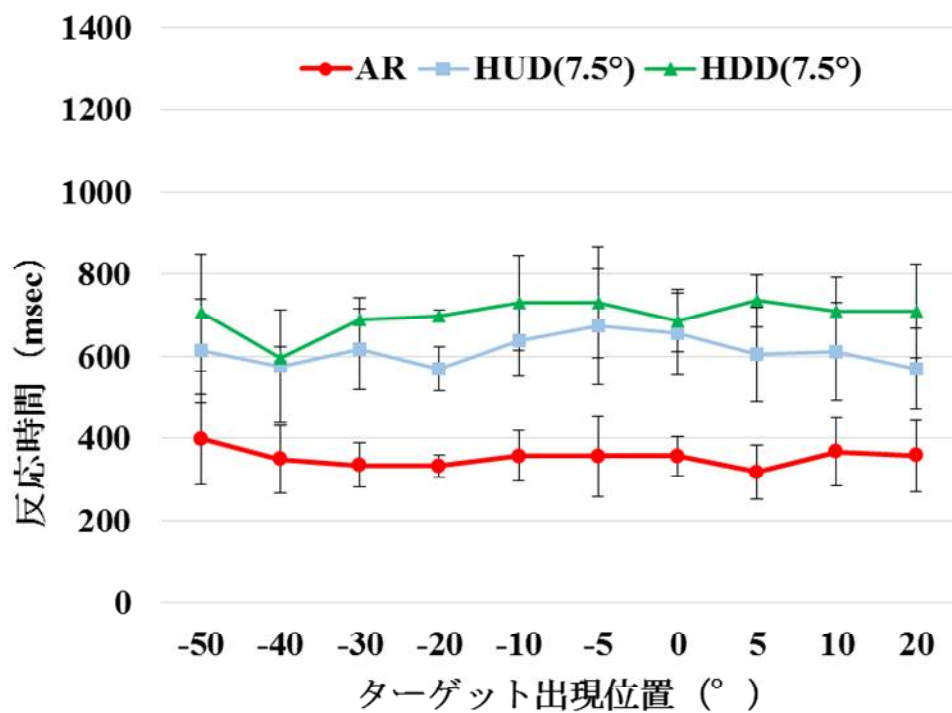


図 3.3 ターゲット出現位置ごとの反応時間(実験参加者 B)

ターゲット出現位置の単位は固視点を中心とした水平視角($^{\circ}$)であり、垂直視角 0° の直線上に並ぶターゲットのみを抽出したものである。

各表示装置の代表例として AR 表示装置、俯角 7.5° のヘッドアップディスプレイ(HUD)、俯角 7.5° のヘッドダウンディスプレイ(HDD)を 3 つの線でそれぞれ示した。エラーバーは標準偏差である。

AR 表示装置、ヘッドアップディスプレイ、ヘッドダウンディスプレイについて、それぞれターゲット出現位置で反応時間に有意差は見られなかった。

また、全ターゲット出現位置において AR 表示装置が最も反応時間が短くなった。

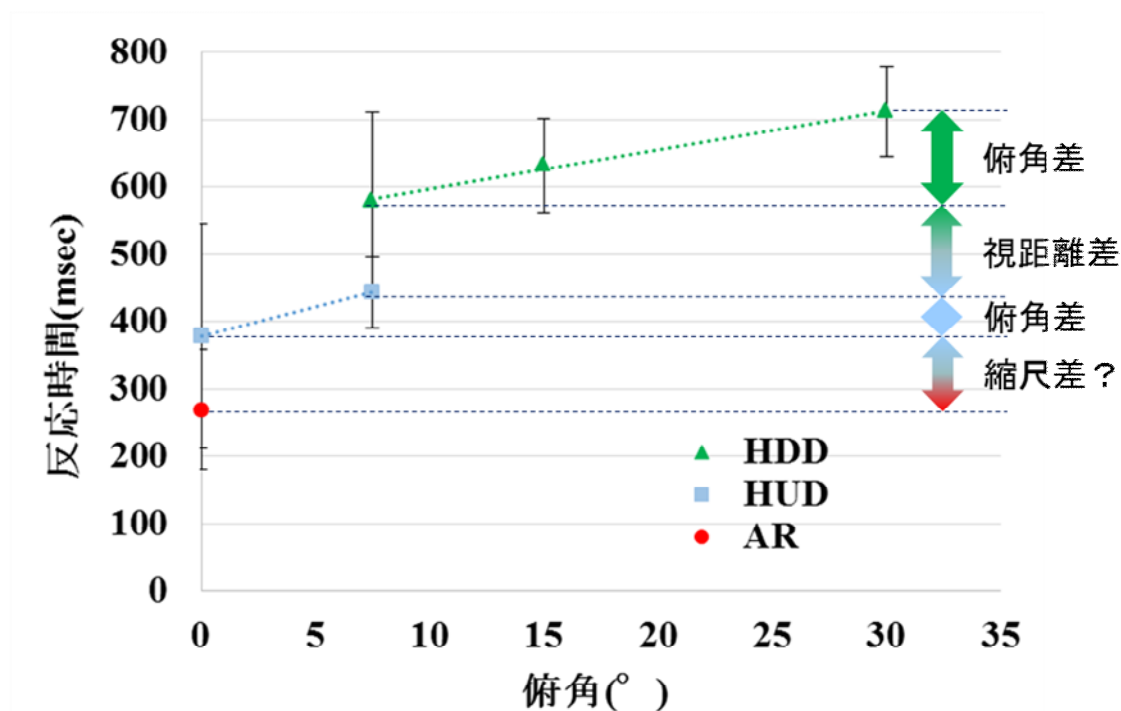


図 3.4 俯角ごとの反応時間

図 3.4 は視野範囲左 20° 右 20° において、俯角および表示装置ごとの平均反応時間を表す図である。エラーバーは標準偏差を示す。

ヘッドダウンディスプレイの俯角ごとの反応時間を分散分析によって検証し、主効果を確認した($F(2, 66)=3.13, p<0.001$)。

さらに、俯角 7.5° のヘッドダウンディスプレイと俯角 7.5° のヘッドアップディスプレイ、俯角 7.5° と 0° のヘッドアップディスプレイ、俯角 0° のヘッドアップディスプレイと AR 表示装置、それぞれの反応時間を t 検定によって検

証した結果，すべてに有意差があることがわかった($t(44)=46.713$, $p<0.001$) ($t(43)=17.001$, $p<0.001$) ($t(44)=32.271$, $p<0.001$).

これらの検定結果から，俯角が小さくなるにつれて反応時間が短くなり，さらに同じ俯角でも表示装置の違いによって反応時間に有意差があることが示された．

図 3.5 にターゲット数 2 個の条件での平均反応時間，図 3.6 にターゲット数 3 個の条件での平均反応時間を示す．データは実験参加者 A のものであり，エラーバーは標準誤差である．

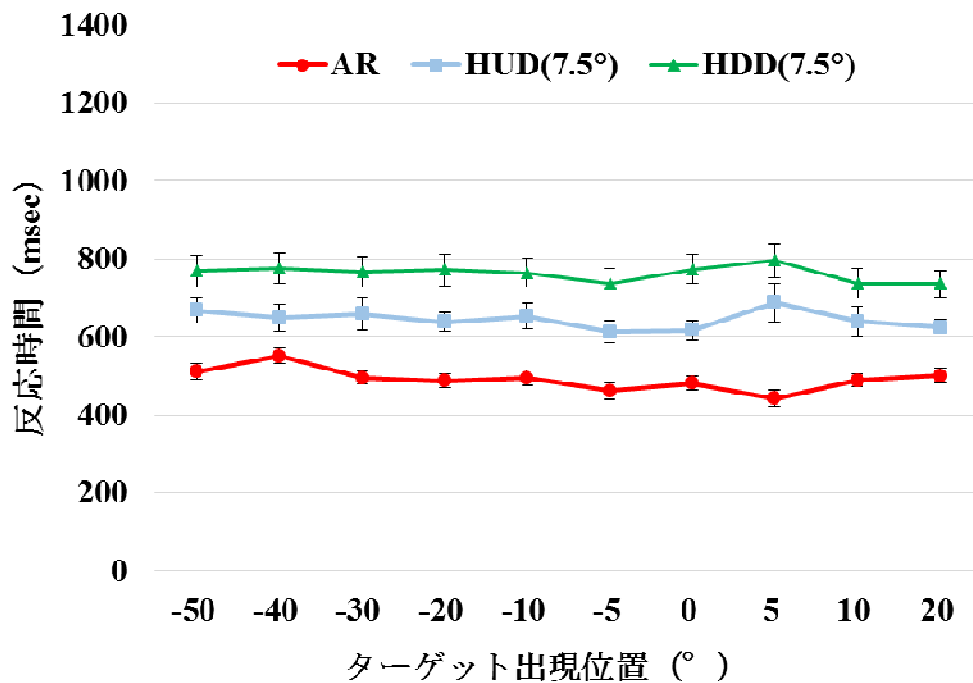


図 3.5 ターゲット数 2 個での反応時間

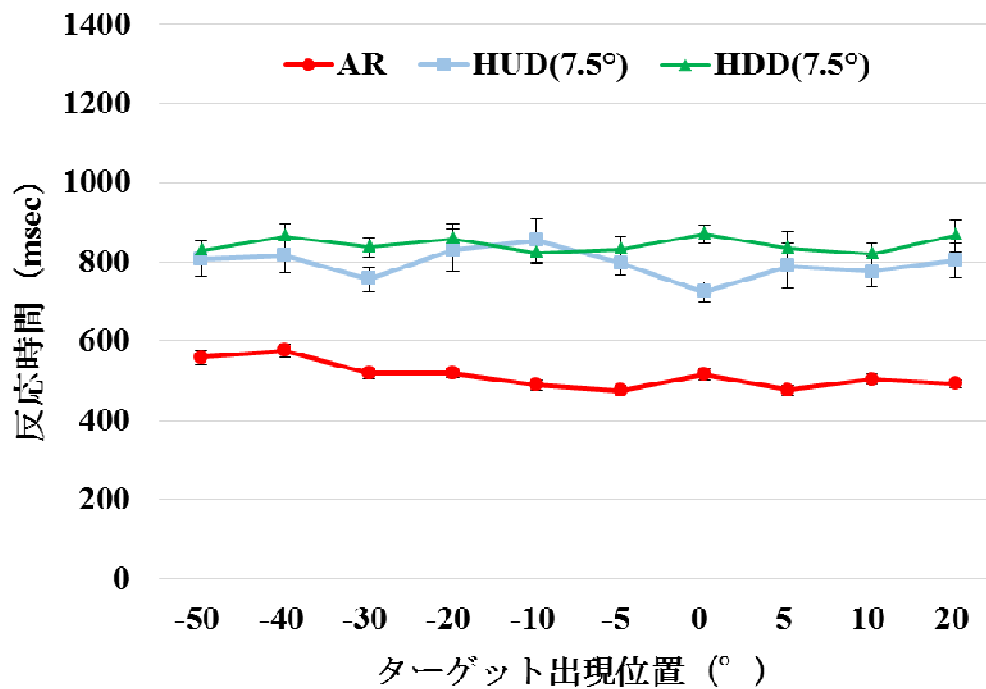


図 3.6 ターゲット数 3 個での反応時間

ターゲット出現位置の単位は固視点を中心とした水平視角(°)であり，垂直視角 0° の直線上に並ぶターゲットのみを抽出した．ただし，本データでは複数のターゲットを表示するため，当該出現位置を含む条件を全て抽出した．

各表示装置の代表例として AR 表示装置，俯角 7.5° のヘッドアップディスプレイ(HUD)，俯角 7.5° のヘッドダウンディスプレイ(HDD)を 3 つの線でそれぞれ示した．エラーバーは標準偏差である．

結果として，全体的にターゲット数が増えるにつれて反応時間は伸びる傾向にあったものの，ターゲット数 2 個，ターゲット数 3 個の条件においても，全ターゲット出現位置において AR 表示装置が最も反応時間が短くなることがわかった．

3.4 考察

各表示装置の反応時間(Reaction Time : RT)がヘッドダウンディスプレイと比べてどの程度減少するかを式(3.1)によって求めた.

$$\text{RT 減少率(\%)} = \frac{\text{RT(HDD)} - \text{RT(各表示方式)}}{\text{RT(HDD)}} \quad \cdot \cdot \cdot (3.1)$$

結果, 全実験参加者の全視野範囲において AR 表示装置の反応時間減少率はおよそ 40~50%ほどとなった.

この数値は前章での反応時間減少率と一致しており, 一般的なセダン乗用車のフロントガラス内全前景エリアにおいても AR 表示装置の優位性が保たれることが示された.

また, ターゲット数を増やし, 複雑な情報を呈示した場合においても, フロントガラス内全前景エリアで AR 表示装置は優位な特性を示した.

本実験では AR 表示装置において, ターゲット出現位置によって反応時間に有意差はなかったが, これは周辺視によって大凡の位置を同定してスペースキーを押下したため, 視線移動時間が反応時間に含まれなかったのではないかとと思われる.

しかし, 誤認識数は一人の実験参加者につき全実験を通して数回程度と極めて少なく, 本実験では周辺視でも十分な同定が可能であったと思われる.

実際の自動車環境での AR 表示装置においても, 指示表示が出現した瞬間に周辺視によって当該オブジェクトの大凡の位置を同定し, その後視線移動を行うと想像できる. このため, 実際の自動車環境においても本実験と同様の優位性が認められると考えられる.

また, AR 表示装置だけではなくヘッドアップディスプレイやヘッドダウンディスプレイにおいてもターゲット出現位置によって反応時間に有意差はなかった. これは前景のターゲット出現位置に関わらず, 表示装置の情報によって同定できたためであると思われる.

表 3.1 表示装置の分類

表示装置	視線移動量	調節変動量	輻輳変動量	縮尺差
HDD	大～小	大	大	大
HUD	小	中	中	大
AR	微小	微小	微小	微小
pseudo-AR	微小	中	中	微小

表 3.1 は表示装置ごとの認識応答性に関わる要因の大小を示す表である。俯角の同じヘッドダウンディスプレイ(HDD)とヘッドアップディスプレイ(HUD)の反応時間差は視距離差による輻輳や調節量の違いによるものであり、ヘッドアップディスプレイと AR 表示装置の差は前景エリアと表示像エリアの縮尺差によるものであるとも解釈できる。

しかしながら、前章の反応時間評価実験では、pseudo-AR と通常の AR 表示装置の比較において反応時間に有意差は見られなかった。

これに関しては、ヘッドアップディスプレイと AR 表示装置での照合プロセスにおける差異が関わっているためであると予想することができる。

自動車運転時において指示表示型コンテンツを確認しながら運転をする場合、ドライバは表示像の情報からメンタルイメージを作成し、前景とメンタルイメージを照合しながら表示像で示されたオブジェクトを探索すると考えられる。

視距離における反応時間の遅延は表示像と前景を視点が移動する際に発生するものであり、AR 表示装置においては視点を前景に合わせた状態で表示像を認識しているため影響を受けなかったと推測される。

このような照合プロセスの違いが AR 表示装置と従来のヘッドアップディスプレイ、ヘッドダウンディスプレイとの間に存在するとするならば、本実験結果における AR 表示装置の優位性は前景エリアと表示像エリアの縮尺差によるものではなく照合プロセスの違いのみである可能性も考えられる。

3.5 まとめ

一般的なセダン乗用車のフロントガラス内全前景エリアにおいて、AR 表示装置は従来のヘッドダウンディスプレイよりも 40%～50%程度、情報を認識する時間が早い。さらに、この優位性は情報の複雑さに関わらず保たれる。

自動車用表示装置では、前景と表示像との俯角差、視距離差が反応時間遅延の要因となる。

しかし AR 表示装置と従来のヘッドアップディスプレイの間には照合プロセスの違いが考えられるため、縮尺差による反応時間遅延は明確に確認することができなかった。

第4章

表示像の縮尺による影響

4.1 はじめに

前章では、反応時間遅延の要因として、AR表示装置と従来のヘッドアップディスプレイの照合プロセスの違いによる影響と縮尺差による影響を分けて解析するには至らなかった。

このため、本章では、反応時間に関わる他の要因を可能な限り排除した条件で、前景エリアと表示像エリアとの縮尺差による反応時間の遅延のみを検証することを目的とした。

実用上という観点からは考慮していない実験条件が必要であるが、表示像エリアの縮尺による反応時間の遅延はこれまでに考えられておらず、本実験は自動車用表示装置の認識応答性の向上に新しい視点を加えるための理論的考察とした。

4.2 方法

ヘッドアップディスプレイでの指示表示において、前景エリアと表示像エリアとの縮尺差による反応時間の遅延のみを検証する実験を行った。

4.2.1 装置

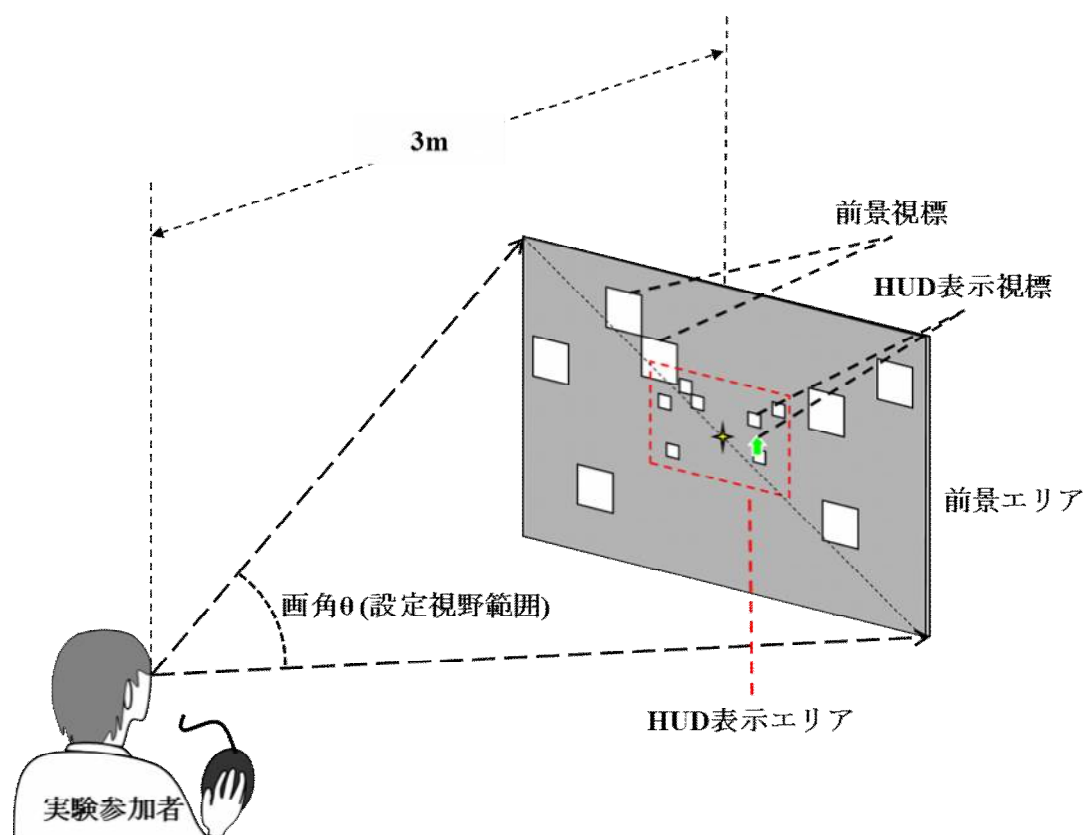


図 4.1 縮尺差検証実験の実験系

実験系を図 4.1 に示す.

実験参加者からの視距離 3m の位置にある 2.5m×1.8m のスクリーン内に前景エリアを設け、その中心に HUD(ヘッドアップディスプレイ)表示エリアを設けた。前景エリアと HUD 表示エリアは、俯角や視距離の影響を排除するため、視距離および中心座標を完全に同じくして表示した。

実験で用いた指示表示の形式は第一章の反応時間評価実験と基本的には同一であり、前景エリアには 7 つの白色方形の視標群をランダムな位置に呈示し、HUD 表示エリアには前景と同じ配置の視標群に加えて、その内の 1 つのターゲット視標を指し示す緑色の矢印を表示した。また、実験参加者の正面、眼の高さに固視点を示す黄色十字形を表示した。

実験参加者には指示表示で示した視標を確認し、前景エリア内からターゲット視標を選ぶことを求めた。

ただし、本実験ではスクリーンは 1 枚のみであり、ターゲット視標も完全にランダムな配置に出現し、出現位置の記録は行っていない。

表示エリアの拡大率を 60%、80%、100%、120%、140%に変化させて 5 つの条件での反応時間を計測した。

拡大率 100%は表示像エリアが前景エリアと同じ大きさとなって完全重畳しており、AR 表示装置を想定した条件である。

なお、表示像エリアの視標の大きさは拡大率と同じ倍率で変化するものとした。

また、視線計測装置を用いた眼球運動の計測を行い、実験参加者の視線移動の様子を確かめた。

実験はドライバの視野範囲を変えた 3 つの条件で行った。視野範囲は表示される全範囲を意味しており、前景エリアや表示像エリアがこの視野範囲を超えて表示されることはないものとした。

詳細は以下の通りである。

実験 1：ドライバの視野範囲を画角 $\theta=55^\circ$ とし、頭部運動および眼球移動の伴う広域での視覚探索を想定した。

実験 2：ドライバの視野範囲を画角 $\theta=30^\circ$ とし、頭部運動がなく、眼球移動のみが伴う程度の範囲における視覚探索を想定した。

実験 3：ドライバの視野範囲を画角 $\theta=10^\circ$ とし、頭部運動も視線移動も伴わない視覚探索を想定した。

実験はすべて 2lx 以下の暗室環境で行い、オブジェクトの輝度はすべて $2\text{cd}/\text{m}^2$ から $8\text{cd}/\text{m}^2$ とし、背景は $0.15\text{cd}/\text{m}^2$ である。

4.2.2 実験参加者

実験 1、実験 2 の実験参加者は運転免許を有する 20 代の男女 8 名であるが、実験 3 では、その内の男性 3 名のみとなった。

4.2.3 手続き

眼の暗順応を考慮し、実験参加者は実験前に 30 分以上、暗室で待機するものとした。

最初の Beep 音と共に固視点が呈示され、実験参加者にはこれを 1 秒間注視することを求めた。

固視点の呈示から 1 秒後に前景とヘッドアップディスプレイが呈示される。

実験参加者は指示表示で示したターゲット視標を前景の視標群から同定してスペースキーを押し、同時に指示表示が消去される。その後マウスによってターゲットをクリックし、正誤確認をする。

視標呈示からスペースキーを押すまでの時間を計測し、反応時間とした。

これはマウスの移動にかかる時間を排除し、ターゲットを同定した時間のみを正確に計測するためである。

Beep 音からマウスクリックまでの作業を 1 試行として、各拡大率につき 50 回以上の試行を行った。1 試行から 1 試行までのインターバルは 1 秒である。

さらに、実験参加者の疲労を考慮し、各条件の実験開始前に 5 分程度の休憩を挟んだ。また、順序効果をなくすため、拡大率条件は実験参加者によって異なる順序で実験を行った。

実験開始前には実験参加者が十分に理解できたと考えるまで予行練習を行った。

4.3 結果

図 4.2 に実験ごとの平均反応時間(全被験者の平均)を示す。エラーバーは標準誤差である。拡大率を要因とした分散分析の結果、全実験で拡大率の変化によって反応時間に主効果が認められた(ex1 : $F(4, 1600)=2.37, p<0.001$) (ex2 : $F(4, 1518)=2.37, p<0.001$) (ex3 : $F(4, 1216)=2.37, p<0.001$)。

また図 4.3, 図 4.4, 図 4.5 はそれぞれ、実験 1, 実験 2, 実験 3 における全実験参加者の反応時間である。

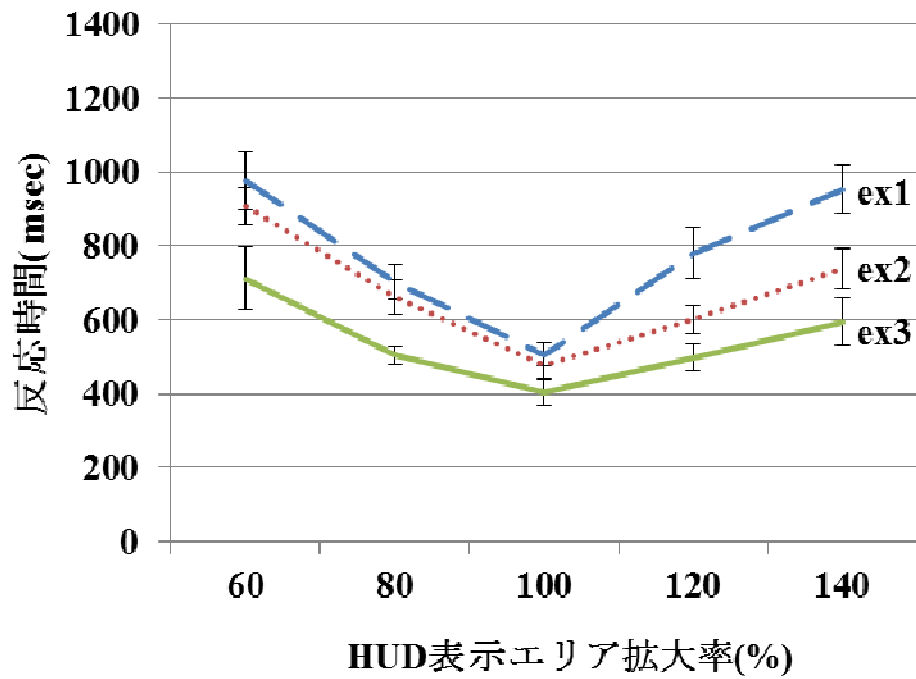


図 4.2 拡大率による平均反応時間の変化(実験 1～3)

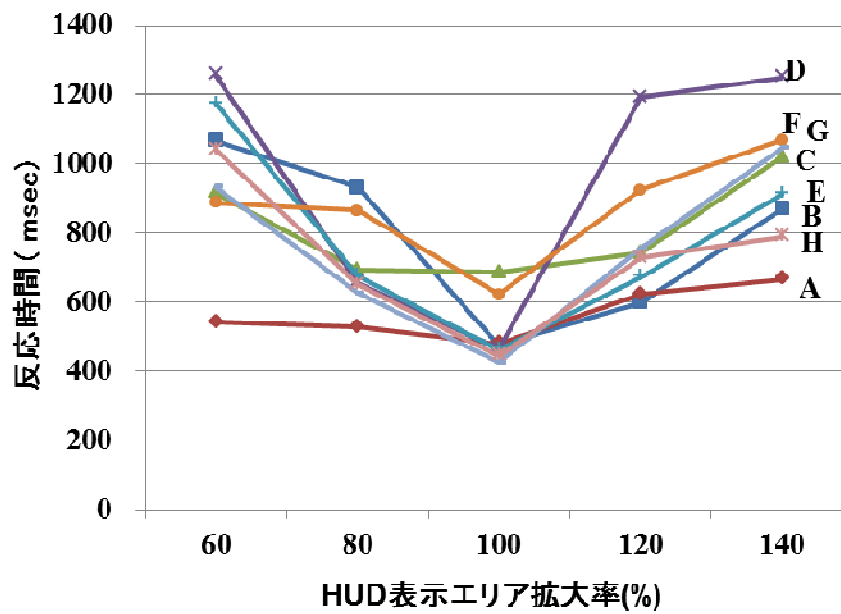


図 4.3 実験 1 の平均反応時間(実験参加者 8 人)

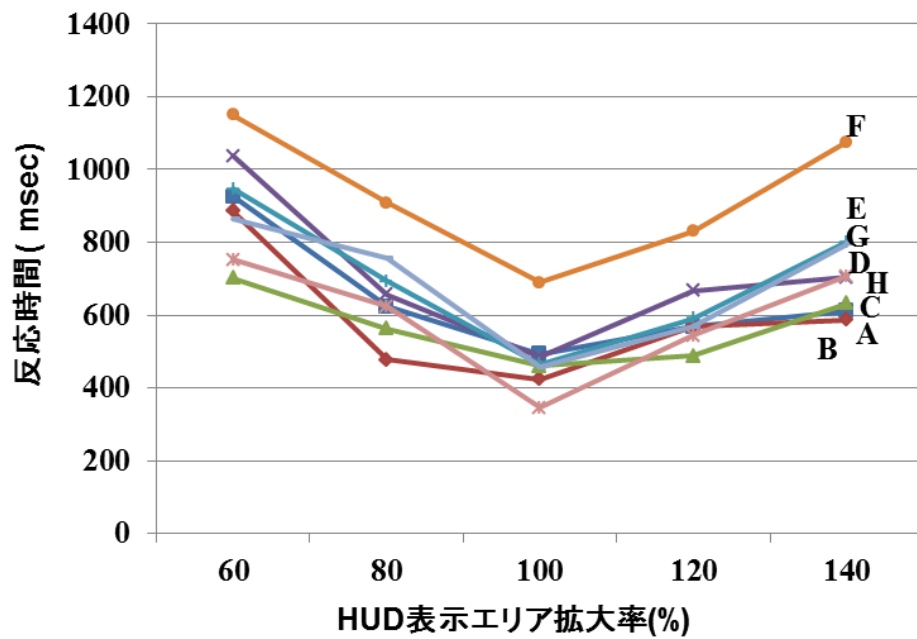


図 4.4 実験 2 の平均反応時間(実験参加者 8 人)

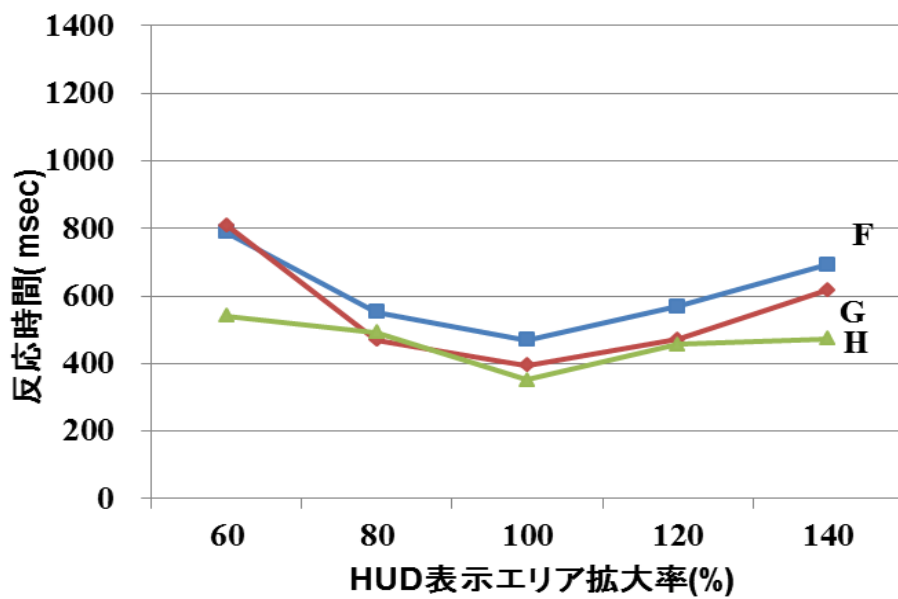


図 4.5 実験 3 の平均反応時間(実験参加者 3 人)

全被験者の全実験において、反応時間は 100%において最も短くなり、100%から遠ざかるにつれて長くなる傾向を示した。

視線計測の結果、実験 1 は視線移動が確認され、さらにわずかながら頭部の動きが見られた。実験参加者の証言もこれを裏付けるものであった。

実験 2 では、視線移動はわずかししか計測されなかったが、ターゲット発見の前後に、ターゲットの位置に視線を送る動きが多く確認できた。

実験 3 では、視線移動や頭部移動は確認できなかった。

また、100%条件を除いた反応時間の増加を調べるため、実験 1～3 それぞれにおいて、前述した分散分析の下位検定として拡大率 80%から 60%の対(縮小)、120%から 140%の対(拡大)での反応時間を t 検定によって分析した結果、全実験で有意差が確認できた。

(ex1 縮小 : $t(541)=6.997$, $p<0.001$) (ex1 拡大 : $t(692)=7.204$, $p<0.001$)

(ex2 縮小 : $t(483)=9.648$, $p<0.001$) (ex2 拡大 : $t(602)=4.593$, $p<0.001$)

(ex3 縮小 : $t(348)=13.529$, $p<0.001$) (ex3 拡大 : $t(447)=4.929$, $p<0.001$)

4.4 考察

視野範囲が大きい条件の実験ほど、拡大率ごとの反応時間の変化が大きくなる傾向はほぼ全実験参加者で見られた。今回の実験では表示像エリアの大きさの単位を、前景エリアを 100%とした拡大率として設定しており、前景エリアが小さいほど表示エリアの大きさの変化も小さくなってしまうことが原因であると思われる。

第二章の図 2.7 において AR 表示装置の反応時間は 200～400ms であったのに対して、本実験における 100%条件(AR 表示装置)は 400～500ms となった。これは図 2.7 で求めた「認知時間」にはマウス操作による時間を排除しただけでなく、実験参加者ごとの単純反応時間も差し引いたためであると考えられる。本実験では、マウス操作による時間を排除するためターゲットを同定した瞬間のスペースキー押下による反応時間を計測しているため、2.2 式で考えるならば T_C+T_R を算出しているものとなる。両実験における 100～200ms の差はこの単純反応時間 T_R によるものと考えることができる。

周辺視は中心視よりも反応時間が遅れることがよく知られており、実験 1～3 の 100%条件のみを比較した場合、視野範囲が小さくなるにつれて反応時間が減少しているのは、視線移動や頭部移動の他に周辺視による影響も含まれている可能性がある。また、実験 1、実験 2 における視線移動や頭部運動はターゲットを周辺視でとらえた後、確認をするための動作であったと考察できる。

前章の実験では視線移動時間は反応時間に含まれなかったと考察したが、本実験では狭い範囲に前景視標と表示像視標が呈示されるため比較評価実験よりも見辛く、複雑になっていると思われる。拡大率による反応時間の遅延がこれら要因の影響を受けている可能性は無視できない。

しかしながら、実験 3 での反応時間の遅延は、視線移動や頭部移動の影響がなく、AR 表示装置を模した 100%条件以外の比較においても有意差があったことから照合プロセスの違いとも考えにくい。

実験データを俯瞰すると、表示像エリアを拡大した条件(拡大率 100%~140%)よりも縮小した条件(拡大率 60%~100%)の方が、反応時間が大きく増加する傾向が見られたため、縮小条件と拡大条件での近似直線の傾きの違いを t 検定で分析した。

結果として、実験 2 では有意差($t(14)=3.469$, $p<0.001$)が認められたが、実験 1 実験 3 では 5%水準での有意差は見られなかった。

これは視覚探索における空間的注意の範囲が拡大された影響であると思われる。注意範囲に関する研究では、視覚的注意の範囲は課題の要求により変化することが示唆されている⁽¹⁴⁾。

実験参加者は実験開始直後に表示像からターゲットを探索し、その後に前景を見るといった手順をとるため、表示像が前景より縮小されている場合は注意の範囲を拡大する作業が加わり、反応時間が増加すると考えられる。一方で、表示像が拡大されている場合は、前景は注意の範囲内にあるため範囲を拡大する必要がない。

実験 1 において拡大と縮小の増加率に有意差が存在しなかったことについては、探索範囲が視覚的注意の処理容量⁽¹⁶⁾を超えていたため、視線移動を伴った注意の焦点移動が必要となり、実験 2, 3 のような注意の拡大縮小が起らなかったためであると思われる。さらに、視線移動の距離は縮小条件より拡大条件のほうが大きくなるため、ターゲットが有効視野内に出現した場合においても視線移動時間の増加によって注意の拡大による影響を打ち消したのであると推測できる。さらに、実験 3 は視野範囲が極めて狭いため、拡大率ごとの画角差は実験 1, 2 と比べ微々たるものであった。このため、ある程度拡大条件で傾きが緩やかになる傾向は見られたものの、有意な差は生じなかったと考えられる。

このような注意範囲の拡大が必要となる拡大率 80%と 60%だけでなく、120%と 140%の比較においても有意差が見られたことから、注意範囲の切り替えとは別の要因によって反応時間が変化している事を示唆していると考えられる。

これらのことから、本実験結果は、反応時間に関わるさまざまな要因の影響

を排除しても、前景エリアと表示像エリアの縮尺差のみによって情報の照合が困難になることを示唆していることがわかる。

4.5 Mental Expansion

Kosslyn(1996)は、メンタルイメージをカメラの操作のようにズームインする認知的機能があることを示した⁽¹⁵⁾。Kosslynはこの機能を **Mental Zooming** と呼んでいる。

同様に、本実験ではメンタルイメージを心的に拡大、または縮小することによって対象物と照合していると考えたと説明がつくように思われる。縮尺差によって反応時間が増加するのは、この拡大縮小の作業を行っているためであると仮定し、このような拡大縮小の認知過程を含む一連の照合プロセスをここでは“**Mental Expansion**”と仮に呼ぶ事とする。

図 4.3 は、前景と表示像の照合プロセスにイメージの拡大縮小を加えた **Mental Expansion** の概念図である。

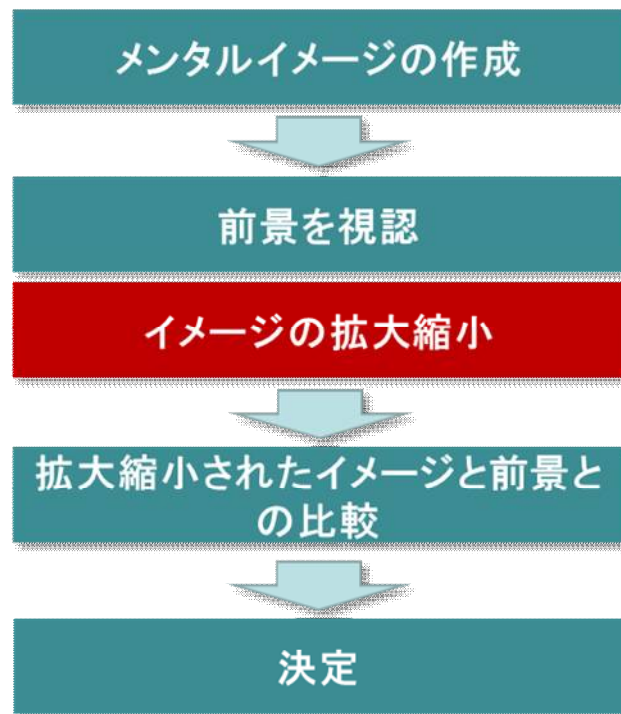


図 4.6 Mental Expansion の認知過程

AR 表示装置では、メンタルイメージ作成の認知過程において視線移動や頭部移動が伴う場合があるが、前景との照合や比較の認知過程は存在しないと考えられる。このため、AR 表示装置では **Mental Expansion** の影響は受けることはない。

前述したように、第二章の実験において俯角が同じヘッドアップディスプレイとヘッドダウンディスプレイの反応時間に有意差が存在したにも関わらず、第一章の反応時間評価実験において、AR 表示装置と **pseudo-AR** の反応時間に有意差が見られなかった理由は、AR 表示装置の照合プロセスには前景との照合や比較の認知過程が存在せず、メンタルイメージ作成の認知過程で前景と表示像を一体化して認識しているためであると考えることができる。

4.6 認知モデル

本実験では、前景エリアと表示像エリアとの縮尺差が小さくなるに従って反応時間が短くなり、完全に重畳した条件において表示内容を最も素早く認識できることが示された。

自動車用表示装置の反応時間を決定する要因として、従来の視線移動等によるモデルに加えて、前景エリアと表示像エリアの縮尺差による影響を新たに考える必要があると思われる。

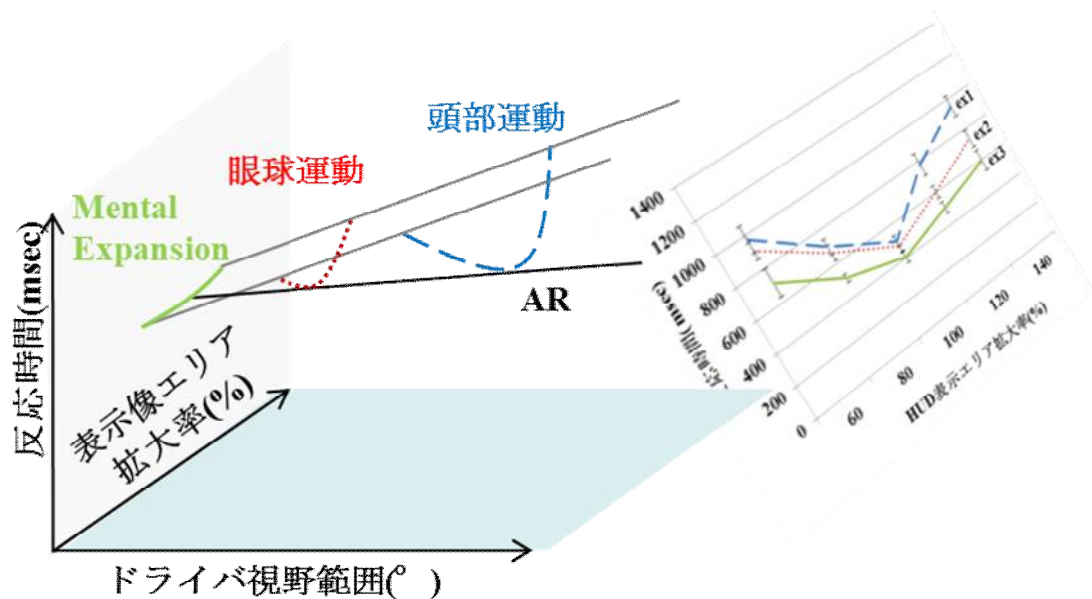


図 4.7 Mental Expansion を含む認知モデル

図 4.4 は表示像エリア拡大率とドライバ視野範囲による反応時間の変化を表したモデルである．これは図 4.2 を三次元的に表したものであり，ドライバ視野範囲が大きくなるに従って反応時間が増加する要因が追加される．頭部運動，眼球運動，Mental Expansion の線はそれぞれの要因が加わるおおよその領域を示している．

AR 表示装置(拡大率 100%)では前景との照合や比較の認知過程が存在せず，Mental Expansion の影響は受けない．反応時間を短くするためには，前景エリアと表示像エリアの縮尺差を可能な限り小さくすることが求められる．

4.7 実用上の問題

本実験では，従来のヘッドアップディスプレイにおいても，前景エリアと表示像エリアの縮尺を可能な限り近づけることで反応時間が短縮されるという結果が示された．

しかしながら，実際の運転環境においては，本実験のように実前景そのものを 80%縮小した表示像などを前景と重畳表示した場合，ドライバの視野を大きく妨害することになってしまう．

実際の自動車用表示装置への応用を考えるならば，ドライバの視野を妨げる

ことなく安全性や快適性を保証した上で認識応答性を向上することが重要であると言える。

認識応答性の向上において、縮尺差を 0 に近づけることが最優先されるべき問題であるかも検討が必要であると思われる。

運転者の視野を妨げない一般的なヘッドアップディスプレイとして、ドライバ正面ダッシュボード(俯角 7.5° 付近)に表示する 7 インチ程度のヘッドアップディスプレイにおけるナビゲーションを想定したとき、仮に遠方に小さく見える交差点などを指示するならば縮尺差をなくして表示することが望ましいと考えられる。しかし、ある程度近くにある交差点を前景と同一の縮尺で表示すると、画面全体に当該交差点が表示されることで周囲の環境が表示されず、遠方に似たような交差点があった場合、ルートを特定することが難しくなってしまう可能性がある。

このような場合では、交差点を特定するための手がかりである周囲の環境を表示することが縮尺差をなくすことよりも優先されるべきである。

表示像エリアと前景エリアの縮尺を近づけることは最優先される問題ではなく、あくまで表示像と前景との対応付けを容易にするための手段の 1 つであり、呈示する情報によって最適に設定することが重要であると考えられる。

また、本研究で用いた画像は全て静止画であったが、自動車運転時において前景は連続的に変化するものである。

従来のヘッドアップディスプレイやヘッドダウンディスプレイでは俯角差や視距離差による眼球運動時間が存在するため、ドライバが記憶した表示像は少し前の前景を参考にしたものとなる。

このため、仮に表示像を前景と同じ縮尺で表示したとしても、自動車の速度や指示するオブジェクトの距離によっては、記憶した表示像と縮尺が大きく食い違う可能性がある。

これらを考慮すると、本実験結果を従来のヘッドアップディスプレイやヘッドダウンディスプレイに応用するならば、表示コンテンツを吟味し、より実際の自動車運転時に近い環境を想定した検証が必要であると思われる。

4.8 まとめ

指示表示では、前景エリアと表示像エリアの縮尺差を 0 に近づけることで認識応答性が向上する。また、前景エリアと表示像エリアの縮尺差による反応時間の遅延は、**Mental Expansion** のような概念を理由として考えることができる。

実際の自動車運転時にはドライバの安全性や快適性を保証した上で表示装置の認識応答性を向上する必要がある、表示装置の形態や運転環境などによって最適に設定することが望ましいといえる。また、前景エリアと表示像エリアを完全重畳した AR 表示装置は、縮尺差による反応時間の遅延がなく、ヘッドダウンディスプレイやヘッドアップディスプレイと比べて認識応答性に優れていると言える。

第5章

照合プロセスにおけるワーキングメモリの解析

5.1 はじめに

前景と表示像の照合プロセスでは、まず表示装置の情報を記憶し、メンタルイメージの作成を行うと考察できる。この照合プロセスにおいて使われる記憶システムがワーキングメモリ(作業記憶、あるいは作動記憶)であると考えられる。

ワーキングメモリとは、理解や思考、認識など認知的活動の遂行中に情報を一時的に保持し操作するためのシステムであり、短期記憶を発展させた概念として Baddeley らによって提唱された⁽¹⁶⁾。短期記憶が保持機能だけであったのに対し、ワーキングメモリは情報の保持と処理という2つの機能を備えている。

Baddeley らのマルチコンポーネントモデルによると、ワーキングメモリは大きく3つのコンポーネントに別れているとされる。図5.1はBaddeleyが提唱したワーキングメモリのモデルである。

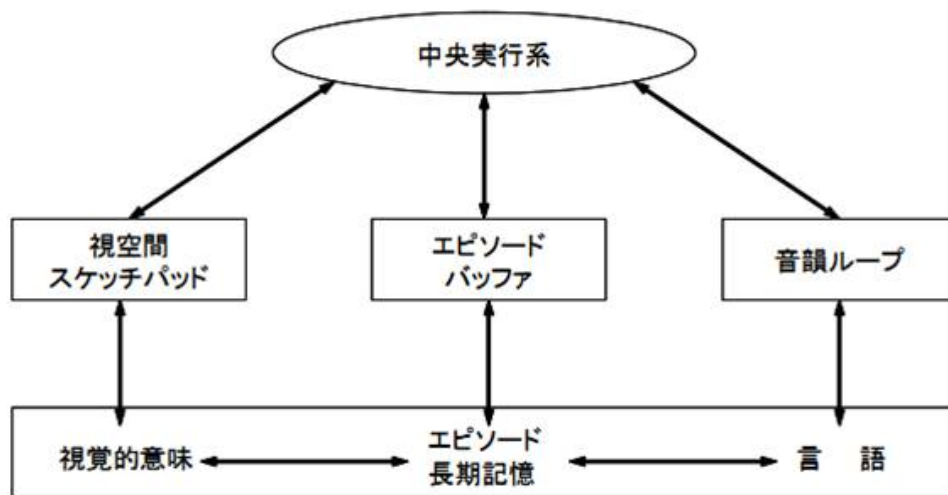


図 5.1 ワーキングメモリモデル⁽¹⁷⁾

このモデルの中心が中央実行系(central executive)であり、情報処理や注意の制御、システム全体の方向づけなどを担っている。

この中央実行系によって管理されるのが音韻ループ(phonological loop)と視空間スケッチパッド(visuo-spatial sketchpad)である。音韻ループは音楽や言葉、音などに関する情報を保持するコンポーネントであり、さらに 2 つの下位システムに別れている。音韻化された情報を保存する音韻ストア(phonological store)と内言によるリハーサルを行う構音コントロール過程(articulatory control process)である。視空間スケッチパッドは視覚的、空間的な情報を保持するコンポーネントであり、視覚キャッシュ(visual cache)とインナースクライブ(inner scribe)という、やはり 2 つの下位システムに別れている。視空間情報の一時保存を行うのが視覚キャッシュ、視空間情報のリハーサル機能や空間情報の保持を担うのがインナースクライブであると言われている。これに加え、2000 年の Baddeley による研究⁽¹⁸⁾によってエピソードバッファ(episodic buffer)が新たに含まれることとなった。これは長期記憶からの情報検索に関わるコンポーネントであるとされている。

ある課題において、ワーキングメモリの中のどの機能が働いているかを調査するには二重課題法が代表的である。これは被験者に異なる 2 つの課題の同時遂行を課すといったものであり、2 つの課題で負荷が掛かる部分が一致した場合にのみ成績低下を引き起こすと言われている。

Smyth らは空間タッピング課題によってインナースクライブの妨害効果を検証した⁽¹⁸⁾。空間タッピング課題とは 4 個程度のボタンを順番に押し続ける課題である。この課題遂行には、身体運動のプランニングと制御が必要なため、インナースクライブの操作が必要とされる。また、同じく Smyth らによる 1994 年に発表された実験では空間性注意の移動を求める課題として視線移動課題を用いている⁽¹⁹⁾。これは提示されたターゲットに対して出来るだけ早く視線を移動させることを求める課題である。

須藤らは上記 2 つの二次課題を用いた実験を行い、これらの課題がインナースクライブによる空間的リハーサルのみを妨害する効果があり、視覚的リハーサルへの妨害効果はないとしている⁽²⁰⁾。

視覚キャッシュの機能を低下させる二次課題としては Quinn と McConnell によって提案された無関連視覚刺激が挙げられる⁽²¹⁾。これはランダムに変化する白黒のドットパターンを提示するものであり、意識的に保持されている視覚イメージに対して妨害効果を引き起こす効果が確認されている。また、無関連視覚刺激と同様の妨害効果を持つとして高村らはチェッカー刺激を提案している⁽²²⁾。チェッカー刺激はモノクロのチェックパターンを持った円を提示するものであり、視覚イメージに対して妨害効果を持つことが検証された。

従来のヘッドダウンディスプレイやヘッドアップディスプレイの照合プロセスにおいては、まず参照画面をワーキングメモリに記憶し、記憶された情報と探索画面を対応付けることで探索を行っていると思われる。

しかしながらヘッドダウンディスプレイでは前景と表示像の俯角差によって視線移動が存在し、ヘッドアップディスプレイにおいても運転操作等によって空間タッピング課題と同じような妨害効果が存在する可能性がある。

本章では、自動車用表示装置の照合プロセスにおいて、どのような記憶情報が使われているかを分析し、ワーキングメモリへの妨害効果という観点から表示装置の特性を考察した。

5.2 方法

ヘッドダウンディスプレイでの照合プロセスにおいて、どのような記憶システムが使われているか、さらに提示する情報の複雑さを変えることにより、どのような変化が見られるかを分析するための二重課題実験を行った。

5.2.1 装置

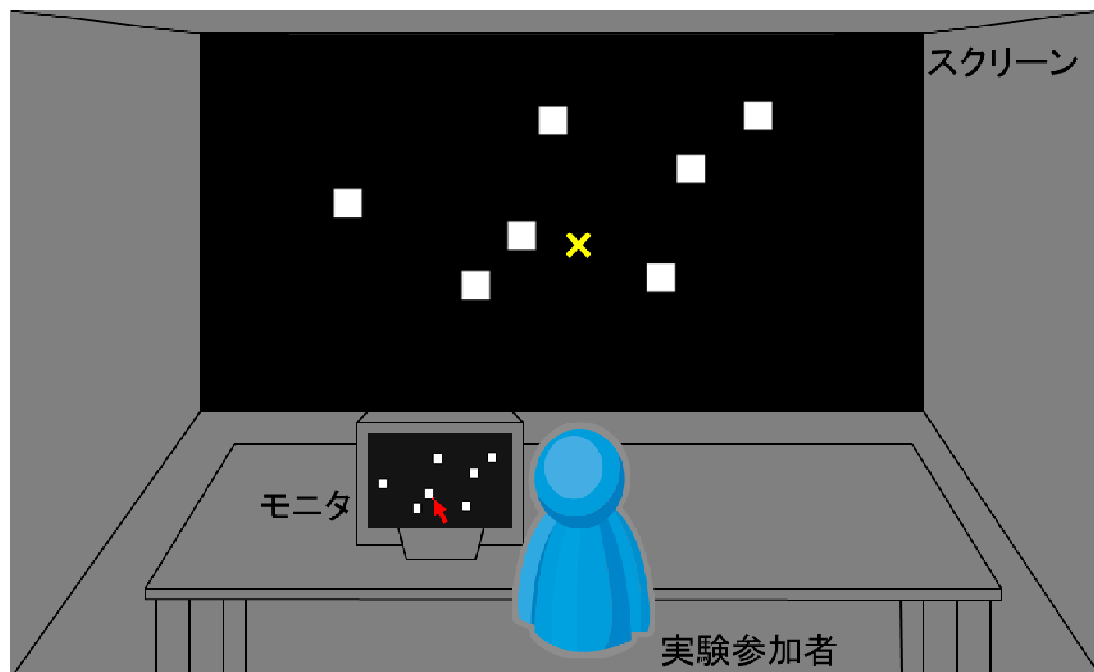


図 5.2 ワーキングメモリ分析実験の実験系

図 5.2 に実験系を示す。

スクリーンまでの距離は 5m, モニタ(ヘッドダウンディスプレイ)までの距離は 0.52m である。ヘッドダウンディスプレイは一般的に見られる自動車用表示装置と同様の 7 インチを使用し、実験参加者正面より俯角 30° 左視角 20° の位置に設置した。ヘッドダウンディスプレイとスクリーンにはいくつかの正方形の視標が同一の配置で提示され、ターゲットとなる視標は矢印によって指し示した。

表 1 は実験装置で表示した輝度と色度座標である。なお、実験は全て暗室内で行われ、スクリーンの鉛直面照度は 10.8lx である。

表 5.1 実験装置の輝度・色度

	スクリーン			モニタ		
	視標(白)	×印(黄)	背景(黒)	視標(白)	矢印(赤)	背景(黒)
色度 x	0.39	0.48	****	0.39	0.65	****
色度 y	0.35	0.46	****	0.38	0.29	****
輝度(cd/m ²)	25.24	27.08	0.15	90.48	19.43	0.33

5.2.2 実験参加者

実験参加者は運転免許を有する 20 代の男女 5 名(男性 3 名, 女性 2 名)である。

5.2.3 手続き

実験参加者はヘッドダウンディスプレイの表示像を見てターゲットの位置を記憶し、5 秒間の二次課題の後、スクリーンに表示される視標からターゲットを選択した。記憶時間は任意であり、実験参加者自身が十分に記憶したと判断したタイミングでマウスをクリックすると、同時に表示像が消え、二次課題が開

始されるものとした。また、ターゲットの選択も視標をマウスクリックすることで行われた。

二次課題は後述の 3 種類であり、各二次課題につき視標数 7 と 15、ターゲット数を 1 と 3 に変化させ、合計 12 条件において各 20 回の試行を行った。

タイムチャートを図 5.3 に示す。視標およびターゲットの配置は 1 回ごとにランダムで変化するものとした。開始から終了までを 1 試行とし、試行終了から次の試行開始までのインターバルは 1 秒である。

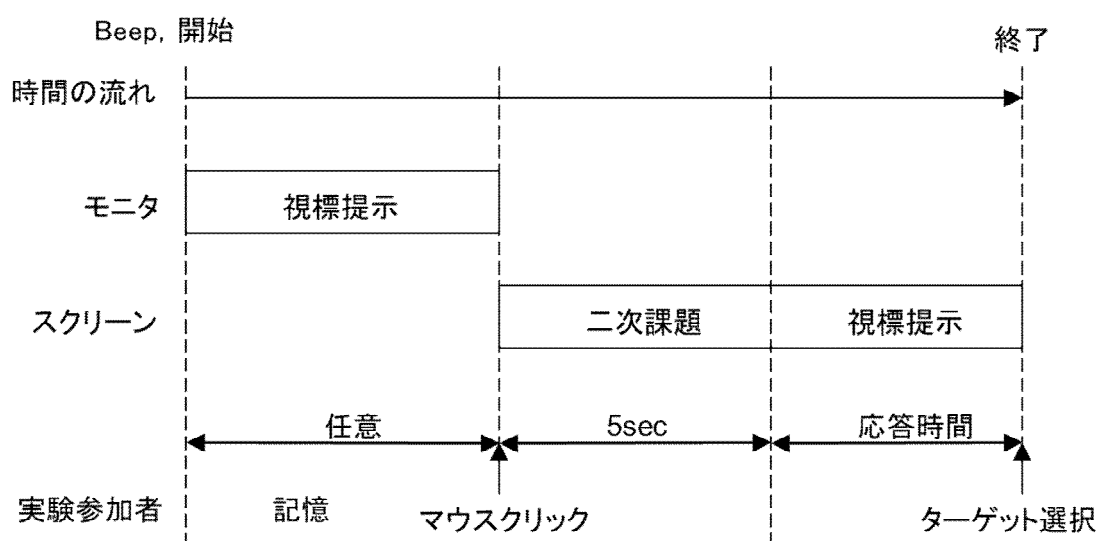


図 5.3 ワーキングメモリ分析実験のタイムチャート

なお、本実験では前章までの実験とは異なり、反応時間ではなく誤認識数のデータを計測した。これはターゲットの同定に時間がかかるということが必ずしもワーキングメモリの減衰を意味するわけではないと考えたためである。

5.2.4 二次課題

二次課題は視線移動課題、チェッカー刺激、課題なし、の 3 種類とした。

視線移動課題については、空間情報への妨害を目的としており、固視点と同一の黄色い×記号を目で追うものとした。×記号は 0.5 秒に一度、スクリーン上のランダムな点に場所を移動し、被験者はこれを可能な限り早く注視することが求められた。

また，チェッカー刺激は前述のとおり視覚イメージ情報への妨害が確認されており，本実験においても視覚情報への妨害を目的とした．スクリーン中央に視半径 10° のモノクロチェッカー柄の円を表示し，0.5 秒に 22.5° ずつ時計回りに回転させた．実験参加者にはこれを 5 秒間注視することを求めた．図 5 は実験に用いたチェッカー刺激である．

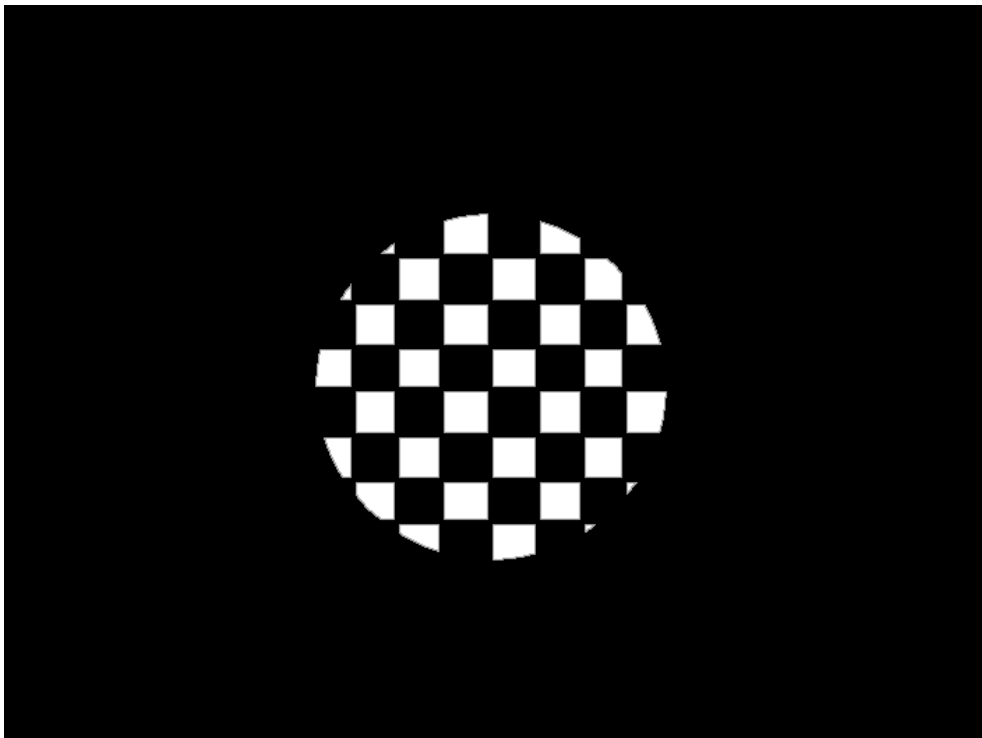


図 5.4 チェッカー刺激

課題なしの条件では二次課題を一切行わず，二次課題の遂行に使われる 5 秒間を妨害刺激なしで記憶保持に専念するためのものとした．

5.3 結果

各二次課題についての全被験者の誤認識数の合計を図 5.5，図 5.6，図 5.7 に示す．

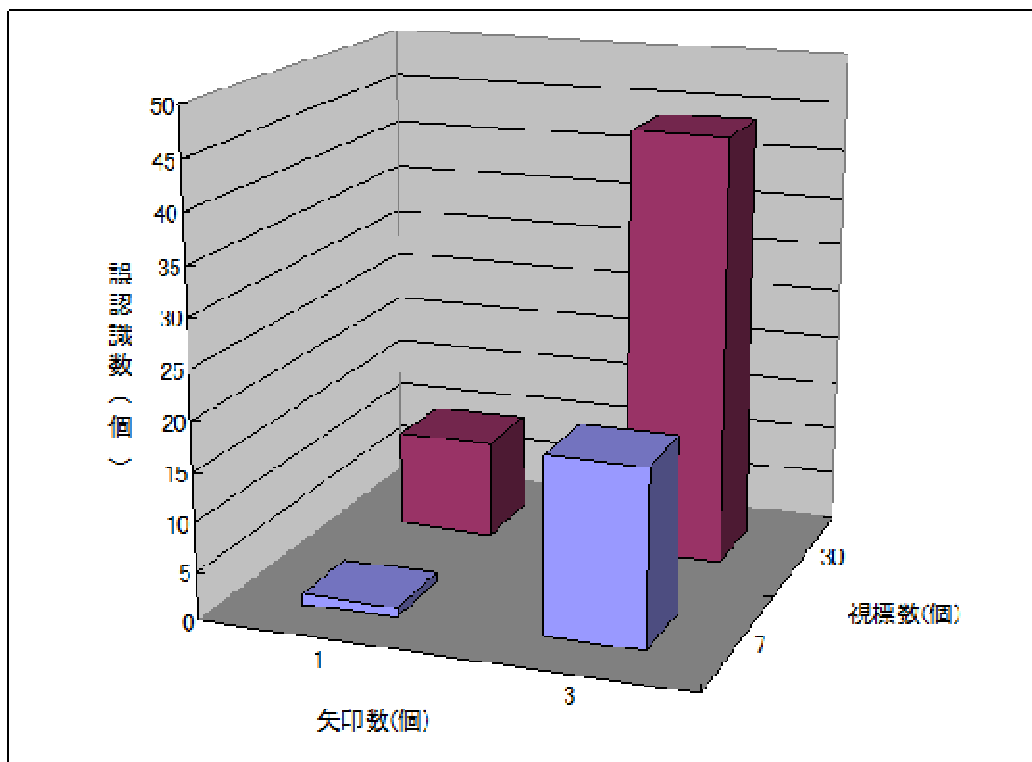


図 5.5 視線移動課題での誤認識数

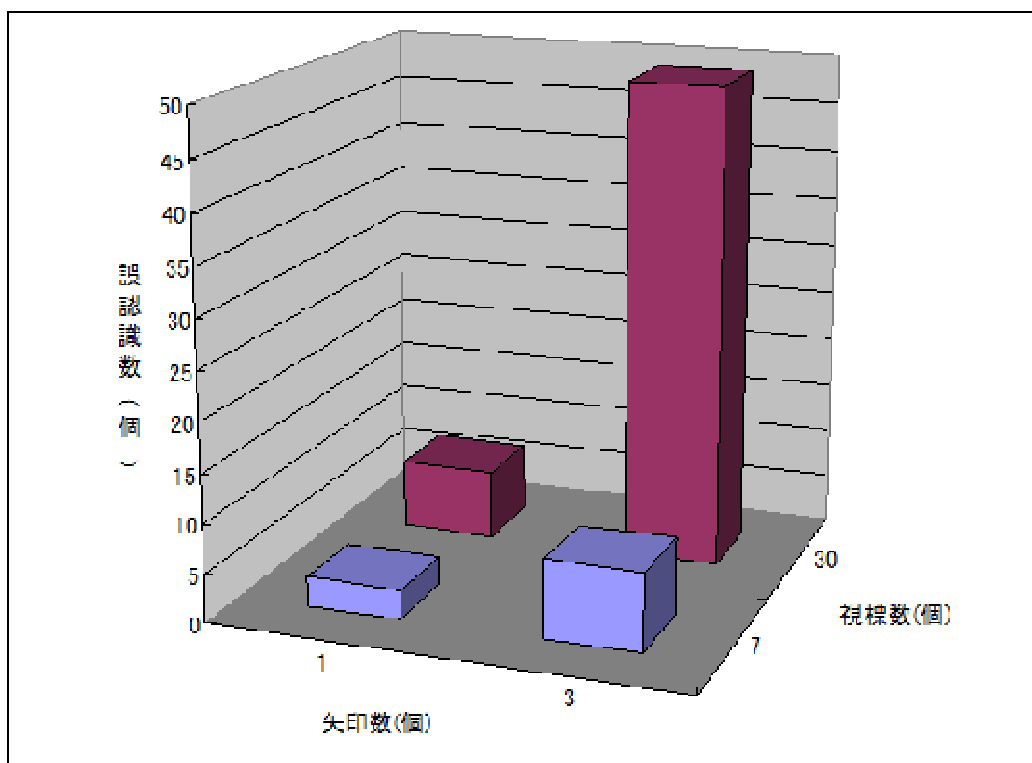


図 5.6 チェッカー刺激での誤認識数

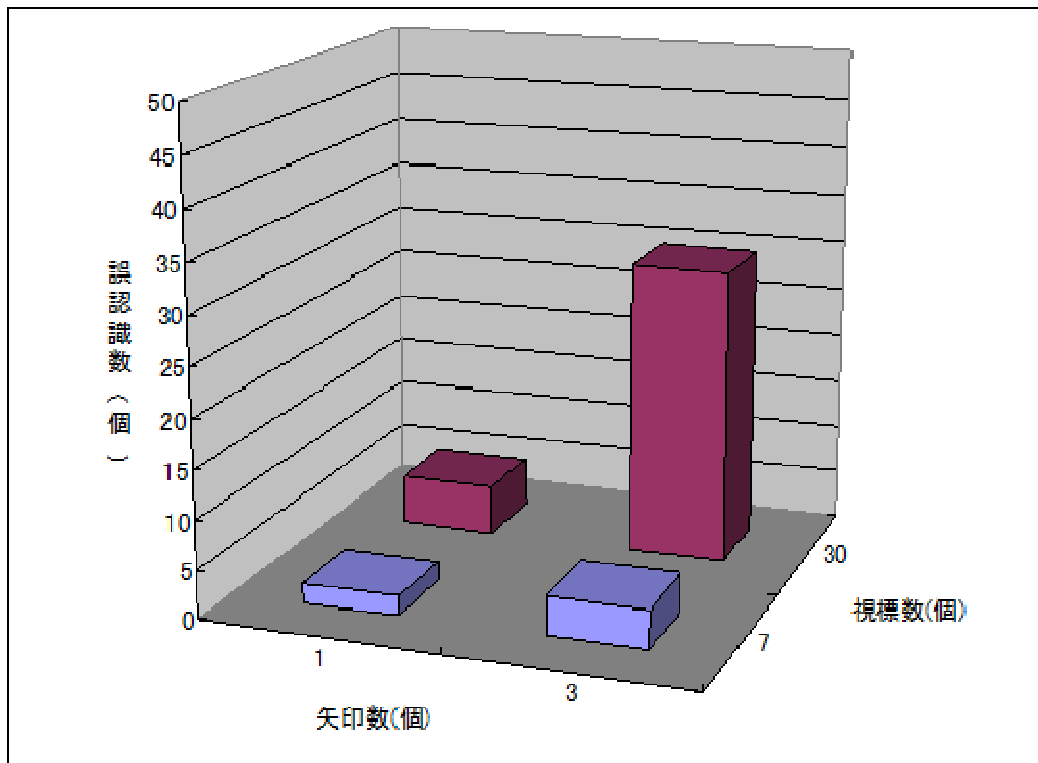


図 5.7 課題なしでの誤認識数

視線移動課題では、最も情報が単純な視標 7 矢印 1 以外の全条件において影響が見られるのに対して、チェッカー刺激では視標 30 矢印 3 の最も複雑な条件においての妨害効果が見られた。

また、実験結果は個人差があり、全体的な傾向として、大きく 2 種類のグループに別れることがわかった。チェッカー刺激と視線移動課題の妨害効果がどちらも見られるグループを A、視線移動課題にのみ妨害効果が表れるグループを B とした。チェッカー刺激において妨害効果が見られる矢印数 3 の条件のみを抽出し、A グループの代表例を図 5.7、B グループの代表例を図 5.8 に二次課題および視標数ごとの誤認識数をそれぞれ示す。A は女性のみ、B は男性のみと男女で別れることとなった。

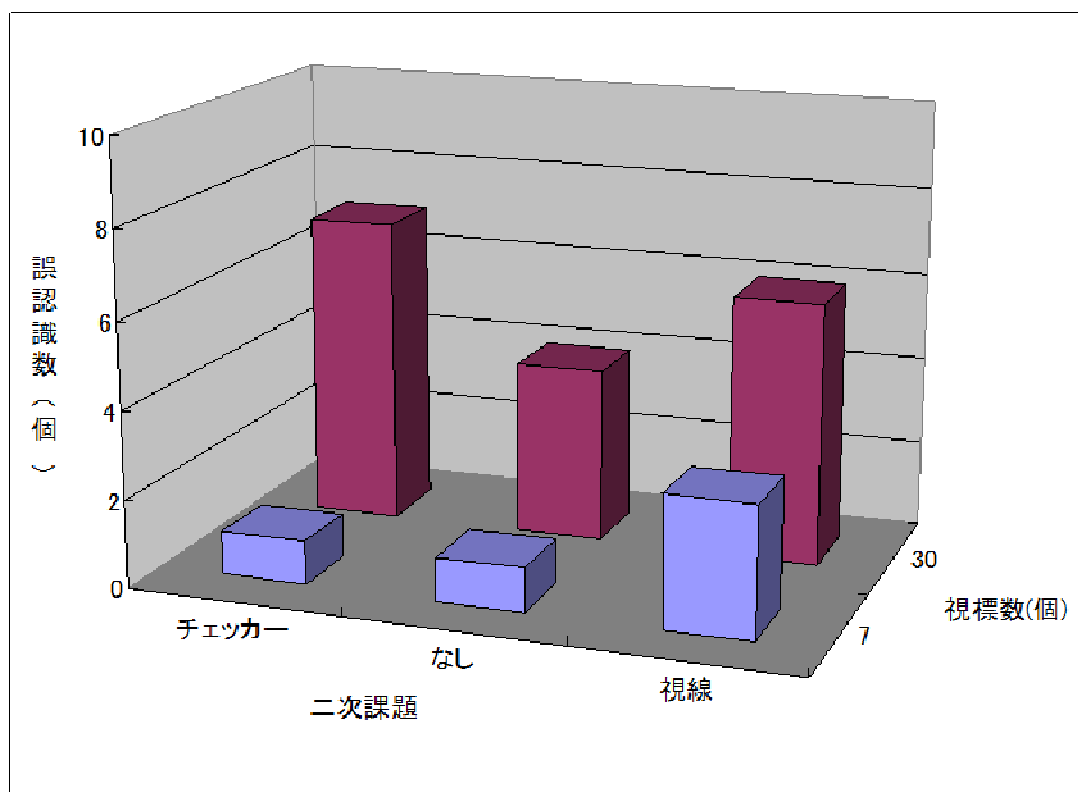


図 5.8 A グループの誤認識数の代表例

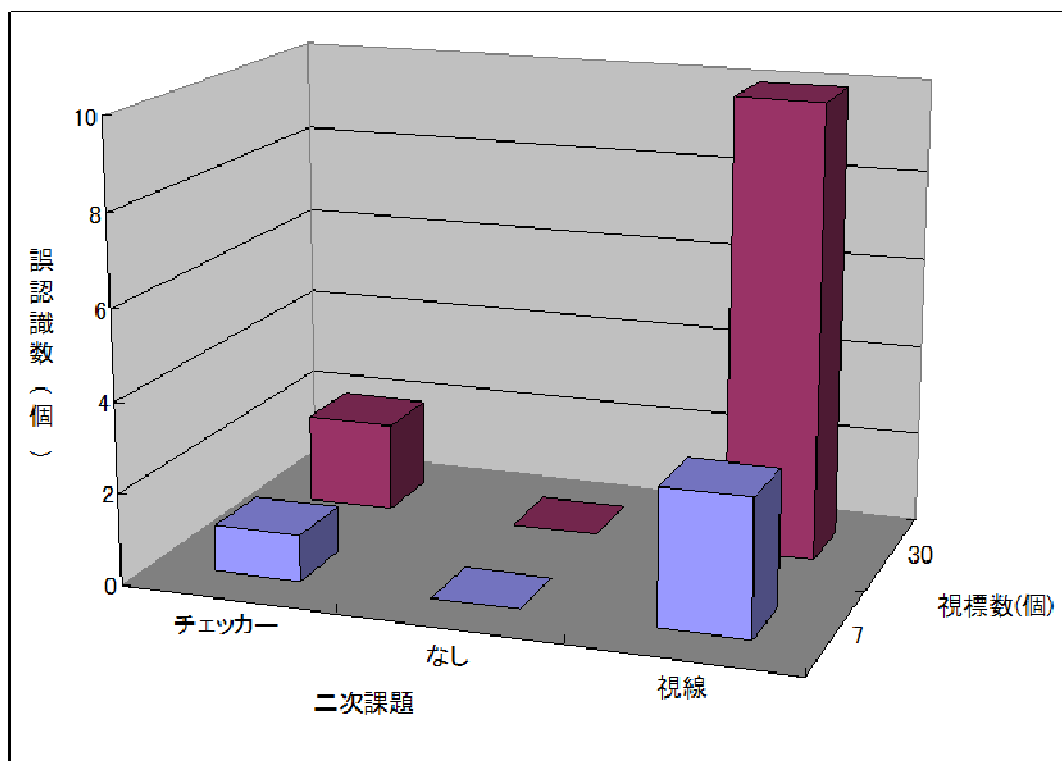


図 5.9 B グループの誤認識数の代表例

5.4 考察

どの実験参加者も矢印数 1 の場合においては、視標数の増加と二次課題の有無によって成績が下がる傾向が多かった。これは、容量節約問題(limited capacity)によるものであると考えられる。要領節約問題とは、異なる 2 つの課題を遂行すること自体がある程度の成績低下を引き起こす現象である。

チェッカー刺激の妨害効果が見られたのは A グループの実験参加者で矢印数 3 視標数 30 の条件のみであった。

一方、視線移動課題は全ての被験者に対して妨害効果があり、また、視標数の増減によって妨害効果に変化は見られなかった。これは、本実験のような指示表示においては、主に空間的な情報を抽出し記憶しているためではないかと考えられる。

また、A グループの実験参加者は情報量が記憶の許容量を超えた場合、視覚的イメージと空間的な情報を併用して記憶していたと考えられる。チェッカー刺激のような無関連資格刺激は、単純な視覚的リハーサルには妨害効果を持たず、意識的な状態で保持されるイメージにのみ妨害効果があるとされていることから⁽²²⁾、グループ A 実験参加者は視覚イメージを意識的に保持していたものと思われる。Quinn らは、無関連視覚刺激の妨害効果を検証する実験において、一次課題にペグワード法を採用している⁽²²⁾。ペグワード法とは、単語のリストを記憶する際、あらかじめ数字に対応付けられたイメージと単語のイメージを合成しながら記憶する方法である。A グループの被験者は、ターゲットの位置を記憶する際、ペグワード法のようになんらかのイメージと合成しながら記憶した可能性があるかと推測される。

実験結果から、ドライバは表示情報から空間的情報、さらに場合によっては視覚的情報を抽出して記憶しており、抽出した記憶情報からメンタルイメージを作成し探索画面と照合していると考えられる。例えば、ターンバイターン型ナビゲーションなどで表示像が CG による簡略図であっても、実前景の道路と照合し、対応付けることができるのは、空間的記憶や視覚的記憶と一致する特徴を探索し、対応付けているのであると思われる。

前章で考察した Mental Expansion はメンタルイメージの拡大縮小であると仮定したが、第四章の実験条件(ターゲット数 1, 視標数 7)のように空間的情報記憶のみが使用される条件で確認できる現象であった。このため、メンタルイメージは、抽出した空間情報を元にしており、Mental Expansion も空間情報記憶を元にしたメンタルイメージで引き起こされていたと考えることが出来る。

さて、実際の自動車運転時において、チェッカー刺激のような無関連視覚刺激はほぼ存在しないと思われる。このため、ヘッドダウンディスプレイを使用した照合プロセスを考えた場合、空間的情報への妨害効果としてまず考えられるのが、俯角差による視線移動である。第 2 章の複雑さへの対応性評価実験において、表示像を複雑にすると一度に記憶しきれず、前景と表示像を視線が何度も往復する動作が存在したことを述べた。本実験では二次課題呈示と同時に表示像画面は消えてしまうのでこういった視線往復はなかったが、一般的なヘッドダウンディスプレイ表示装置では、他の操作を行わない限り指示表示画面は長時間表示されたままの状態であると想像できる。このためヘッドダウンディスプレイを使用した実際の運転時においても、視線移動による妨害効果は無視できないものであると推測される。

また、ヘッドアップディスプレイにおいては視線移動量こそ小さいものの、表示像を記憶し前景と対応付けるという照合プロセスはヘッドダウンディスプレイと同様である。このため、時間経過でのワーキングメモリの減衰、あるいは運転操作や注意の移動による妨害効果を受ける可能性があり、特に表示コンテンツが複雑な場合などでは注意が必要であると思われる。

しかし、AR 表示装置においては、前景と表示像を一体のものとして認識し、メンタルイメージを作成すると考えられる。このため、妨害効果を受けることなく瞬時に指示されたオブジェクトを同定し、運転操作を決定することができる。

5.6 まとめ

指示表示における照合プロセスでは、主に空間的情報記憶が使われ、メンタルイメージを作成していることが示された。

従来のヘッドアップディスプレイやヘッドダウンディスプレイでは、運転時において様々な記憶妨害効果が予想されるため注意が必要であるが、AR 表示装置では妨害効果を受けることなく瞬時に運転操作を決定することができる。

第 6 章

結論

本研究の成果を以下にまとめる.

- (1) 一般的な右ハンドル仕様セダン乗用車のフロントガラス内全前景エリアにおいて, 短時間認識性, 正確な情報受容, 複雑さへの対応性の全項目で, AR 表示装置は従来のヘッドアップディスプレイやヘッドダウンディスプレイよりも優れている. 中でも, 表示情報読み取り時間はヘッドダウンディスプレイよりも 40~50%ほど短い.
- (2) 自動車用表示装置の認識応答性は, 前景と表示像との俯角差の増加, 視距離差の増加, 縮尺差の増加, さらにワーキングメモリの妨害効果によって低下する. AR 表示装置の優位性は, これらの要因による影響を受けないためである.
- (3) 自動車用表示装置の表示像認知にける照合プロセスについて, 次のようなモデルを提案できる.
 - ① 表示情報から空間情報等を抽出する. 広域視野範囲での複雑な表示像提示等の条件において頭部運動, 眼球運動, 周辺視などによる反応時間遅延が存在する.
 - ② 空間情報等からメンタルイメージを作成する. AR 表示では表示像と前景を一体化してメンタルイメージを作成するが, その際, `pseudo_AR` では視距離差による二重像が発生し, 誤認識が起きやすくなる.
 - ③ 前景を視認する. 前景と表示装置の俯角差や視距離差によって頭部運動, 眼球運動が発生し, 反応時間が遅延する. さらに, 視線移動や機器の操作によって空間的記憶が妨害される. なお AR 表示では最初から前景を視認しているため, この認知過程は存在しない.
 - ④ メンタルイメージと前景を比較する. 両者の縮尺差による `Mental Expansion` の影響で反応時間が遅延する. AR 表示では最初から前景を視認しているため, この認知過程は存在しない.
 - ⑤ 表示像によって示された前景オブジェクトを同定し, 運転操作を決定する.

図 6.1 にこの照合プロセスモデルを示す. 赤い吹き出しは認識応答性を低下させる要因を意味している.

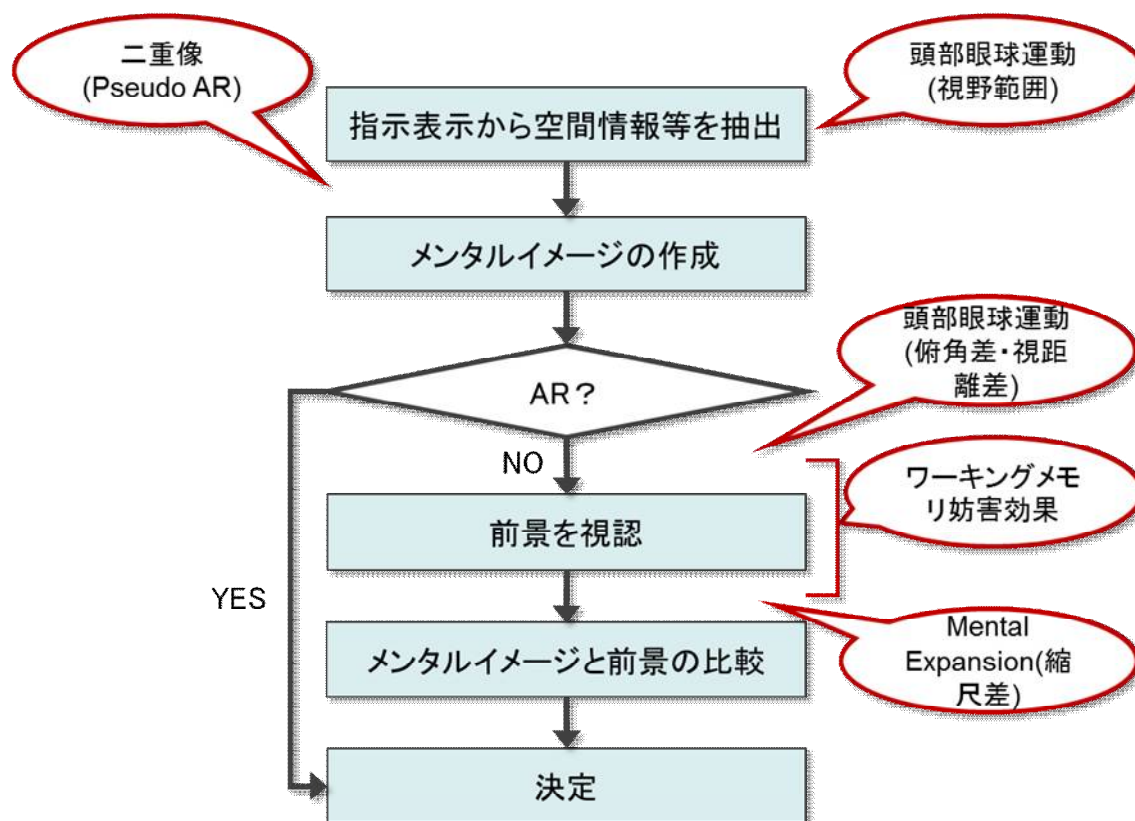


図 6.1 自動車用表示装置の照合プロセス

本研究では、指示表示の照合プロセスを解析し、自動車 AR 表示装置が、従来の表示装置よりも様々な面で優れた特性を示すことがわかった。

認知特性に優れた自動車用表示装置を設計するならば、前景と表示像の俯角差、視距離差、縮尺差を可能な限り小さくすることが求められるが、ドライバの安全性や快適性を考慮して吟味する必要がある。

しかし、従来のヘッドアップディスプレイでは視野妨害などの問題がある表示像でも AR 表示装置ならば十分に実用を検討できると思われる。

三次元的に前景と完全重畳する AR 表示装置が最善であるが、前景視距離は絶えず変化する上に、オブジェクトごとに異なっている。このため、前景と表示像の視距離を完全に合わせることは非常に困難であり、コストや簡易性などを

考慮した現実的な表示装置としては、一定の視距離のみの AR 表示像，即ち pseudo-AR をある程度の範囲のみに呈示するなどの方式が挙げられる。

このような例では，表示像と前景オブジェクトの乖離や視距離差が存在することから複雑な前景対象を指示するには不向きであるが，精密さを要求しない大まかなルートガイダンスなどでは従来の表示装置よりも有効であると思われる。また，ナイトビジョンなどでは，進行方向に存在する見えにくい歩行者や障害物などの大まかな位置に指示表示を重畳させるだけでも，安全性に十分な効果があるのではないだろうか。また，片方の眼のみに表示像を投影する単眼ヘッドアップディスプレイ⁽²³⁾ならば pseudo-AR であっても二重像は発生せず精密な指示が可能であると考えられる。

また，ドライバの視野上部や下部など限定的な範囲のみに像を表示するヘッドアップディスプレイにおいても，表示するコンテンツによっては AR 表示に切り替えることなどの工夫によって快適な情報提示ができると思われる。

AR 表示像は画像処理の特性上，実前景から 30ms 程度遅れて表示されてしまうため，ここに大きな振動などが体に伝わると前景と表示像の空間的なズレを引き起こし，運転の妨げになることが報告されている⁽²⁴⁾。これを防ぐためには，表示像を短時間のみ表示し消失させる，あるいは点滅させるといった手法が考えられる。

このように現実的に実現可能な範囲から積極的に AR 表示を検討していくことで，人間の認知システムに合致した，より安全で快適な自動車運転が可能になるとと思われる。

謝辞

本研究に関し主査として、大局から細部にいたるところまで終始熱心に御指導、御教授を賜りました、名城大学大学院都市情報学研究科 岡林繁教授に心より厚く御礼申し上げます。

本研究に関し副査として、心理学的な側面から適切な御指導、御教示を賜りました、名城大学大学院総合学術研究科 伊藤康児教授に心より厚く御礼申し上げます。

本研究に関し副査として、都市情報学的な側面から適切な御指導、御教示を賜りました、名城大学大学院都市情報学研究科 海道清信教授、名城大学大学院都市情報学研究科 大野栄治教授に心より厚く御礼申し上げます。

更に、本研究を進めるにあたり、実験にご協力くださいました、名城大学大学院都市情報学研究科岡林研究室、名城大学都市情報学部岡林ゼミ室の皆様に心から感謝いたします。

最後に、影から支えてくださった名城大学都市情報学部教職員の皆様に、心から感謝いたします。

参考文献

- 1) Wikipedia 「キューヨーの砲車」,
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AD%E3%83%A5%E3%83%8B%E3%83%A7%E3%83%BC%E3%81%AE%E7%A0%B2%E8%BB%8A>, (2016. 1. 23 アクセス)
- 2) 深野純一, 廣田幸嗣: “自動車用表示装置の技術動向と将来展望”, テレビジョン学会技術報告, Vol. 16, No. 83, pp. 5-10, (1992)
- 3) 自動車技術会「日本の自動車技術 240 選 ホンダ・エレクトロ・ジャイロケータ」, <https://www.jsae.or.jp/autotech/data/14-2.html>, (2016. 1. 22 アクセス)
- 4) 自動車技術会「日本の自動車技術 240 選 インテリジェントナイトビジョン」, <https://www.jsae.or.jp/autotech/data/13-4.html>, (2015. 2. 1 アクセス)
- 5) S. Okabayashi, M. Sakata, T. Daidoji, J. Fukano, T. Hashimoto and T. Ishikawa :
“Development of Practical Heads-Up Display for Production Vehicle Application, SAE TRANSACTIONS, vol. 98, pp. 638-647, (1989)
- 6) 坂口靖雄, 桶口和則, 中野倫明, 山本新: “目の順応特性を考慮した車載ディスプレイの表示”, 豊田中央研究所 R&D レビュー, Vol. 33, No. 2, (1998)
- 7) 和田隆, 岡林繁, 杉江昇, 畑田豊彦: “色相別空間周波数特性からみた自動車用他色表示装置の表示像認識”, 照明学会全国大会講演論文集, 35, (2002)
- 8) 岡林繁, 古川政光, 坂田雅男: “自動車用ヘッドアップディスプレイにおける前景情報と表示情報の認識について”, 照学誌, Vol. 75, No. 6, pp. 3-10, (1991)
- 9) 矢野将大朗, 岡林繁, 伊藤康児: “AR(Augmented Reality)技術を応用した自動車用表示装置認知応答特性における認知科学的考察”, 都市情報学研究, No. 18, pp. 21-25, (2013)
- 10) P. M. Fitts : “The Information Capacity of the Human Motor System in Controlling the Amplitude of Movement”, Journal of Experimental Psychology, Vol. 47, No. 6, pp. 381-391, (1954)

- 11) I. S. MacKenzie : “A Note on the Information-Theoretic Basis for Fitts' Law”,
Journal of Motor Behavior, Vol. 21, pp. 323-330, (1989)
- 12) 安藤理恵, 岡林繁 : “自動車用オーグメンテッド・インターフェースにおける表示像までの視距離の影響”, 電子通信学会技術報告 IECE Technical Report,
pp. 1-6, (2009)
- 13) 田崎京二, 大山正, 桶渡涓二 (編) : “視覚情報処理”, 第二章 pp. 129-132,
(1979)
- 14) 熊田孝恒, 菊池正 : “視知覚における注意研究の動向前-スポットライト・アナロジーを中心として-”, Tukuba Psychological Research, Vol. 10, pp. 17-25, (1988)
- 15) S. M. Kosslyn : “Image and Brain: The Resolution of the Imagery Debate”,
Cambridge, MA: MIT Press, (1994)
- 16) A. Baddeley, G. Hitch : “Working memory”, The psychology of learning and
motivation, Vol. 8, pp. 47-89, (1974)
- 17) A. Baddeley, “The episodic buffer: A new component of working memory? ”,
Trends in Cognitive Sciences, Vol. 4, pp. 417-423, (2000)
- 18) M. M. Smyth, N. A. Pearson, L. R. Pendleton, “Movement and working memory:
Patterns and positions in space”, The Quarterly Journal of Experimental Psychology
Section A: Human Experimental Psychology, Vol. 40, pp. 497-514, (1988)
- 19) M. M. Smyth, K. A. Scholey, “Interference in immediate spatial memory.”,
Memory and Cognition, Vol. 22, pp. 1-13, (1994)
- 20) 須藤智, 兵藤宗吉, “作動記憶における視覚的リハーサルの検討: 視覚パター
ンテストにおける再生課題と再認課題の比較から”, 認知心理学研究, Vol. 3,
No. 2, pp. 149-156, (2006)
- 21) J. G. Quinn, J. McConnell, “Irrelevant pictures in visual working memory.”,
Quarterly Journal of Experimental Psychology, Vol. 49, No. 1, pp. 200-215, (1996)

- 22) 高村真広, 宮谷真人, “無関連な視覚刺激の提示が視覚イメージの鮮明度に及ぼす影響”, 広島大学心理学研究, Vol. 9, pp. 17-26, (2009)
- 23) 奥村治彦, 堀田あいり, 佐々木隆, 他: “高臨場感単眼ヘッドアップディスプレイ: WARP(高臨場感ディスプレイフォーラム 2013~高臨場感ディスプレイの可能性とビジネスを探る)”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 37, No. 46, pp. 5-9, (2013)
- 24) 中島佐和子, 井野秀一, 伊福部達: “複合現実感の車両応用時の生体影響に関する定量的評価”, 生体医工学, 日本エム・イー学会誌, Vol. 45, No. 1, pp. 84-91, (2007)
- 25) R. Phaneuf, J. O'Brien: “Head-up Displays in Commercial Aviation”, AIAA Aircraft Systems and Technology Meeting, pp. 77-1241, (1977)
- 26) L. Engel: “Visual Conspicuity, Directed Attention and Retinal Locus”, Vision Research, No. 11, pp. 563-576, (1971)
- 27) D. B. Cohn: “Introduction to Head-UP Displays”, SPIE' Short Course Notes 33rd Annual International Technical Symposium on Optical & Optoelectronic Applied Science & Engineering, pp. 28-40, (1989)
- 28) 大橋智樹, 行場次朗: “複合数字抹消検査による全体・部分情報に対する注意制御特性”, 北陸心理学会第 36 回大会発表論文集, pp. 51-52, (2001)
- 29) K. W. Gish, L. Staplin: “Human Factors Aspects of Using Head Up Displays in Automobiles: A Review of the Literature”, US Dep. Of Trans. DOT HS 808 320, Interim Report, (1995)
- 30) T. Phillip, G. Anita, N. Rickard, L. Tobias: “An On-Road Study of Head-Up Display: Preferred Location and Acceptance Levels”, Proc. Human Factors and Ergonomics Soc. 55th meeting, pp. 1914-1918, (2011)
- 31) 阿山みよし, 藤田雄大, 鈴木順 他: “ナイトビジョンシステムの視認性評価とそのヘッドアップディスプレイ表示の検討”, 照学誌, Vol. 91, No. 5, pp. 251-257, (2007)

- 32) J. G. Quinn, J. McConnell : “Irrelevant pictures in visual working memory”, Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49A, pp. 200-215, (1996)
- 33) M. Miyatani, S. Maedo, T. Akai : “Effects of display and memory load on event-related potentials during a visual search task”, The Japanese Journal of Psychology, Vol. 65, No. 4, pp. 303-311, (1994)
- 34) 中村耕治, 安藤浩, 川原伸章 : “「ウインドシールドディスプレイ」による安全で快適な画像情報呈示”, デンソーテクニカルレビュー, Vo. 10, No. 2, pp. 117-123, (2005)
- 35) 大山 : “反応時間研究の歴史と現状”, 人間工学 21(2), pp. 57-64, (1985)
- 36) E. Fischera, A. Price : “Cognitive Issue in Head-Up Displays”, NASA Contractor Report 1711 (1980)
- 37) M. Miyatani, S. Maedo, T. Akai : “Effects of display and memory load on event-related potentials during a visual search task”, The Japanese Journal of Psychology, **65**, 4, pp. 303-311, (1994)

論文等目録

学術論文等

- 1) 長谷川浩之，岡林繁：“前景と表示像との対応付けにおけるドライバのワーキングメモリ機能分析”，都市情報学研究，No. 17，pp. 13-18，(2012)
- 2) H. Hasegawa, S. Yano, S. Okabayashi, T. Wake：“A Cognitive Model for Fast Recognition in Images Displayed by Automotive Augmented Interface Systems”，IDW’13，Vol. 20，pp. 1174-1177，(2013)
- 3) 岡林繁，長谷川浩之，笠置剛：“自動車におけるオーグメンテッドリアリティディスプレイシステム最適設計する場合の鍵となる要因”，都市情報学研究，No. 19，pp. 15-19，(2014)
- 4) 笠置剛，長谷川浩之，岡林繁，和氣典二：“自動車用 AR(Augmented Reality)表示装置応用上の情報認知的課題解決の方向性”，自動車技術会学術講演，No.17-15A，(2015)
- 5) 長谷川浩之，笠置剛，岡林繁，和氣典二：“自動車用 AR(Augmented Reality)表示装置の視覚情報受容における優位性解析”，映像情報メディア学会誌，No. 69，Vol. 10，pp. 286-291，(2015)
- 6) 長谷川浩之，笠置剛，岡林繁，和氣典二：“前景との照合型指示表示におけるエリアの縮尺の設定”，ヒューマンインターフェース学会論文誌，No. 18，Vol. 1，pp. 35-44，(2016)

研究発表等

- 1) 長谷川浩之，笠置剛，安藤理恵，岡林繁：“自動車用オーグメンテッドディスプレイにおける認識応答時間の検証”，電気関係学会東海支部連合大会，2009 巻，ROMBUNNO.O-180，(2009)
- 2) 長谷川浩之，矢野正太郎，岡林繁，和氣典二：“自動車用オーグメンテッドインターフェースシステムの瞬読性解析における表示情報認知モデルの考察”，電気関係学会東海支部連合大会，2013 巻，ROMBUNNO.PO1-22，(2013)
- 3) 長谷川浩之、岡林繁：“自動車用 AR 表示装置における認知特性の解析”，照明学会東海支部若手セミナー予稿集，(2016)

表彰等

1) 2016 年 2 月 照明学会 若手研究奨励賞受賞

対象：“自動車用 AR 表示装置における認知特性の解析”

平成 27 年度照明学会東海支部若手セミナー

付録

A.1 評価実験プログラム

A.1.1 Form1

Private Declare Function timeGetTime Lib "winmm.dll" () As Long

Private Declare Function MessageBeep Lib "user32" (ByVal wType As Long) As Long

Private Declare Function SetCursorPos Lib "user32" (ByVal X As Long, ByVal y As Long) As Long

Private Declare Function GetCursorPos Lib "user32" (lpPoint As POINTAPI) As Long

Private Type POINTAPI

X As Long

y As Long

End Type

Private Mop As POINTAPI

Option Explicit

Dim StartTime As Long, pTime As Long, iTime As Long, resTime(512, 6) As Long

Dim rWhite(0) As Integer, iWhite(0) As Integer, rGreen(0) As Integer, iGreen(0) As Integer

Dim wF1 As Integer, hF1 As Integer, wF2 As Integer, hF2 As Integer

Dim wcF1 As Integer, hcF1 As Integer, wcF2 As Integer, hcF2 As Integer

Dim wRatio(0) As Double

Dim shuffle As Integer, Rnd1 As Integer, Rnd2 As Integer

Dim dataNum(100) As Integer, dnTmp As Integer

Dim tNum As Integer

**Dim dName As String, fPass As String, fName1 As String, fName2 As Integer,
fName3 As Integer**

Dim iiPass As String, riPass As String

Dim fViewNum(0) As Integer

Dim fViewX(1024, 30) As Long, fViewY(1024, 30) As Long

Dim aViewX(1024, 6) As Long, aViewY(1024, 6) As Long

Dim mClick(0) As Integer

Dim mpX(512, 6) As Long, mpY(512, 6) As Long

Dim i As Integer, j As Integer, k As Integer, a(0) As Integer

Dim interfaceNum(0) As String

Dim FSys As New FileSystemObject

Dim myFile As TextStream

Private Sub Form_Load()

Form2.Show

Call fVisible

rWhite(0) = 54 '実像視標

rGreen(0) = 59

iWhite(0) = 39 '虚像視標

iGreen(0) = 46

wRatio(0) = 1067 / 2700

fPass = "C:\Documents and Settings\Yokabayas.OKABAYAS\Desktop

\ando\複雑さ"

riPass = fPass & "r 矢印.bmp"

iiPass = fPass & "i 矢印.bmp"

dName = "Rnd\Rnd00"

interfaceNum(0) = "cHud"

For i = 0 To 100

dataNum(i) = i

Next

```

        mClick(0) = 0
End Sub

Private Sub Form_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
    If KeyCode = vbKeyF5 Then
        Call arrayData_Initialization
        Call fPoint_Draw
        Call tVisible
        Form2.Line (wcF2 + 15, hcF2 - 2)-(wcF2 - 15, hcF2 + 2), RGB(rWhite(0),
rWhite(0), rWhite(0)), BF
        Form2.Line (wcF2 + 2, hcF2 - 15)-(wcF2 - 2, hcF2 + 15), RGB(rWhite(0),
rWhite(0), rWhite(0)), BF

        ElseIf KeyCode = vbKeyF6 Then
            Form1.Cls
            Form2.Cls
        End If

        If KeyCode = vbKeyF4 Then
            logRet = ClipCursorOff(&H0)
            End
        End If
    End Sub

Private Sub fPoint_Draw()
    Form1.Line (wcF1 + 15, hcF1 - 2)-(wcF1 - 15, hcF1 + 2), RGB(rWhite(0),
rWhite(0), rWhite(0)), BF
    Form1.Line (wcF1 + 2, hcF1 - 15)-(wcF1 - 2, hcF1 + 15), RGB(rWhite(0),
rWhite(0), rWhite(0)), BF
End Sub

Private Sub fView_Draw()
    fViewNum(0) = 0
    For fViewNum(0) = 1 To fName2
        Form1.Line (wcF1 + fViewX(a(0), fViewNum(0)), hcF1 + fViewY(a(0),

```

```
fViewNum(0)))-(wcF1 + fViewX(a(0), fViewNum(0)) + 46, hcF1 + fViewY(a(0),  
fViewNum(0)) + 46), RGB(rWhite(0), rWhite(0), rWhite(0)), BF
```

```
Form2.Line (wcF2 - (wRatio(0) * fViewX(a(0), fViewNum(0))), hcF2 +  
(wRatio(0) * fViewY(a(0), fViewNum(0)))-(wcF2 - wRatio(0) * (fViewX(a(0),  
fViewNum(0)) + 48), hcF2 + wRatio(0) * (fViewY(a(0), fViewNum(0)) + 48)),  
RGB(iWhite(0), iWhite(0), iWhite(0)), BF
```

```
Next
```

```
Call arrow_Draw
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
If Text1.Text = "" Or Text2.Text = "" Or Text3.Text = "" Or Text4.Text = ""
```

```
Then
```

```
MsgBox ("必要事項を入力してください")
```

```
Else
```

```
Call fVisible
```

```
tNum = Text1.Text
```

```
fName1 = Text2.Text
```

```
fName2 = Text3.Text
```

```
fName3 = Text4.Text
```

```
End If
```

```
Form1.Cls
```

```
Form2.Cls
```

```
Randomize
```

```
For shuffle = 0 To 10000
```

```
Rnd1 = Int(10000 * Rnd() Mod 100) + 1
```

```
Rnd2 = Int(10000 * Rnd() Mod 100) + 1
```

```
dnTmp = dataNum(Rnd1)
```

```
dataNum(Rnd1) = dataNum(Rnd2)
```

```
dataNum(Rnd2) = dnTmp
```

```
Next
```

```
Call fRead
```

```
Call doExam
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
logRet = ClipCursorOff(&H0)
End
End Sub
```

```
Private Sub tVisible()
    With Label1
        .Visible = True
        .Top = 24
        .Left = 32
        .Height = 17
        .Width = 65
        .FontSize = 9
        .Caption = "試行回数"
    End With
    Text1.Enabled = True
    Text1.Visible = True
    Label2.Visible = True
    Text2.Enabled = True
    Text2.Visible = True
    Label4.Visible = True
    Text3.Enabled = True
    Text3.Visible = True
    Label5.Visible = True
    Text4.Enabled = True
    Text4.Visible = True
    Label6.Visible = True
    Command1.Enabled = True
    Command1.Visible = True
    Command2.Enabled = True
    Command2.Visible = True
End Sub
```

```
Private Sub fVisible()
    Label1.Visible = False
    Text1.Enabled = False
    Text1.Visible = False
```

```

    Label2.Visible = False
    Text2.Enabled = False
    Text2.Visible = False
    Label4.Visible = False
    Text3.Enabled = False
    Text3.Visible = False
    Label5.Visible = False
    Text4.Enabled = False
    Text4.Visible = False
    Label6.Visible = False
    Command1.Enabled = False
    Command1.Visible = False
    Command2.Enabled = False
    Command2.Visible = False
End Sub

Private Sub examEnd()
    logRet = ClipCursorOff(&H0)
    With Label1
        .Visible = True
        .Top = hcF1 - 15
        .Left = wcF1 - 200
        .Height = 30
        .Width = 400
        .FontSize = 12
        .Caption = "実験終了です。おつかれさまでした。"
    End With
End Sub

Private Sub arrayData_Initialization()
    wF1 = Form1.Width / 15
    hF1 = Form1.Height / 15
    wF2 = Form2.Width / 15
    hF2 = Form2.Height / 15
    wcF1 = Form1.Width / 30
    hcF1 = Form1.Height / 30

```

```

    wcF2 = Form2.Width / 30
    hcF2 = Form2.Height / 30
End Sub

```

```

Private Sub arrow_Draw()
    If fName3 = 1 Then
        Call img1Arrow
    ElseIf fName3 = 2 Then
        Call img1Arrow: Call img2Arrow
    ElseIf fName3 = 3 Then
        Call img1Arrow: Call img2Arrow: Call img3Arrow
    ElseIf fName3 = 4 Then
        Call img1Arrow: Call img2Arrow
        Call img3Arrow: Call img4Arrow
    ElseIf fName3 = 5 Then
        Call img1Arrow: Call img2Arrow: Call img3Arrow
        Call img4Arrow: Call img5Arrow
    Else
        Call img1Arrow: Call img2Arrow: Call img3Arrow
        Call img4Arrow: Call img5Arrow: Call img6Arrow
    End If
End Sub

```

```

Private Sub img1Arrow()
    If interfaceNum(0) = "AD" Then
        With Form1.Image1
            .Left = wcF1 + aViewX(a(0), 1)
            .Top = hcF1 + aViewY(a(0), 1) + 47
            .Visible = True
            Set .Picture = LoadPicture(riPass)
        End With
    Else
        With Form2.Image1
            .Left = wcF2 - wRatio(0) * (aViewX(a(0), 1) + 48)
            .Top = hcF2 + wRatio(0) * (aViewY(a(0), 1) + 48)
        End With
    End If
End Sub

```

```

        .Width = wRatio(0) * 48
        .Height = wRatio(0) * 48
        .Visible = True
        Set .Picture = LoadPicture(iiPass)
    End With
End If
End Sub

Private Sub img2Arrow()
    If interfaceNum(0) = "AD" Then
        With Form1.Image2
            .Left = wcF1 + aViewX(a(0), 2)
            .Top = hcF1 + aViewY(a(0), 2) + 47
            .Visible = True
            Set .Picture = LoadPicture(riPass)
        End With
    Else
        With Form2.Image2
            .Left = wcF2 - wRatio(0) * (aViewX(a(0), 2) + 48)
            .Top = hcF2 + wRatio(0) * (aViewY(a(0), 2) + 48)
            .Width = wRatio(0) * 48
            .Height = wRatio(0) * 48
            .Visible = True
            Set .Picture = LoadPicture(iiPass)
        End With
    End If
End Sub

Private Sub img3Arrow()
    If interfaceNum(0) = "AD" Then
        With Form1.Image3
            .Left = wcF1 + aViewX(a(0), 3)
            .Top = hcF1 + aViewY(a(0), 3) + 47
            .Visible = True
            Set .Picture = LoadPicture(riPass)
        End With
    End If
End Sub

```

```

Else
    With Form2.Image3
        .Left = wcF2 - wRatio(0) * (aViewX(a(0), 3) + 48)
        .Top = hcF2 + wRatio(0) * (aViewY(a(0), 3) + 48)
        .Width = wRatio(0) * 48
        .Height = wRatio(0) * 48
        .Visible = True
        Set .Picture = LoadPicture(iiPass)
    End With
End If
End Sub

```

```

Private Sub img4Arrow()
    If interfaceNum(0) = "AD" Then
        With Form1.Image4
            .Left = wcF1 + aViewX(a(0), 4)
            .Top = hcF1 + aViewY(a(0), 4) + 47
            .Visible = True
            Set .Picture = LoadPicture(riPass)
        End With
    Else
        With Form2.Image4
            .Left = wcF2 - wRatio(0) * (aViewX(a(0), i) + 48)
            .Top = hcF2 + wRatio(0) * (aViewY(a(0), i) + 48)
            .Width = wRatio(0) * 48
            .Height = wRatio(0) * 48
            .Visible = True
            Set .Picture = LoadPicture(iiPass)
        End With
    End If
End Sub

```

```

Private Sub img5Arrow()
    If interfaceNum(0) = "AD" Then
        With Form1.Image5
            .Left = wcF1 + aViewX(a(0), 5)

```

```

        .Top = hcF1 + aViewY(a(0), 5) + 47
        .Visible = True
        Set .Picture = LoadPicture(riPass)
    End With
Else
    With Form2.Image5
        .Left = wcF2 - wRatio(0) * (aViewX(a(0), 5) + 48)
        .Top = hcF2 + wRatio(0) * (aViewY(a(0), 5) + 48)
        .Width = wRatio(0) * 48
        .Height = wRatio(0) * 48
        .Visible = True
        Set .Picture = LoadPicture(iiPass)
    End With
End If
End Sub

Private Sub img6Arrow()
    If interfaceNum(0) = "AD" Then
        With Form1.Image6
            .Left = wcF1 + aViewX(a(0), 6)
            .Top = hcF1 + aViewY(a(0), 6) + 47
            .Visible = True
            Set .Picture = LoadPicture(riPass)
        End With
    Else
        With Form2.Image6
            .Left = wcF2 - wRatio(0) * (aViewX(a(0), 6) + 48)
            .Top = hcF2 + wRatio(0) * (aViewY(a(0), 6) + 48)
            .Width = wRatio(0) * 48
            .Height = wRatio(0) * 48
            .Visible = True
            Set .Picture = LoadPicture(iiPass)
        End With
    End If
End Sub

```

Private Sub imgClear()

With Form1

```
Set .Image1.Picture = LoadPicture("")
Set .Image2.Picture = LoadPicture("")
Set .Image3.Picture = LoadPicture("")
Set .Image4.Picture = LoadPicture("")
Set .Image5.Picture = LoadPicture("")
Set .Image6.Picture = LoadPicture("")
.Image1.Visible = False
.Image2.Visible = False
.Image3.Visible = False
.Image4.Visible = False
.Image5.Visible = False
.Image6.Visible = False
```

End With

With Form2

```
Set .Image1.Picture = LoadPicture("")
Set .Image2.Picture = LoadPicture("")
Set .Image3.Picture = LoadPicture("")
Set .Image4.Picture = LoadPicture("")
Set .Image5.Picture = LoadPicture("")
Set .Image6.Picture = LoadPicture("")
.Image1.Visible = False
.Image2.Visible = False
.Image3.Visible = False
.Image4.Visible = False
.Image5.Visible = False
.Image6.Visible = False
```

End With

End Sub

Private Sub fRead()

```
Dim xlApp As Excel.Application
Dim xlBook As Excel.Workbook
Dim xlSheet As Excel.Worksheet
Set xlApp = New Excel.Application
```

```
Set xlBook = xlApp.Workbooks.Open(fPass & dName & ".xls")
Set xlSheet = xlBook.Worksheets(1)
```

```
xlApp.Visible = False
```

```
With xlSheet
```

```
    For i = 1 To tNum
```

```
        fViewX(i, 1) = .Range("A" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 1) = .Range("B" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 2) = .Range("C" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 2) = .Range("D" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 3) = .Range("E" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 3) = .Range("F" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 4) = .Range("G" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 4) = .Range("H" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 5) = .Range("I" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 5) = .Range("J" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 6) = .Range("K" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 6) = .Range("L" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 7) = .Range("M" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 7) = .Range("N" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 8) = .Range("O" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 8) = .Range("P" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 9) = .Range("Q" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 9) = .Range("R" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 10) = .Range("S" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 10) = .Range("T" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 11) = .Range("U" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 11) = .Range("V" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 12) = .Range("W" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 12) = .Range("X" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 13) = .Range("Y" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 13) = .Range("Z" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 14) = .Range("AA" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 14) = .Range("AB" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 15) = .Range("AC" & dataNum(i)).Value
```

fViewY(i, 15) = .Range("AD" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 16) = .Range("AE" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 16) = .Range("AF" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 17) = .Range("AG" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 17) = .Range("AH" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 18) = .Range("AI" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 18) = .Range("AJ" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 19) = .Range("AK" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 19) = .Range("AL" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 20) = .Range("AM" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 20) = .Range("AN" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 21) = .Range("AO" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 21) = .Range("AP" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 22) = .Range("AQ" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 22) = .Range("AR" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 23) = .Range("AS" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 23) = .Range("AT" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 24) = .Range("AU" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 24) = .Range("AV" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 25) = .Range("AW" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 25) = .Range("AX" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 26) = .Range("AY" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 26) = .Range("AZ" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 27) = .Range("BA" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 27) = .Range("BB" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 28) = .Range("BC" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 28) = .Range("BD" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 29) = .Range("BE" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 29) = .Range("BF" & dataNum(i)).Value
fViewX(i, 30) = .Range("BG" & dataNum(i)).Value
fViewY(i, 30) = .Range("BH" & dataNum(i)).Value
aViewX(i, 1) = .Range("BI" & dataNum(i)).Value
aViewY(i, 1) = .Range("BJ" & dataNum(i)).Value
aViewX(i, 2) = .Range("BK" & dataNum(i)).Value
aViewY(i, 2) = .Range("BL" & dataNum(i)).Value
aViewX(i, 3) = .Range("BM" & dataNum(i)).Value

```

        aViewY(i, 3) = .Range("BN" & dataNum(i)).Value
        aViewX(i, 4) = .Range("BO" & dataNum(i)).Value
        aViewY(i, 4) = .Range("BP" & dataNum(i)).Value
        aViewX(i, 5) = .Range("BQ" & dataNum(i)).Value
        aViewY(i, 5) = .Range("BR" & dataNum(i)).Value
        aViewX(i, 6) = .Range("BS" & dataNum(i)).Value
        aViewY(i, 6) = .Range("BT" & dataNum(i)).Value
    Next
End With

xlApp.DisplayAlerts = False
Set xlSheet = Nothing
xlBook.Close
Set xlBook = Nothing
xlApp.Quit
Set xlApp = Nothing
End Sub

Private Sub fSave()
    Dim xlApp As Excel.Application
    Dim xlBook As Excel.Workbook
    Dim xlSheet As Excel.Worksheet
    Set xlApp = CreateObject("Excel.Application")
    Set xlBook = xlApp.Workbooks.Add
    Set xlSheet = xlBook.Worksheets(1)

    With xlSheet
        For i = 1 To tNum
            For j = 1 To fName2
                .Cells(i, j * 2 - 1).Value = fViewX(i, j)
                .Cells(i, j * 2).Value = fViewY(i, j)
            Next j
            For k = 1 To fName3
                .Cells(i, (k - 1) * 5 + fName2 * 2 + 2).Value = aViewX(i, k)
                .Cells(i, (k - 1) * 5 + fName2 * 2 + 3).Value = aViewY(i, k)
                .Cells(i, (k - 1) * 5 + fName2 * 2 + 4).Value = resTime(i, k)
            Next k
        Next i
    End With
End Sub

```

```

        .Cells(i, (k - 1) * 5 + fName2 * 2 + 5).Value = mpX(i, k)
        .Cells(i, (k - 1) * 5 + fName2 * 2 + 6).Value = mpY(i, k)
    Next k
Next i
End With

xlApp.Visible = False
xlSheet.SaveAs fPass & fName1 & "O" & fName2 & "T" & fName3 & ".xls"
xlApp.Quit
Set xlSheet = Nothing
Set xlBook = Nothing
Set xlApp = Nothing

Call examEnd
End Sub

Private Sub mLock()
    Dim LookPo As MoPoint
    logRet = ClientToScreen(Me.hwnd, LookPo)
    MoLook.Left = LookPo.X '移動範囲を設定
    MoLook.Top = LookPo.y
    MoLook.Right = LookPo.X + wF1
    MoLook.Bottom = LookPo.y + hF1
    logRet = ClipCursor(MoLook) '現在位置でマウスカーソルをロック
End Sub

Private Sub Form_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, y
As Single)
    Call MessageBeep(&H40)
    resTime(a(0), mClick(0) + 1) = timeGetTime() - pTime
    GetCursorPos Mop
    mpX(a(0), mClick(0) + 1) = (Mop.X - wcF1)
    mpY(a(0), mClick(0) + 1) = (Mop.y - hcF1)
    mClick(0) = mClick(0) + 1
End Sub

```

```

Private Sub doExam()
    With Form1
        .FillStyle = vbFSSolid
        .FillColor = RGB(rWhite(0), rWhite(0), rWhite(0))
    End With
    With Form2
        .FillStyle = vbFSSolid
        .FillColor = RGB(iWhite(0), iWhite(0), iWhite(0))
    End With

    Call arrayData_Initialization
    Call mLock

    StartTime = timeGetTime
    Do
        DoEvents
    Loop Until timeGetTime() - StartTime > 1000

    Call imgClear

    For a(0) = 1 To tNum
        StartTime = timeGetTime
        Call MessageBeep(&H0)
        Call fPoint_Draw
        Mop.X = wcF1
        Mop.y = hcF1
        SetCursorPos Mop.X, Mop.y
        Call arrayData_Initialization
        Do
            DoEvents
        Loop Until timeGetTime() - StartTime > 1000
        Form1.Cls
        mClick(0) = 0
        pTime = timeGetTime
        Call fView_Draw
        Do

```

```

        DoEvents
    Loop Until mClick(0) = fName3
    iTime = timeGetTime
    Form1.Cls
    Form2.Cls
    Call imgClear
    mClick(0) = 0
    Do
        DoEvents
    Loop Until timeGetTime() - iTime > 2000

    If a(0) = tNum Then
        Call fSave
    End If
Next
End Sub

```

A.1.2 Module1

'標準モジュールに記入

Option Explicit

'マウ斯卡ーソルの移動範囲限定用

Declare Function ClipCursor Lib "user32" (lpRect As Any) As Long

'マウ斯卡ーソルの移動範囲解除用

Declare Function ClipCursorOff Lib "user32" Alias "ClipCursor" (ByVal lpRect As Long) As Long

'座標をスクリーン座標に変換

Declare Function ClientToScreen Lib "user32" (ByVal hwnd As Long, lpPoint As MoPoint) As Long

'移動範囲の構造体

Type MouseLook

Left As Long

Top As Long

Right As Long

Bottom As Long

End Type

'座標の構造体

Type MoPoint

X As Long

y As Long

End Type

Public MoLook As MouseLook

Public logRet As Long

A.2 解析実験プログラム

'AR,HUD,HDD,ISP における実験プログラム Ver.1.2(2014.07.18)

,

Produced by Kasagi

Private Declare Function timeGetTime Lib "winmm.dll" () As Long

Private Declare Function MessageBeep Lib "user32" (ByVal wType As Long) As Long

Private Declare Function SetCursorPos Lib "user32" (ByVal X As Long, ByVal y As Long) As Long

Private Declare Function GetCursorPos Lib "user32" (lpPoint As POINTAPI) As Long

Private Type POINTAPI

X As Long

y As Long

End Type

Private Mop As POINTAPI

Option Explicit

Dim StartTime As Long, pTime As Long, iTime As Long, resTime(70, 3) As Long

Dim rWhite(0) As Integer, rGreen(0) As Integer, iWhite(0) As Integer, iGreen(0) As Integer

Dim wF1 As Integer, hF1 As Integer

'Dim wF2 As Integer, hF2 As Integer

Dim wcF1 As Integer, hcF1 As Integer, wcF2 As Integer, hcF2 As Integer

Dim wRatio(0) As Double

Dim shuffle As Integer, Rnd1 As Integer, Rnd2 As Integer

Dim dataNum(70) As Integer, dnTmp As Integer

Dim tNum As Integer

Dim tar_ko As Integer

Dim fPass As String, dName As String, sName As String, iName As String

Dim fViewNum(0) As Integer

Dim fViewX(70, 7) As Long, fViewY(70, 7) As Long

Dim aViewX(70, 3) As Long, aViewY(70, 3) As Long

Dim mClick(0) As Integer

Dim sClick(0) As Integer

Dim mpX(70, 3) As Long, mpY(70, 3) As Long

Dim judgement(70) As Integer

Dim i As Integer, j As Integer, a(0) As Integer

Dim FSys As New FileSystemObject

Dim myFile As TextStream

'固視点のズレ量(補正数)

Dim fixpoint_x As Integer

Dim fixpoint_y As Integer

Dim s_target As Integer

Dim m_target_w As Integer

Dim m_target_h As Integer

Dim inf_type As Integer '表示方法の種類 0:AR,1:HUD,2:navi,3:inst

Dim area_type As Integer '表示方法の種類 0:AR,1:HUD,2:navi,3:inst

Dim n1 As Integer '適当な変数用

Dim n As Integer 'カウント用 (整数)

Dim m As Integer 'カウント用 (整数)

Dim X As Double 'カウント用 (倍精度実数)

Dim ccenter_x As Integer '固視点のX座標

Dim ccenter_y As Integer '固視点のY座標

Dim type_name As String 'AR or HUD or NAVI or INST

Dim area_name As String '05-05 or 10-10 or 20-20 or 50-20

Dim scale_distance_x As Double '虚像(AR 以外)の固視点からのX軸に対する距離比率

Dim scale_distance_y As Double '虚像(AR 以外)の固視点からの Y 軸に対する距離比率

Dim move_pic As Double '虚像(AR 以外)の固視点からの移動ピクセル数

Dim U_pro As Integer 'ユーザーのプロセス 0:何もしていない, 1: S P キー, 2:click1, 3:click2, 4:click3

Dim cli_X(70, 3) As Integer 'ユーザーの Click 応答場所(X or Y, U_pro)

Dim cli_Y(70, 3) As Integer 'ユーザーの Click 応答場所(X or Y, U_pro)

Dim tar_num(70, 3) As Integer

Dim outou(70, 3) As Integer

Dim hantei_fg(70, 35) As Integer

Private Sub Form_Load()

'ランダムイズ

n1 = Int((timeGetTime() / 1000) Mod 15 + 2)

For n = 1 To n1

Randomize

Next n

Form1.Show

rWhite(0) = 56 '実像視標

rGreen(0) = 61

iWhite(0) = 39 '虚像視標

iGreen(0) = 46

wRatio(0) = 1

Label4.Visible = False

U_pro = 0

For n = 1 To 70

For m = 1 To 3

outou(n, m) = 0

Next m

judgement(n) = 0

Next n

```

                                '固視点（センター）位置
fixpoint_x = 1800                '左からの dot 数
fixpoint_y = 426                '上からの dot 数

s_target = 17                   'スクリーン：34 dot／deg の半分の値
m_target_w = 17                 'モニター：幅 68 dot／deg の 1/4 の値
m_target_h = 18                 'モニター：高 72 dot／deg の 1/4 の値
'   m_target_w = 34             'モニター：幅 68 dot／deg の半分の値
'   m_target_h = 36             'モニター：高 72 dot／deg の半分の値

fPass = "C:¥Documents and Settings¥okabayas.OKABAYAS¥デスクトップ
¥test5¥"
dName = "Rnd¥Rnd01-1"
For i = 0 To 70
    dataNum(i) = i
Next i
mClick(0) = 0
sClick(0) = 0
Call fVisible
End Sub

Private Sub form_keydown(keycode As Integer, shift As Integer)

If keycode = vbKeySpace Then
    resTime(a(0), 0) = timeGetTime() - pTime

    For n = 1 To tar_ko
        Select Case inf_type
            Case 0                    ' AR
                Form1.Cls
                Form1.Image1(n - 1).Visible = False
            Case 1                    ' HUD
                Form1.Cls
                Form1.Image1(n - 1).Visible = False
            Case 2                    ' navi
                Form3.Cls

```

```

        Form3.Image1(n - 1).Visible = False
    Case 3
        ' inst
        Form3.Cls
        Form3.Image1(n - 1).Visible = False
    End Select
Next n

    U_pro = 1
    judgement(a(0)) = 0
    Call fView_Draw
ElseIf keycode = vbKeyF5 Then
    Call arrayData_Initialization
    Line1(0).Visible = False
    Line1(1).Visible = False
    For n = 0 To 2
        Form1.Image1(n).Visible = False
        Form1.Image1(n).Left = 0
        Form1.Image1(n).Top = 0
    Next n
    Call tVisible
ElseIf keycode = vbKeyF6 Then
    Form1.Cls
    Call fVisible
    '
    Form2.Cls
    Form3.Cls
ElseIf keycode = vbKeyF4 Then
    logRet = ClipCursorOff(&H0)
    End
End If

End Sub

Private Sub fView_Draw()

    fViewNum(0) = 0
    For fViewNum(0) = 1 To 7

```

```

        Form1.Line ((fixpoint_x + fViewX(a(0), fViewNum(0)) - s_target),
(fixpoint_y + fViewY(a(0), fViewNum(0)) - s_target))-((fixpoint_x + fViewX(a(0),
fViewNum(0)) + s_target), (fixpoint_y + fViewY(a(0), fViewNum(0)) + s_target)),
RGB(rWhite(0), rWhite(0), rWhite(0)), BF
    Next fViewNum(0)

```

End Sub

Private Sub fView1_Draw()

```

    fViewNum(0) = 0
    ccenter_x = 1800
    ccenter_y = (518 + 135 - 15)

    For n = 1 To tar_ko
        Form1.Image1(n - 1).Left = ccenter_x + (aViewX(a(0), n) / 7 *
scale_distance_x) - 17
        Form1.Image1(n - 1).Top = ccenter_y + (aViewY(a(0), n) / 4 *
scale_distance_y) + 17
        Form1.Image1(n - 1).Height = wRatio(0) * 34
        Form1.Image1(n - 1).Width = wRatio(0) * 34
        Form1.Image1(n - 1).Visible = True
        Set Form1.Image1(n - 1).Picture = LoadPicture(fPass & "2m_s.gif")
    Next n
    For fViewNum(0) = 1 To 7
        Form1.Line (ccenter_x + (fViewX(a(0), fViewNum(0)) / 7 *
scale_distance_x) - (s_target / 2), ccenter_y + (fViewY(a(0), fViewNum(0)) / 4 *
scale_distance_y) - (s_target / 2))-((ccenter_x + (fViewX(a(0), fViewNum(0)) / 7 *
scale_distance_x) + (s_target / 2), ccenter_y + (fViewY(a(0), fViewNum(0)) / 4 *
scale_distance_y) + (s_target / 2)), RGB(rWhite(0), rWhite(0), 255), BF
    '
        Form1.Line (ccenter_x + (fViewX(a(0), fViewNum(0)) / 7 *
scale_distance_x) - (s_target / 4), ccenter_y + (fViewY(a(0), fViewNum(0)) / 4 *
scale_distance_y) - (s_target / 4))-((ccenter_x + (fViewX(a(0), fViewNum(0)) / 7 *
scale_distance_x) + (s_target / 4), ccenter_y + (fViewY(a(0), fViewNum(0)) / 4 *
scale_distance_y) + (s_target / 4)), RGB(rWhite(0), rWhite(0), 255), BF
    Next fViewNum(0)

```

End Sub

Private Sub fView2_Draw()

fViewNum(0) = 0

ccenter_x = 570

ccenter_y = 270

Select Case inf_type

Case 2 ' navi

Form3.Show

Form3.Top = 7200

Case 3 ' inst

Form3.Show

Form3.Top = 0

End Select

Form3.Show

For n = 1 To tar_ko

**Form3.Image1(n - 1).Left = ccenter_x + (aViewX(a(0), n) / 3.5 *
scale_distance_x) - 17 - move_pic**

**' Form3.Image1(n - 1).Top = ccenter_y + (aViewY(a(0),n) / 2 *
scale_distance_y) + 17**

**Form3.Image1(n - 1).Top = ccenter_y + (aViewY(a(0), n) / 2 *
scale_distance_y) + 15**

Form3.Image1(n - 1).Height = wRatio(0) * 34

Form3.Image1(n - 1).Width = wRatio(0) * 34

Form3.Image1(n - 1).Visible = True

Set Form3.Image1(n - 1).Picture = LoadPicture(fPass & "2m_s.gif")

Next n

For fViewNum(0) = 1 To 7

' Form3.Line (ccenter_x + (fViewX(a(0), fViewNum(0)) / 3.5 *

```

scale_distance_x - move_pic) - m_target_w, ccenter_y + (fViewY(a(0),
fViewNum(0)) / 2 * scale_distance_y) - m_target_h)-(ccenter_x + (fViewX(a(0),
fViewNum(0)) / 3.5 * scale_distance_x - move_pic) + m_target_w, ccenter_y +
(fViewY(a(0), fViewNum(0)) / 2 * scale_distance_y) + m_target_h), RGB(rWhite(0),
rWhite(0), 255), BF

```

```

Form3.Line (ccenter_x + (fViewX(a(0), fViewNum(0)) / 3.5 *
scale_distance_x - move_pic) - (m_target_w / 2), ccenter_y + (fViewY(a(0),
fViewNum(0)) / 2 * scale_distance_y) - (m_target_h / 2))-(ccenter_x + (fViewX(a(0),
fViewNum(0)) / 3.5 * scale_distance_x - move_pic) + (m_target_w / 2), ccenter_y +
(fViewY(a(0), fViewNum(0)) / 2 * scale_distance_y) + (m_target_h / 2)),
RGB(rWhite(0), rWhite(0), 255), BF

```

```

Next fViewNum(0)

```

```

Form1.Show

```

```

End Sub

```

```

Private Sub Command1_Click()

```

```

    If Text1.Text = "" Or Text2.Text = "" Or Text3.Text = "" Then

```

```

        MsgBox ("必要事項を入力してください")

```

```

    Else

```

```

        Call fVisible

```

```

        tNum = Text1.Text

```

```

        tar_ko = Text2.Text

```

```

        sName = Text3.Text

```

```

    '        Call Configuration

```

```

    End If

```

```

    For n = 1 To 70

```

```

        For m = 1 To 35

```

```

            hantei_fg(n, m) = 0

```

```

        Next m

```

```

    Next n

```

```

    '        表示種類 0:AR,1:HUD,2:NAVI,3:INST

```

```

    For n = 0 To 4

```

```

        If Option1(n).Value = True Then inf_type = n

```

```

Next n
If inf_type = 4 Then
    inf_type = Int((10000 * Rnd()) Mod 4)
End If

```

```

Select Case inf_type
    Case 0                ' AR
        type_name = "AR"
    Case 1                ' HUD
        type_name = "HUD"
    Case 2                ' navi
        type_name = "navi"
    Case 3                ' inst
        type_name = "inst"
End Select

```

、 表示エリア 0:50-20,1:10-10,2:05-05,3:20-20

```

For n = 0 To 4
    If Option2(n).Value = True Then area_type = n
Next n
If area_type = 4 Then
    area_type = Int((10000 * Rnd()) Mod 4)
End If

```

```

Select Case area_type
    Case 0                ' 左 50 度, 右 20 度
        area_name = "50-20"
        dName = "Rnd¥¥Rnd01-1"
        scale_distance_x = 1
        scale_distance_y = 1
        move_pic = 30
    Case 1                ' 左 10 度, 右 10 度
        area_name = "10-10"
        dName = "Rnd¥¥Rnd01-2"
        scale_distance_x = 2
        scale_distance_y = 1

```

```

        move_pic = 150
    Case 2                ' 左 5 度, 右 5 度
        area_name = "05-05"
        dName = "Rnd¥¥Rnd01-3"
        scale_distance_x = 3
        scale_distance_y = 1.7
        move_pic = 150
    Case 3                ' 左 20 度, 右 20 度
        area_name = "20-20"
        dName = "Rnd¥¥Rnd01-4"
        scale_distance_x = 1
        scale_distance_y = 1
        move_pic = 150
End Select

Form3.Show
Form3.Label1.Visible = True
Form3.Label1 = "今回は, " & type_name & " -> " & area_name & "の実験
です(Enter キー)"
MsgBox ("今回は, " & type_name & " -> " & area_name & "の実験です")
Form3.Label1.Visible = False
Form1.Show

Form1.Cls
For shuffle = 0 To 10000
    Rnd1 = Int(10000 * Rnd() Mod 70) + 1
    Rnd2 = Int(10000 * Rnd() Mod 70) + 1
    dnTmp = dataNum(Rnd1)
    dataNum(Rnd1) = dataNum(Rnd2)
    dataNum(Rnd2) = dnTmp
Next shuffle
Call fRead
Call doExam
End Sub

Private Sub Command2_Click()

```

```

        logRet = ClipCursorOff(&H0)
    End
End Sub

```

```

'Private Sub Configuration()
'    If tar_kosuu = "100" Then
'        iName = "2m"
'        rWhite(0) = 56
'        wRatio(0) = 1
'    ElseIf tar_kosuu = "140" Then
'        iName = "t2m"
'        rWhite(0) = 56
'        iWhite(0) = 37
'        wRatio(0) = 1.4
'    ElseIf tar_kosuu = "120" Then
'        iName = "t2m"
'        rWhite(0) = 56
'        iWhite(0) = 37
'        wRatio(0) = 1.2
'    ElseIf tar_kosuu = "60" Then
'        iName = "t2m"
'        rWhite(0) = 56
'        iWhite(0) = 37
'        wRatio(0) = 0.6
'    ElseIf tar_kosuu = "80" Then
'        iName = "t2m"
'        rWhite(0) = 56
'        iWhite(0) = 37
'        wRatio(0) = 0.8
'    End If
End Sub

```

```

End If
End Sub

```

```

Private Sub tVisible()
    Label1.Visible = True
    Text1.Enabled = True

```

```
Text1.Visible = True
Label2.Visible = True
Text2.Enabled = True
Text2.Visible = True
Label3.Visible = True
Line1(0).Visible = True
Line1(1).Visible = True
Text3.Enabled = True
Text3.Visible = True
Command1.Enabled = True
Command1.Visible = True
Command2.Enabled = True
Command2.Visible = True
Frame1.Visible = True
Frame2.Visible = True
```

End Sub

Private Sub fVisible()

```
Label1.Visible = False
Text1.Enabled = False
Text1.Visible = False
Label2.Visible = False
Text2.Enabled = False
Text2.Visible = False
Label3.Visible = False
Line1(0).Visible = False
Line1(1).Visible = False
Text3.Enabled = False
Text3.Visible = False
Command1.Enabled = False
Command1.Visible = False
Command2.Enabled = False
Command2.Visible = False
Frame1.Visible = False
Frame2.Visible = False
```

End Sub

Private Sub examEnd()

logRet = ClipCursorOff(&H0)

With Label1

.Visible = True

.Top = hcF1 - 15

.Left = wcF1 - 200

.Height = 30

.Width = 400

.FontSize = 12

.Caption = "実験終了です. おつかれさまでした. F4 を押してください"

"

End With

End Sub

Private Sub arrayData_Initialization()

wF1 = Form1.Width / 15

hF1 = Form1.Height / 15

' wF2 = Form1.Width / 15 'form2

' hF2 = Form1.Height / 15 'form2

wcF1 = Form1.Width / 30

hcF1 = Form1.Height / 30

' wcF2 = Form1.Width / 30 'form2

' hcF2 = Form1.Height / 30 'form2

End Sub

Private Sub arrow_Draw()

For n = 1 To tar_ko

Form1.Image1(n - 1).Left = fixpoint_x + aViewX(a(0), n) - 17

Form1.Image1(n - 1).Top = fixpoint_y + aViewY(a(0), n) + 27

Form1.Image1(n - 1).Height = wRatio(0) * 34

Form1.Image1(n - 1).Width = wRatio(0) * 34

Form1.Image1(n - 1).Visible = True

Set Form1.Image1(n - 1).Picture = LoadPicture(fPass & "2m_s.gif")

```
Next n
End Sub
```

```
Private Sub fRead()
```

```
    Dim xlApp As Excel.Application
    Dim xlBook As Excel.Workbook
    Dim xlSheet As Excel.Worksheet
    Set xlApp = New Excel.Application
    Set xlBook = xlApp.Workbooks.Open(fPass & dName & ".xls")
    Set xlSheet = xlBook.Worksheets(1)
```

```
    xlApp.Visible = False
```

```
    With xlSheet
```

```
        For i = 1 To tNum
```

```
            tar_num(i, 1) = .Range("A" & dataNum(i)).Value
            fViewX(i, 1) = .Range("B" & dataNum(i)).Value
            fViewY(i, 1) = .Range("C" & dataNum(i)).Value
            tar_num(i, 2) = .Range("D" & dataNum(i)).Value
            fViewX(i, 2) = .Range("E" & dataNum(i)).Value
            fViewY(i, 2) = .Range("F" & dataNum(i)).Value
            tar_num(i, 3) = .Range("G" & dataNum(i)).Value
            fViewX(i, 3) = .Range("H" & dataNum(i)).Value
            fViewY(i, 3) = .Range("I" & dataNum(i)).Value
            fViewX(i, 4) = .Range("J" & dataNum(i)).Value
            fViewY(i, 4) = .Range("K" & dataNum(i)).Value
            fViewX(i, 5) = .Range("L" & dataNum(i)).Value
            fViewY(i, 5) = .Range("M" & dataNum(i)).Value
            fViewX(i, 6) = .Range("N" & dataNum(i)).Value
            fViewY(i, 6) = .Range("O" & dataNum(i)).Value
            fViewX(i, 7) = .Range("P" & dataNum(i)).Value
            fViewY(i, 7) = .Range("Q" & dataNum(i)).Value
            '
            '
            aViewX(i) = .Range("O" & dataNum(i)).Value
            aViewY(i) = .Range("P" & dataNum(i)).Value
            For n = 1 To 3
                aViewX(i, n) = fViewX(i, n)
```

```

        aViewY(i, n) = fViewY(i, n)
    Next n
Next i
End With

xlApp.DisplayAlerts = False
Set xlSheet = Nothing
xlBook.Close
Set xlBook = Nothing
xlApp.Quit
Set xlApp = Nothing
End Sub

Private Sub fSave()
    Dim xlApp As Excel.Application
    Dim xlBook As Excel.Workbook
    Dim xlSheet As Excel.Worksheet
    Set xlApp = CreateObject("Excel.Application")
    Set xlBook = xlApp.Workbooks.Add
    Set xlSheet = xlBook.Worksheets(1)

    With xlSheet
        For i = 1 To tNum + 1
            If i = 1 Then
                .Cells(i, 1).Value = "x1"
                .Cells(i, 2).Value = "y1"
                .Cells(i, 3).Value = "x2"
                .Cells(i, 4).Value = "y2"
                .Cells(i, 5).Value = "x3"
                .Cells(i, 6).Value = "y3"
                .Cells(i, 7).Value = "x4"
                .Cells(i, 8).Value = "y4"
                .Cells(i, 9).Value = "x5"
                .Cells(i, 10).Value = "y5"
                .Cells(i, 11).Value = "x6"
                .Cells(i, 12).Value = "y6"
            End If
        Next i
    End With
End Sub

```

```

.Cells(i, 13).Value = "x7"
.Cells(i, 14).Value = "y7"
.Cells(i, 15).Value = "ターゲット 1"
.Cells(i, 16).Value = "ターゲット 2"
.Cells(i, 17).Value = "ターゲット 3"
.Cells(i, 18).Value = "S P 応答"
.Cells(i, 19).Value = "応答 1"
.Cells(i, 20).Value = "応答 1 時間"
.Cells(i, 21).Value = "応答 1X"
.Cells(i, 22).Value = "応答 1Y"
.Cells(i, 23).Value = "応答 2"
.Cells(i, 24).Value = "応答 2 時間"
.Cells(i, 25).Value = "応答 2X"
.Cells(i, 26).Value = "応答 2Y"
.Cells(i, 27).Value = "応答 3"
.Cells(i, 28).Value = "応答 3 時間"
.Cells(i, 29).Value = "応答 3X"
.Cells(i, 30).Value = "応答 3Y"
.Cells(i, 31).Value = "判定"

```

Else

```

For j = 1 To 7
    .Cells(i, j * 2 - 1).Value = fViewX(i - 1, j)
    .Cells(i, j * 2).Value = fViewY(i - 1, j)

```

Next j

```

.Cells(i, 15).Value = tar_num(i - 1, 1)
.Cells(i, 16).Value = tar_num(i - 1, 2)
.Cells(i, 17).Value = tar_num(i - 1, 3)
.Cells(i, 18).Value = resTime(i - 1, 0)
.Cells(i, 19).Value = outou(i - 1, 1)
.Cells(i, 20).Value = resTime(i - 1, 1)
.Cells(i, 21).Value = mpX(i - 1, 1)
.Cells(i, 22).Value = mpY(i - 1, 1)
.Cells(i, 23).Value = outou(i - 1, 2)
.Cells(i, 24).Value = resTime(i - 1, 2)
.Cells(i, 25).Value = mpX(i - 1, 2)
.Cells(i, 26).Value = mpY(i - 1, 2)

```

```

        .Cells(i, 27).Value = outou(i - 1, 3)
        .Cells(i, 28).Value = resTime(i - 1, 3)
        .Cells(i, 29).Value = mpX(i - 1, 3)
        .Cells(i, 30).Value = mpY(i - 1, 3)
        .Cells(i, 31).Value = judgement(i - 1)
    End If
Next i
End With

xlApp.Visible = False
xlSheet.SaveAs fPass & sName & "_" & type_name & area_name & "_" &
tar_ko & ".xls"
xlApp.Quit
Set xlSheet = Nothing
Set xlBook = Nothing
Set xlApp = Nothing

Call examEnd
End Sub

Private Sub mLock()
    Dim LookPo As MoPoint
    logRet = ClientToScreen(Me.hWnd, LookPo)
    MoLook.Left = LookPo.X '移動範囲を設定
    MoLook.Top = LookPo.y
    MoLook.Right = LookPo.X + wF1
    MoLook.Bottom = LookPo.y + hF1
    logRet = ClipCursor(MoLook) '現在位置でマウスカーソルをロック
End Sub

Private Sub Form_MouseDown(Button As Integer, shift As Integer, X As Single, y
As Single)
    Call MessageBeep(&H40)
    If U_pro < 1 Then
        Label4.Caption = "スペースキーが押されていません"
    Else

```

```

resTime(a(0), U_pro) = timeGetTime() - pTime
GetCursorPos Mop
mpX(a(0), U_pro) = (Mop.X - fixpoint_x - 1024)
mpY(a(0), U_pro) = (Mop.y - fixpoint_y)

```

, 応答正誤結果 X:0(誤)or1(正),Y:0or1 2
 桁で表示

```

outou(a(0), U_pro) = 99
If (mpY(a(0), U_pro) >= -22) And (mpY(a(0), U_pro) <= 22) Then
  If (mpX(a(0), U_pro) >= 670 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 670 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 21
  If (mpX(a(0), U_pro) >= 335 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 335 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 13
  If (mpX(a(0), U_pro) >= 167 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 167 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 4
  If (mpX(a(0), U_pro) >= 0 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 0 + 22)
Then outou(a(0), U_pro) = 1
  If (mpX(a(0), U_pro) >= -167 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -167 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 8
  If (mpX(a(0), U_pro) >= -335 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -335 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 16
  If (mpX(a(0), U_pro) >= -670 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -670 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 24
  If (mpX(a(0), U_pro) >= -1005 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -1005
+ 22) Then outou(a(0), U_pro) = 28
  If (mpX(a(0), U_pro) >= -1340 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -1340
+ 22) Then outou(a(0), U_pro) = 31
  If (mpX(a(0), U_pro) >= -1675 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -1675
+ 22) Then outou(a(0), U_pro) = 34
  ElseIf (mpY(a(0), U_pro) >= 167 - 22) And (mpY(a(0), U_pro) <= 167 +
22) Then
    If (mpX(a(0), U_pro) >= 648 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 648 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 22
    If (mpX(a(0), U_pro) >= 290 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 290 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 14
    If (mpX(a(0), U_pro) >= 0 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 0 + 22)

```

```

Then outou(a(0), U_pro) = 6
    If (mpX(a(0), U_pro) >= -290 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -290 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 15
        If (mpX(a(0), U_pro) >= -648 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -648 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 23
            If (mpX(a(0), U_pro) >= -991 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -991 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 27
                If (mpX(a(0), U_pro) >= -1329 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -1329
+ 22) Then outou(a(0), U_pro) = 30
                    If (mpX(a(0), U_pro) >= -1667 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -1667
+ 22) Then outou(a(0), U_pro) = 33
                        ElseIf (mpY(a(0), U_pro) >= 118 - 22) And (mpY(a(0), U_pro) <= 118 +
22) Then
                            If (mpX(a(0), U_pro) >= 118 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 118 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 5
                                If (mpX(a(0), U_pro) >= -118 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -118 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 7
                                    ElseIf (mpY(a(0), U_pro) >= -118 - 22) And (mpY(a(0), U_pro) <= -118 +
22) Then
                                        If (mpX(a(0), U_pro) >= 118 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 118 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 3
                                            If (mpX(a(0), U_pro) >= -118 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -118 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 9
                                                ElseIf (mpY(a(0), U_pro) >= -167 - 22) And (mpY(a(0), U_pro) <= -167 +
22) Then
                                                    If (mpX(a(0), U_pro) >= 648 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 648 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 20
                                                        If (mpX(a(0), U_pro) >= 290 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 290 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 12
                                                            If (mpX(a(0), U_pro) >= 0 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 0 + 22)
Then outou(a(0), U_pro) = 2
                                                                If (mpX(a(0), U_pro) >= -290 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -290 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 17
                                                                    If (mpX(a(0), U_pro) >= -648 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -648 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 25
                                                                        If (mpX(a(0), U_pro) >= -991 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -991 +

```

```

22) Then outou(a(0), U_pro) = 29
    If (mpX(a(0), U_pro) >= -1329 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -1329
+ 22) Then outou(a(0), U_pro) = 32
    If (mpX(a(0), U_pro) >= -1667 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -1667
+ 22) Then outou(a(0), U_pro) = 35
    ElseIf (mpY(a(0), U_pro) >= -236 - 22) And (mpY(a(0), U_pro) <= -236 +
22) Then
        If (mpX(a(0), U_pro) >= 236 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 236 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 11
        If (mpX(a(0), U_pro) >= -236 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -236 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 18
        ElseIf (mpY(a(0), U_pro) >= -335 - 22) And (mpY(a(0), U_pro) <= -335 +
22) Then
            If (mpX(a(0), U_pro) >= 580 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 580 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 19
            If (mpX(a(0), U_pro) >= 0 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= 0 + 22)
Then outou(a(0), U_pro) = 10
            If (mpX(a(0), U_pro) >= -580 - 22) And (mpX(a(0), U_pro) <= -580 +
22) Then outou(a(0), U_pro) = 26
        End If

If (U_pro = 1) Or (outou(a(0), U_pro) = 99) Then
    U_pro = U_pro + 1
Else
    If U_pro = 2 Then
        If outou(a(0), U_pro - 1) = outou(a(0), U_pro) Then
            Label4.Caption = "同じ視標を選択しました"
        Else
            U_pro = U_pro + 1
        End If
    ElseIf U_pro = 3 Then
        If (outou(a(0), U_pro - 2) = outou(a(0), U_pro)) Or (outou(a(0),
U_pro - 1) = outou(a(0), U_pro)) Then
            Label4.Caption = "同じ視標を選択しました"
        Else
            U_pro = U_pro + 1

```

```

        End If
    End If
End If

If U_pro >= tar_ko + 1 Then
    For n = 1 To tar_ko
        For n = 1 To 3
            For m = 1 To 3
                For m = 1 To tar_ko
                    If tar_num(a(0), n) = outou(a(0), m) Then
                        judgement(a(0)) = judgement(a(0)) + 1
                    End If
                    MsgBox (tar_num(a(0), n) & outou(a(0), m) & judgement(a(0)))

                Next m
            Next n
            mClick(0) = 1
        End If
    End If
End Sub

Private Sub doExam()
    With Form1
        .FillStyle = vbFSSolid
        .FillColor = RGB(rWhite(0), rWhite(0), rWhite(0))
    End With

    Call arrayData_Initialization
    Call mLock

    StartTime = timeGetTime
    Do
        DoEvents
    Loop Until timeGetTime() - StartTime > 1000

    For a(0) = 1 To tNum

```

```

StartTime = timeGetTime
Call MessageBeep(&H0)
Form1.Cls
Beep
Line1(0).Visible = True
Line1(1).Visible = True
'   Form1.Image1.Visible = False
Call fView_Draw
Mop.X = fixpoint_x + 1024
Mop.y = fixpoint_y
SetCursorPos Mop.X, Mop.y
Call arrayData_Initialization

Do
    DoEvents
Loop Until timeGetTime() - StartTime > 1000
Line1(0).Visible = False
Line1(1).Visible = False

Call fView_Draw

SetCursorPos Mop.X, Mop.y
pTime = timeGetTime

For n = 1 To tar_ko
    Form1.Image1(n - 1).Visible = False
Next n
Select Case inf_type
    Case 0                                ' AR
        type_name = "AR"
        '   Label4.Caption = a(0)
        '   Label4.Visible = False
        Call arrow_Draw
        '   Call fView1_Draw
        '   Call fView2_Draw
    Case 1                                ' HUD

```

```

        type_name = "HUD"
        Call fView1_Draw
    Case 2                                ' navi
        type_name = "navi"
        Call fView2_Draw
    Case 3                                ' inst
        type_name = "inst"
        Call fView2_Draw
End Select

Do
    DoEvents
Loop Until mClick(0) = 1
iTime = timeGetTime
Form1.Cls
Form3.Cls

For n = 1 To tar_ko
    Set Form1.Image1(n - 1).Picture = LoadPicture("")
Next n

Call fVisible
U_pro = 0
mClick(0) = 0
Do
    DoEvents
Loop Until timeGetTime() - iTime > 2000

If a(0) = tNum Then
    Call fSave
End If
Next a(0)
End Sub

```

A.3 縮尺差検証実験プログラム

A.3.1 Form1

```
Private Declare Function timeGetTime Lib "winmm.dll" () As Long
Private Declare Function MessageBeep Lib "user32" (ByVal wType As Long) As
Long
```

```
Private Declare Function SetCursorPos Lib "user32" (ByVal X As Long, ByVal y
As Long) As Long
```

```
Private Declare Function GetCursorPos Lib "user32" (lpPoint As POINTAPI) As
Long
```

```
Private Type POINTAPI
```

```
    X As Long
```

```
    y As Long
```

```
End Type
```

```
Private Mop As POINTAPI
```

```
Option Explicit
```

```
Dim StartTime As Long, pTime As Long, iTime As Long, resTime(512) As Long,
resTime2(512) As Long
```

```
Dim rWhite(0) As Integer, iWhite(0) As Integer, rGreen(0) As Integer, iGreen(0) As
Integer
```

```
Dim wF1 As Integer, hF1 As Integer, wF2 As Integer, hF2 As Integer
```

```
Dim wcF1 As Integer, hcF1 As Integer, wcF2 As Integer, hcF2 As Integer
```

```
Dim wRatio(0) As Double
```

```
Dim shuffle As Integer, Rnd1 As Integer, Rnd2 As Integer
```

```
Dim dataNum(100) As Integer, dnTmp As Integer
```

```
Dim tNum As Integer
```

```
Dim fName As String, fPass As String, dName As String, sName As String, iName
```

As String

Dim fViewNum(0) As Integer

Dim fViewX(512, 7) As Long, fViewY(512, 7) As Long

Dim aViewX(512) As Long, aViewY(512) As Long

Dim mClick(0) As Integer

Dim sClick(0) As Integer

Dim mpX(512) As Long, mpY(512) As Long

Dim i As Integer, j As Integer, a(0) As Integer

Dim FSys As New FileSystemObject

Dim myFile As TextStream

Private Sub Form_Load()

Form1.Show 'form2

rWhite(0) = 56 '実像視標

rGreen(0) = 61

iWhite(0) = 39 '虚像視標

iGreen(0) = 46

wRatio(0) = 0

fPass = "C:¥Documents and Settings¥okabayas.OKABAYAS¥デスクトップ

¥yano_s2¥"

dName = "Rnd¥Rnd01"

For i = 0 To 100

dataNum(i) = i

Next

mClick(0) = 0

sClick(0) = 0

Call fVisible

End Sub

Private Sub form_keydown(keycode As Integer, shift As Integer)

If keycode = vbKeyF5 Then

Call arrayData_Initialization

Call fPoint_Draw

Call tVisible

ElseIf keycode = vbKeyF6 Then

Form1.Cls

End If

If keycode = vbKeyF4 Then

logRet = ClipCursorOff(&H0)

End

End If

keycode = vbKeySpace

resTime2(a(0)) = timeGetTime() - pTime

Form1.Image1.Visible = False

Form1.Cls

Call fView2_Draw

End Sub

Private Sub fPoint_Draw()

Form1.Line (wcF1 + 15, hcF1 - 2)-(wcF1 - 15, hcF1 + 2), RGB(rWhite(0), rWhite(0), rWhite(0)), BF

Form1.Line (wcF1 + 2, hcF1 - 15)-(wcF1 - 2, hcF1 + 15), RGB(rWhite(0), rWhite(0), rWhite(0)), BF

Form1.Image1.Visible = False

Form1.Image1.Visible = False 'form2

End Sub

```

Private Sub fView_Draw()
    fViewNum(0) = 0
    For fViewNum(0) = 1 To 7
        If fName = "100" Then
            Form1.Line (wcF1 + fViewX(a(0), fViewNum(0)), hcF1 +
fViewY(a(0), fViewNum(0)))-(wcF1 + fViewX(a(0), fViewNum(0)) + 46, hcF1 +
fViewY(a(0), fViewNum(0)) + 46), RGB(rWhite(0), rWhite(0), rWhite(0)), BF
        Else
            Form1.Line (wcF1 + fViewX(a(0), fViewNum(0)), hcF1 +
fViewY(a(0), fViewNum(0)))-(wcF1 + fViewX(a(0), fViewNum(0)) + 46, hcF1 +
fViewY(a(0), fViewNum(0)) + 46), RGB(rWhite(0), rWhite(0), rWhite(0)), BF
            Form1.Line (wcF2 + (wRatio(0) * fViewX(a(0), fViewNum(0))), hcF2
+ (wRatio(0) * fViewY(a(0), fViewNum(0))))-(wcF2 + wRatio(0) * (fViewX(a(0),
fViewNum(0)) + 48), hcF2 + wRatio(0) * (fViewY(a(0), fViewNum(0)) + 48)),
RGB(iWhite(0), iWhite(0), iWhite(0)), BF 'form2
        End If
    Next
    Call arrow_Draw
End Sub

Private Sub fView2_Draw()
    For fViewNum(0) = 1 To 7
        Form1.Line (wcF1 + fViewX(a(0), fViewNum(0)), hcF1 + fViewY(a(0),
fViewNum(0)))-(wcF1 + fViewX(a(0), fViewNum(0)) + 46, hcF1 + fViewY(a(0),
fViewNum(0)) + 46), RGB(rWhite(0), rWhite(0), rWhite(0)), BF
    Next
End Sub

Private Sub Command1_Click()
    If Text1.Text = "" Or Text2.Text = "" Or Text3.Text = "" Then
        MsgBox ("必要事項を入力してください")
    Else
        Call fVisible
        tNum = Text1.Text
        fName = Text2.Text
        sName = Text3.Text
        Call Configuration
    End If
End Sub

```

```

End If
Form1.Cls
Form1.Cls 'from2
Randomize
For shuffle = 0 To 10000
    Rnd1 = Int(10000 * Rnd() Mod 100) + 1
    Rnd2 = Int(10000 * Rnd() Mod 100) + 1
    dnTmp = dataNum(Rnd1)
    dataNum(Rnd1) = dataNum(Rnd2)
    dataNum(Rnd2) = dnTmp
Next
Call fRead
Call doExam
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    logRet = ClipCursorOff(&H0)
End
End Sub

Private Sub Configuration()
    If fName = "100" Then
        iName = "2m"
        rWhite(0) = 56
        wRatio(0) = 1
    ElseIf fName = "140" Then
        iName = "t2m"
        rWhite(0) = 56
        iWhite(0) = 37
        wRatio(0) = 1.4
    ElseIf fName = "120" Then
        iName = "t2m"
        rWhite(0) = 56
        iWhite(0) = 37
        wRatio(0) = 1.2
    ElseIf fName = "60" Then

```

```

        iName = "t2m"
        rWhite(0) = 56
        iWhite(0) = 37
        wRatio(0) = 0.6
    ElseIf fName = "80" Then
        iName = "t2m"
        rWhite(0) = 56
        iWhite(0) = 37
        wRatio(0) = 0.8

    End If
End Sub

Private Sub tVisible()
    Label1.Visible = True
    Text1.Enabled = True
    Text1.Visible = True
    Label2.Visible = True
    Text2.Enabled = True
    Text2.Visible = True
    Label3.Visible = True
    Text3.Enabled = True
    Text3.Visible = True
    Command1.Enabled = True
    Command1.Visible = True
    Command2.Enabled = True
    Command2.Visible = True
End Sub

Private Sub fVisible()
    Label1.Visible = False
    Text1.Enabled = False
    Text1.Visible = False
    Label2.Visible = False
    Text2.Enabled = False
    Text2.Visible = False

```

```

Label3.Visible = False
Text3.Enabled = False
Text3.Visible = False
Command1.Enabled = False
Command1.Visible = False
Command2.Enabled = False
Command2.Visible = False
End Sub

Private Sub examEnd()
logRet = ClipCursorOff(&H0)
With Label1
.Visible = True
.Top = hcF1 - 15
.Left = wcF1 - 200
.Height = 30
.Width = 400
.FontSize = 12
.Caption = "実験終了です. おつかれさまでした. F4 を押してください"
End With

End Sub

Private Sub arrayData_Initialization()
wF1 = Form1.Width / 15
hF1 = Form1.Height / 15
wF2 = Form1.Width / 15 'form2
hF2 = Form1.Height / 15 'form2
wcF1 = Form1.Width / 30
hcF1 = Form1.Height / 30
wcF2 = Form1.Width / 30 'form2
hcF2 = Form1.Height / 30 'form2
End Sub

```

```

Private Sub arrow_Draw()
    If fName = "100" Then ' Or " fcHUD" Then
        Form1.Image1.Left = wcF1 + aViewX(a(0))
        Form1.Image1.Top = hcF1 + aViewY(a(0)) + 47
        Form1.Image1.Height = wRatio(0) * 47
        Form1.Image1.Width = wRatio(0) * 47
        Form1.Image1.Visible = True
        Set Form1.Image1.Picture = LoadPicture(fPass & iName & ".bmp")
    Else
        Form1.Image1.Left = wcF2 + wRatio(0) * (aViewX(a(0)) + 48) 'form2
        Form1.Image1.Top = hcF2 + wRatio(0) * (aViewY(a(0)) + 48) 'form2
        Form1.Image1.Width = wRatio(0) * 48
        Form1.Image1.Height = wRatio(0) * 48
        Form1.Image1.Visible = True
        Set Form1.Image1.Picture = LoadPicture(fPass & iName & ".bmp")
    'form2
    End If
End Sub

```

```

Private Sub fRead()
    Dim xlApp As Excel.Application
    Dim xlBook As Excel.Workbook
    Dim xlSheet As Excel.Worksheet
    Set xlApp = New Excel.Application
    Set xlBook = xlApp.Workbooks.Open(fPass & dName & ".xls")
    Set xlSheet = xlBook.Worksheets(1)

    xlApp.Visible = False

    With xlSheet
        For i = 1 To tNum
            fViewX(i, 1) = .Range("A" & dataNum(i)).Value
            fViewY(i, 1) = .Range("B" & dataNum(i)).Value
            fViewX(i, 2) = .Range("C" & dataNum(i)).Value
            fViewY(i, 2) = .Range("D" & dataNum(i)).Value
            fViewX(i, 3) = .Range("E" & dataNum(i)).Value

```

```

        fViewY(i, 3) = .Range("F" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 4) = .Range("G" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 4) = .Range("H" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 5) = .Range("I" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 5) = .Range("J" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 6) = .Range("K" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 6) = .Range("L" & dataNum(i)).Value
        fViewX(i, 7) = .Range("M" & dataNum(i)).Value
        fViewY(i, 7) = .Range("N" & dataNum(i)).Value
        aViewX(i) = .Range("O" & dataNum(i)).Value
        aViewY(i) = .Range("P" & dataNum(i)).Value
    Next
End With

xlApp.DisplayAlerts = False
Set xlSheet = Nothing
xlBook.Close
Set xlBook = Nothing
xlApp.Quit
Set xlApp = Nothing
End Sub

Private Sub fSave()
    Dim xlApp As Excel.Application
    Dim xlBook As Excel.Workbook
    Dim xlSheet As Excel.Worksheet
    Set xlApp = CreateObject("Excel.Application")
    Set xlBook = xlApp.Workbooks.Add
    Set xlSheet = xlBook.Worksheets(1)

    With xlSheet
        For i = 1 To tNum + 1
            If i = 1 Then
                .Cells(i, 1).Value = "x1"
                .Cells(i, 2).Value = "y1"
                .Cells(i, 3).Value = "x2"
            End If
        Next i
    End With
End Sub

```

```

.Cells(i, 4).Value = "y2"
.Cells(i, 5).Value = "x3"
.Cells(i, 6).Value = "y3"
.Cells(i, 7).Value = "x4"
.Cells(i, 8).Value = "y4"
.Cells(i, 9).Value = "x5"
.Cells(i, 10).Value = "y5"
.Cells(i, 11).Value = "x6"
.Cells(i, 12).Value = "y6"
.Cells(i, 13).Value = "x7"
.Cells(i, 14).Value = "y7"
.Cells(i, 15).Value = "ターゲット X"
.Cells(i, 16).Value = "ターゲット Y"
.Cells(i, 17).Value = "移動時間(ms)"
.Cells(i, 18).Value = "応答 X"
.Cells(i, 19).Value = "応答 Y"
.Cells(i, 20).Value = "反応時間"
Else
  For j = 1 To 7
    .Cells(i, j * 2 - 1).Value = fViewX(i - 1, j)
    .Cells(i, j * 2).Value = fViewY(i - 1, j)
  Next j
  .Cells(i, 15).Value = aViewX(i - 1)
  .Cells(i, 16).Value = aViewY(i - 1)
  .Cells(i, 17).Value = resTime(i - 1)
  .Cells(i, 18).Value = mpX(i - 1)
  .Cells(i, 19).Value = mpY(i - 1)
  .Cells(i, 20).Value = resTime2(i - 1)
End If
Next i
End With

xlApp.Visible = False
xlSheet.SaveAs fPass & sName & "_" & fName & ".xls"
xlApp.Quit
Set xlSheet = Nothing

```

Set xlBook = Nothing

Set xlApp = Nothing

Call examEnd

End Sub

Private Sub mLock()

Dim LookPo As MoPoint

logRet = ClientToScreen(Me.hwnd, LookPo)

MoLook.Left = LookPo.X '移動範囲を設定

MoLook.Top = LookPo.y

MoLook.Right = LookPo.X + wF1

MoLook.Bottom = LookPo.y + hF1

logRet = ClipCursor(MoLook) '現在位置でマウスカーソルをロック

End Sub

Private Sub Form_MouseDown(Button As Integer, shift As Integer, X As Single, y As Single)

Call MessageBeep(&H40)

resTime(a(0)) = timeGetTime() - pTime

GetCursorPos Mop

mpX(a(0)) = (Mop.X - wcF1)

mpY(a(0)) = (Mop.y - hcF1)

mClick(0) = 1

End Sub

Private Sub doExam()

With Form1

.FillStyle = vbFSSolid

.FillColor = RGB(rWhite(0), rWhite(0), rWhite(0))

End With

With Form1 'form2

.FillStyle = vbFSSolid

.FillColor = RGB(iWhite(0), iWhite(0), iWhite(0))

End With

Call arrayData_Initialization

Call mLock

StartTime = timeGetTime

Do

DoEvents

Loop Until timeGetTime() - StartTime > 1000

For a(0) = 1 To tNum

StartTime = timeGetTime

Call MessageBeep(&H0)

Call fPoint_Draw

Mop.X = wcF1

Mop.y = hcF1

SetCursorPos Mop.X, Mop.y

Call arrayData_Initialization

Do

DoEvents

Loop Until timeGetTime() - StartTime > 1000

Form1.Cls

Mop.X = wcF1

Mop.y = hcF1

SetCursorPos Mop.X, Mop.y

pTime = timeGetTime

Call fView_Draw

Do

DoEvents

Loop Until mClick(0) = 1

iTime = timeGetTime

Form1.Cls

Form2.Cls

Set Form1.Image1.Picture = LoadPicture("")

Set Form1.Image1.Picture = LoadPicture("") 'form2

```
    Call fVisible
    mClick(0) = 0
    Do
        DoEvents
    Loop Until timeGetTime() - iTime > 2000

    If a(0) = tNum Then
        Call fSave
    End If
Next
End Sub
```

A.3.2 Module 1

'標準モジュールに記入

Option Explicit

'マウ斯卡ーソルの移動範囲限定用

Declare Function ClipCursor Lib "user32" (lpRect As Any) As Long

'マウ斯卡ーソルの移動範囲解除用

Declare Function ClipCursorOff Lib "user32" Alias "ClipCursor" (ByVal lpRect As Long) As Long

'座標をスクリーン座標に変換

Declare Function ClientToScreen Lib "user32" (ByVal hwnd As Long, lpPoint As MoPoint) As Long

'移動範囲の構造体

Type MouseLook

Left As Long

Top As Long

Right As Long

Bottom As Long

End Type

'座標の構造体

Type MoPoint

X As Long

y As Long

End Type

Public MoLook As MouseLook

Public logRet As Long

A.4 ワーキングメモリ分析実験プログラム

A.4.1 Form 1

Private Declare Function GetCursorPos Lib "user32" (IpPoint As POINTAPI) As Long

Private Mop As POINTAPI

Private Declare Function Beep Lib "kernel32" (ByVal dwfreq As Long, ByVal dwduration As Long) As Long

Dim datab(200, 10) As Double

Dim z As Integer

Dim s As Integer

Dim ss As Integer

Dim a(50, 2) As Integer

Public tokei As Integer

Public a_x As Integer

Public b_x As Integer

Public c_x As Integer

Public a_y As Integer

Public b_y As Integer

Public c_y As Integer

Public c As Integer

Public t As Integer

Dim timer3 As Double

Dim timer4 As Double

Dim xlApp As Excel.Application

Dim xlBook As Excel.Workbook

Dim xlSheet As Excel.Worksheet

Rem

フォームロード (初

期画面)

Private Sub Form_Load()

```
Randomize
BackColor = RGB(0, 0, 0)
Form2.Visible = True
Form3.Visible = True
Form1.Visible = True
z = 1
ss = 0
t = 1
```

```
Set xlApp = CreateObject("Excel.Application")
Set xlBook = xlApp.Workbooks.Add
Set xlSheet = xlBook.Worksheets(1)
```

```
xlSheet.Cells(1, 1).Value = "形式"
xlSheet.Cells(1, 2).Value = "視標"
xlSheet.Cells(1, 3).Value = "矢印"
xlSheet.Cells(1, 4).Value = "視標距離 1"
xlSheet.Cells(1, 5).Value = "視標距離 2"
xlSheet.Cells(1, 6).Value = "視標距離 3"
xlSheet.Cells(1, 7).Value = "ID"
xlSheet.Cells(1, 8).Value = "誤認識数"
xlSheet.Cells(1, 9).Value = "応答時間 1"
xlSheet.Cells(1, 10).Value = "応答時間 2"
xlSheet.Cells(1, 11).Value = "応答時間 3"
```

```
Form1.Text4.SetFocus
```

```
End Sub
```

```
Rem
```

説明（初期画面）

```
Private Sub setumei()
```

```
Form3.text1.Visible = True
```

```
If Option4.Value = True Then
```

```
Form3.text1.Text = "×を目で追ってください"
```

```
ElseIf Option5.Value = True Then
    Form3.text1.Text = "画像を注視してください"
Else
    Form3.text1.Text = "画面をクリックしてください"
End If
```

```
c = 0
s = 1
Label1.Caption = z
Form3.Picture1.Cls
Form2.Picture1.Cls
Form4.Picture1.Cls
Text9.Text = ""
Text10.Text = ""
Text11.Text = ""
```

```
Form2.Visible = True
Form3.Visible = True
Form4.Visible = True
Form1.Visible = False
Mop.x = 1537
Mop.y = 395
SetCursorPos Mop.x, Mop.y
```

```
Call Jikan1
s = 0
Form3.text1.Visible = False
```

```
End Sub
```

```
Rem スタートボタン
```

```
Private Sub start_Click()
```

```
c = 0
Label1.Caption = z
```

Form3.Picture1.Cls

Form2.Picture1.Cls

Form4.Picture1.Cls

Text9.Text = ""

Text10.Text = ""

Text11.Text = ""

If Option1.Value = True Then

Text6.Text = "時計"

ElseIf Option2.Value = True Then

Text6.Text = "音韻"

ElseIf Option3.Value = True Then

Text6.Text = "タップ"

ElseIf Option4.Value = True Then

Text6.Text = "視線"

ElseIf Option5.Value = True Then

Text6.Text = "チェッカー"

Else

Text6.Text = "なし"

End If

Form1.Visible = False

Mop.x = 1537

Mop.y = 395

SetCursorPos Mop.x, Mop.y

If z > Text8.Text Then

If ss = 1 Then

Call Excel

Exit Sub

Else

' xlApp.Visible = True

For t = 1 To z - 1

```

xlSheet.Cells(t + 1, 1).Value = Text6.Text
xlSheet.Cells(t + 1, 2).Value = Text2.Text
xlSheet.Cells(t + 1, 3).Value = Text5.Text
xlSheet.Cells(t + 1, 4).Value = datab(t, 1)
xlSheet.Cells(t + 1, 5).Value = datab(t, 2)
xlSheet.Cells(t + 1, 6).Value = datab(t, 3)
xlSheet.Cells(t + 1, 7).Value = Log(datab(t, 1) / 49 + 1) / Log(2)
xlSheet.Cells(t + 1, 8).Value = datab(t, 7)
xlSheet.Cells(t + 1, 9).Value = datab(t, 8)
xlSheet.Cells(t + 1, 10).Value = datab(t, 9)
xlSheet.Cells(t + 1, 11).Value = datab(t, 10)
Next t
xlApp.Visible = False
xlSheet.SaveAs "G:\hasegawa\データ" + Form1.Text4.Text +
Form1.Text6.Text + ".xls"
xlApp.Quit

End
End If
Else
Call Jikan1
End If

End Sub
Rem
Private Sub Command2_Click()

End

End Sub
Rem
Private Sub Command3_Click()

Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim k As Integer

```

e n d ボタン

オートモード

```

ss = 1
For j = 0 To 2
    For k = 7 To 30 Step 23
        For i = 1 To 3 Step 2
            Text5.Text = i
            Text2.Text = k

            If j = 1 Then
                Option4.Value = True
            ElseIf j = 2 Then
                Option5.Value = True
            Else
                Option1.Value = False
                Option2.Value = False
                Option3.Value = False
                Option4.Value = False
                Option5.Value = False
            End If

            z = 1
            Call setumei
            z = 1
            Call start_Click
        Next i
    Next k
Next j

xlApp.Visible = False
xlSheet.SaveAs "G:\hasegawaデータ" + Form1.Text4.Text + ".xls"
xlApp.Quit
Set xlSheet = Nothing
Set xlBook = Nothing
Set xlApp = Nothing

End

```

End Sub

Rem

データ → エクセ

ル出力

Private Sub Excel()

Dim j As Integer

Dim i As Integer

If Option1.Value = True Then

Text6.Text = "時計"

ElseIf Option2.Value = True Then

Text6.Text = "音韻"

ElseIf Option3.Value = True Then

Text6.Text = "タップ"

ElseIf Option4.Value = True Then

Text6.Text = "視線"

ElseIf Option5.Value = True Then

Text6.Text = "チェッカー"

Else

Text6.Text = "なし"

End If

' xlApp.Visible = True

For j = 1 To z - 1

xlSheet.Cells(t + j, 1).Value = Text6.Text

xlSheet.Cells(t + j, 2).Value = Text2.Text

xlSheet.Cells(t + j, 3).Value = Text5.Text

xlSheet.Cells(t + j, 4).Value = datab(j, 1)

xlSheet.Cells(t + j, 5).Value = datab(j, 2)

xlSheet.Cells(t + j, 6).Value = datab(j, 3)

xlSheet.Cells(t + j, 7).Value = Log(datab(j, 1) / 49 + 1) / Log(2)

xlSheet.Cells(t + j, 8).Value = datab(j, 7)

xlSheet.Cells(t + j, 9).Value = datab(j, 8)

xlSheet.Cells(t + j, 10).Value = datab(j, 9)

xlSheet.Cells(t + j, 11).Value = datab(j, 10)

Next j

```

    For j = 1 To z - 1
        For i = 1 To 10
            datab(j, i) = 0
        Next i
    Next j
    t = t + z - 1
End Sub

```

Rem

インターバル

Private Sub Jikan1()

'Dim p As Integer

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim xx As Double

Dim yy As Double

Dim xh As Integer

Dim yh As Integer

Dim timer5 As Double

Form3.Picture1.Visible = True

' p = Text2.Text - Text5.Text

For i = 1 To Text2.Text

 a(i, 0) = 0

 a(i, 1) = 0

 j = 1

 xx = CInt(Int((917 + 1) * Rnd()))

 yy = CInt(Int((477 + 1) * Rnd()))

 For j = 1 To i

 If (xx + 76 >= a(j, 0) - 10) And (xx - 10 <= a(j, 0) + 76) And (yy + 76 >= (a(j, 1) - 10)) And (yy - 10 <= (a(j, 1) + 76)) Then

 xx = CInt(Int((917 + 1) * Rnd()))

 yy = CInt(Int((477 + 1) * Rnd()))

 j = 0

 End If

```

Next j

Form3.Picture1.Line (xx, yy)-(xx + 49, yy + 49), RGB(255, 255, 255), BF
'
  If option1.value = true Then
    xh = Int(xx * 456 / 1009)
    yh = Int(yy * 256 / 577)
    '
    yh = 226 - Int(yy * 256 / 577)
    Form2.Picture1.Line (xh, yh)-(xh + 22, yh + 22), RGB(255, 255, 255),
BF
  '
  ElseIf option2.value = true Then
    '
    xh = Int(xx * 800 / 1009)
    '
    yh = Int(yy * 480 / 577)
    '
    Form4.Picture1.Line (xh, yh)-(xh + 42, yh + 42), RGB(255, 255, 255),
BF
  '
  End If

If i <= Text5.Text Then

  '
    If option1.value = true Then
      Form2.Picture1.Line (xh + 23, yh + 23)-(xh + 34, yh + 34),
RGB(255, 0, 0)
      Form2.Picture1.Line (xh + 23, yh + 23)-(xh + 23, yh + 30),
RGB(255, 0, 0)
      Form2.Picture1.Line (xh + 23, yh + 23)-(xh + 30, yh + 23),
RGB(255, 0, 0)
    '
    ElseIf option2.value = true Then
      '
      Form4.Picture1.Line (xh + 43, yh + 43)-(xh + 64, yh + 64),
RGB(255, 0, 0)
      '
      Form4.Picture1.Line (xh + 43, yh + 43)-(xh + 43, yh + 56),
RGB(255, 0, 0)
      '
      Form4.Picture1.Line (xh + 43, yh + 43)-(xh + 56, yh + 43),
RGB(255, 0, 0)
    '
    Else
      '
      Form3.Picture1.Line (xx + 52, yy + 52)-(xx + 76, yy + 76),
RGB(255, 0, 0)
      '
      Form3.Picture1.Line (xx + 52, yy + 52)-(xx + 52, yy + 68),

```

```

RGB(255, 0, 0)
'           Form3.Picture1.Line (xx + 52, yy + 52)-(xx + 68, yy + 52),
RGB(255, 0, 0)
'           End If
           datab(z, i) = Sqr((xx - 478) ^ 2 + (yy - 250) ^ 2)
           End If
           a(i, 0) = xx
           a(i, 1) = yy
Next i

a_x = 0
a_y = 0
b_x = 0
b_y = 0
c_x = 0
c_y = 0
timer3 = 0
timer4 = timeGetTime()
Call Beep(200, 300)

Mop.x = 1537
Mop.y = 395
SetCursorPos Mop.x, Mop.y

Form3.Picture2.Cls
Form3.Picture1.Line (495, 267)-(511, 283), RGB(255, 255, 0)
Form3.Picture1.Line (495, 283)-(511, 267), RGB(255, 255, 0)
Form3.Picture2.Line (495, 267)-(511, 283), RGB(255, 255, 0)
Form3.Picture2.Line (495, 283)-(511, 267), RGB(255, 255, 0)

Do Until timer3 > 2000000
    timer3 = timeGetTime() - timer4

Rem                                           視標の呈示
'           If option2.value = true And timer3 >= 7000 Then

```

```

'           Form3.Picture2.Visible = False
'           Form2.Picture1.Visible = True
'           Form4.Picture1.Visible = True

'       End If

If Option3.Value = True And timer3 >= 5000 Then
    If Form3.text1.Text = "123456789" Then
        Form3.Picture2.Visible = False
        Form2.Picture1.Visible = False
        Form3.num = 0
    End If
End If

'       If option4.value = true And timer3 >= 7000 Then

'           Form3.Picture2.Visible = False

'       End If

Rem       視標の消去
If c >= Text5.Text Or timer3 >= Text7.Text Then
    Form3.Picture2.Visible = True
    Form3.Picture1.Visible = False
    Form2.Picture1.Visible = True

'                                           データ
の正誤判断&対応付けソート
    j = Text5.Text
    For i = 1 To c
        If a_x >= (a(i, 0) - 10) And a_x <= (a(i, 0) + 59) And a_y >= (a(i, 1) -
10) And a_y <= (a(i, 1) + 59) Then
            j = j - 1
            datab(z, 7 + i) = Val(Text9.Text) '応答時間 1
        ElseIf b_x >= (a(i, 0) - 10) And b_x <= (a(i, 0) + 59) And b_y >= (a(i,

```

```

1) - 10) And b_y <= (a(i, 1) + 59) Then
    j = j - 1
    datab(z, 7 + i) = Val(Text10.Text) '応答時間 2
    ElseIf c_x >= (a(i, 0) - 10) And c_x <= (a(i, 0) + 59) And c_y >= (a(i,
1) - 10) And c_y <= (a(i, 1) + 59) Then
    j = j - 1
    datab(z, 7 + i) = Val(Text11.Text) '応答時間 3
End If
Next i

datab(z, 7) = j '誤認識数
z = z + 1
If s = 1 Then
    Exit Sub
End If

Call start_Click
Exit Sub
End If

DoEvents
Loop

End Sub

```

A.4.2 Form 2

Private Declare Function timeGetTime Lib "winmm.dll" () As Long

Private Sub Form_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)

Form1.text1.Text = timeGetTime()

Select Case KeyCode

Case vbKeyLeft

Form1.Text3.Text = "左"

Case vbKeyRight

Form1.Text3.Text = "右"

End Select

Form1.Text6.Text = Form1.text1.Text - Form1.Text5.Text - 500

End Sub

Private Sub Form_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)

Form1.Visible = True

End Sub

A.4.3 Form 3

Public num As Integer

Private Declare Function GetCursorPos Lib "user32" (IpPoint As POINTAPI) As Long

Private Mop As POINTAPI

Private Declare Function PlaySound Lib "winmm.dll" Alias "PlaySoundA" (ByVal lpszName As String, ByVal hModule As Long, ByVal dwFlags As Long) As Long

Private Const SND_ASYNC = &H1

Public timer5 As Double

Public timer6 As Double

Private Sub aru_Click()

Form3.Picture2.Visible = False

Form3.aru.Visible = False

Form3.nai.Visible = False

If Form1.tokei = 1 Then

Form3.text1.Text = "正解"

Else

Form3.text1.Text = "不正解"

End If

End Sub

Private Sub nai_Click()

Form3.Picture2.Visible = False

Form3.aru.Visible = False

Form3.nai.Visible = False

If Form1.tokei = 0 Then

Form3.text1.Text = "正解"

```
Else
    Form3.text1.Text = "不正解"
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Picture2_Click()
```

```
Dim h As Integer
```

```
Dim m As Integer
```

```
Dim a As Integer
```

```
Dim time1 As Double
```

```
Dim time2 As Double
```

```
time1 = timeGetTime()
```

A.4.4 Form 4

Private Declare Function timeGetTime Lib "winmm.dll" () As Long

Private Sub Form_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)

Form1.text1.Text = timeGetTime()

Select Case KeyCode

Case vbKeyLeft

Form1.Text3.Text = "左"

Case vbKeyRight

Form1.Text3.Text = "右"

End Select

Form1.Text6.Text = Form1.text1.Text - Form1.Text5.Text - 500

End Sub

Private Sub Form_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)

Form1.Visible = True

End Sub