
令和三年度 修士学位論文

運転支援システムにおける
ピクセルアイコンを用いた
情報提示の視認性評価

指導教員 早川 聡一郎 准教授

三重大学大学院

工学研究科機械工学専攻

人間支援システム研究室

土居 雅歩

目次

第 1 章 序論.....	3
1.1 研究背景.....	3
1.2 研究目的.....	5
1.3 本論文の構成.....	6
第 2 章 情報提示用 P アイコンの提案と構築.....	7
2.1 P アイコンの提案.....	7
2.2 ランドルト環を基準としたピクセルサイズ.....	8
2.3 作成した P アイコン.....	9
第 3 章 P アイコン視認性検証.....	12
3.1 実験装置.....	12
3.2 実験手法.....	14
3.3 実験設定.....	15
第 4 章 実験結果.....	19
4.1 実験 A の視認性評価.....	19
4.1.1 アイコンの表示位置による平均視認時間.....	19
4.1.2 アイコンの図柄ごとの平均視認時間.....	22
4.1.3 視認時間範囲の検証.....	24
4.2 実験 B の視認性評価.....	27
4.2.1 アイコンの表示位置による平均視認時間.....	27
4.2.2 アイコンの図柄による平均視認時間.....	28
4.2.3 視認時間範囲と平均視認時間.....	29
第 5 章 結論.....	35
5.1 まとめ.....	35
5.2 今後の課題.....	36
参考文献.....	37
謝辞.....	39
付録.....	40

目次

実験 A	40
実験協力者 1	40
実験協力者 2	41
実験協力者 3	43
実験協力者 4	44
実験 B	46
実験協力者 1	46
実験協力者 2	48
実験協力者 3	51
実験協力者 4	53
実験協力者 5	55
実験協力者 6	58
実験協力者 7	60
実験協力者 8	62
実験協力者 9	65
実験協力者 10	67

第1章

序論

1.1 研究背景

近年，自動車の周辺環境を認識する技術が発達し，交通事故防止やドライバーの負担軽減のため，また自動運転レベル3においても緊急時にはドライバーが運転を引き継ぐ都合上まだまだ必要とされていることから，様々な先進運転支援システム（Advanced Driving Assistant System :ADAS）が研究・開発されている^[1]．例えば，リア・クロス・トラフィック・アラート（Rear Cross Traffic Alert），アダプティブクルーズコントロール(Adaptive Cruise Control :ACC)，車線逸脱防止システム（Road Departure Protection）などが挙げられる．これらの技術や法改正等，そしてコロナ禍の影響により，日本の交通事故発生件数は徐々に減少しているが，令和2年の交通事故発生件数 309,178 件^[2] と依然として多く，交通事故を無くすためには ADAS の性能をさらに発展させていく必要がある．

ADAS を構成する上で特に注目されている技術として，人と機械が情報をやり取りするための装置やソフトウェアの総称である HMI(Human machine interface)があり，その1種である視覚 HMI を用いた情報提示手段には人間の視野に直接情報を投影する HUD(Head Up Display)を利用した反射ディスプレイや拡張現実(AR)などがあるが，これら視覚 HMI による情報提示にはその複雑さを処理しきれずにドライバーが当惑し，逆に車両の安全性が低下するなどの問題がある^[3]．運転中には HUD だけでなく交通標識などからも情報を判読する必要があるが，ドライバーが一度に認識できる文字やアイコン等の情報量には限度が存在し^[4]，ドライバーは限られた時間の中で複数の情報から必要な情報を選別する必要がある^{[5]-[7]}．そのため，ドライバーの認識のしやすさの評価を行うことで好適な情報提示手段を選択し，今後の ADAS において必要な高い視認性を持つ介入支援システムの情報提示手段を模索する必要がある．

ドライバーの受容性を向上させるために，車載 HUD の効果的な表示位置，表示サイズ，表示色といった HUD の配置の検討した研究^{[8]-[10]}や，ドライバーの注意情報特性や視覚機能特性等によって，HUD の好ましい情報提示量及び提示位置が変化することから，ドライバーの特性に合わせた設計や周辺視野の活用によりドライバーの反応時間の短縮，煩わしさの軽減を目的とした研究^{[11]-[14]}など，視

覚 HMI を中心としてドライバの受容性を向上するための研究は多く行われている。

それに対して、本研究室ではドライバの受容性向上のために、ステアリングの挙動と操作性の関係に着目し、インピーダンス制御を用いた操舵介入支援システムのパラメータ設計に関する研究^[15]を行い車両を問わない統一的なパラメータ設定手法を提案し、より受容性と安全性を向上するために人間とロボットの協調作業分野において人と親和性が高い結果が得られている^[16]可変インピーダンス制御に着目し、駐車車両などといった障害物回避を正しく誘導するための運転支援システムの設計^[17]を行った。また、その操舵介入支援システムを用いた運転支援用マルチモーダル・インターフェースを用いたドライバの受容性の評価に関する研究^[18]により、HUD を用いた画像や音声による情報揭示手段の有効性を確認するなどして、事前に HMI を用いた注意喚起をした上で理想的な印加トルクによる操舵支援を行うことでよりドライバの受容性が向上することを確認した。

1.2 研究目的

従来研究では視覚 HMI による情報提示そのものの視認性については検討を行っておらず、それらの情報提示がドライバにとって十分に認識しやすい表示手段であるかは疑問であり、また、視覚 HMI においてドライバが瞬時に理解できる情報提示の量やその組み合わせに関しても不明瞭である。そこで本研究では情報提示の視認性そのものを高めるに着目した。視覚 HMI を用いた情報提示手段についてはアイコン、画像、アニメーションなど多数提案されているが、それらが持つ情報量は一定ではなく、ドライバが一度に認識できる情報量には限度がある。このことから、アイコンのような可能な限り単純かつ簡単な情報提示を組み合わせることによってドライバの情報認識のしやすさの評価も行う必要がある。

それに対して、本研究室では作図の際のピクセルサイズを決定したドット表記の情報提示アイコン、粗ピクセルアイコンを構築し、ドライビングシミュレータと HUD を用いたアイコンによる提示情報の検証を行い、HUD におけるアイコン表示の妥当な大きさ、表示個数、表示時間についての結果を得た^[19]。しかし、粗ピクセルアイコンにはアイコンのドット表記のがたつきにより、表示が見にくいという問題が残っていた。

そこで本研究では、先行研究と同様にランドルト環の間隙のサイズに基づいてピクセルサイズを定め、視認性を高めるためドット表記におけるがたつきを滑らかにした情報提示アイコン(P アイコン)を提案する。そして、提案する P アイコンによる情報提示実験を視覚 HMI である HUD にて行う。そして、P アイコンのピクセルサイズや図柄・表示個数・位置・時間といった条件を変化させた場合の視認時間の違いを検証することが研究目的となる。しかし、先行研究にて運転支援用マルチモーダル・インターフェースを用いた実験ではドライバがアイコンを見てからその意味を認識するまでの時間の計測が難しく、視認時間の検証に向いていないことがわかった。そのため、構築した P アイコンを擬似的な HUD に表示した実験を行い、コントローラを用いて P アイコンの各条件を変化させた場合の視認時間の変化から視認性の高いピクセルサイズの検討を行った結果について報告する。

1.3 本論文の構成

本論文の構成を示す。第1章では研究背景と研究目的について説明した。第2章では本研究で利用するランドルト環に基づいたPアイコンの概要と作成の目的、それらを用いた情報提示手段について述べる。第3章では本研究の実験で使用する実験装置についての説明や、各実験における視認性の検証方法について説明する。第4章ではPアイコンを用いた視認性検証を行った実験結果を示し、最後に第5章では本研究のまとめと今後の課題について考察を行う。

第2章

情報提示用 P アイコンの提案と構築

2.1 P アイコンの提案

本研究では、実験協力者は擬似的な HUD に表示されるアイコンを視認し、コントローラを用いてそのアイコンの意味する方向を入力してもらうが、実際の運転中にアイコンを視認する場合、1 秒程度のわずかな時間で情報を理解する必要がある。つまり、その短い時間で実験協力者が内容を認識できる視認性の高いアイコンの作成が必要となる。そこで、視力検査表のランドルト環の仕組みが利用できるのではないかと考えた。ランドルト環の仕組みを図 2.1 に示す。ランドルト環の間隙幅と目の中心がつくる角度のことを「視角」と呼び、視角は 1 度の 60 分の 1 である 1 分で表す。視力の単位は文字や形を視標として用いて各部の太さや間隔を視角 1 分、その全体を視角 5 分としたとき正常な眼はこれを見分けることが可能という「5 分 1 分角の原理」^[20]の考えから決められており、視力を測るには水晶体が調節をしていない「無調節状態」で測ることが良いため、実際に測定するときには被験者から視力検査表までの距離を 5m とし、ランドルト環の大きさを決定する。よって、検査距離 5m を基準とした視力値 1.0 のランドルト環のすきまは $1' = 1.454\text{mm}$ となる。これらの原理を用いて 1 ピクセルの大きさを定めたアイコンを作成することとする。これを以後 P アイコンと呼ぶ。

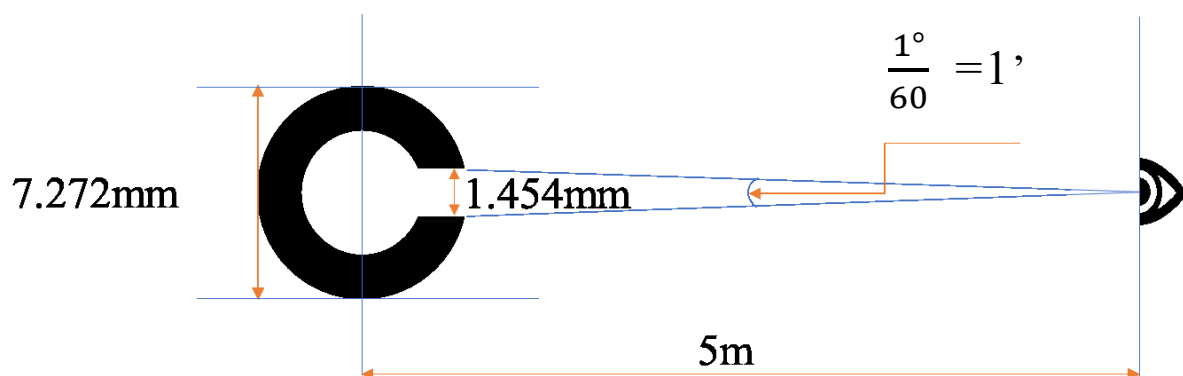


Fig.2.1 Structure of the Landolt ring

2.2 ランドルト環を基準としたピクセルサイズ

自動車を運転するには視力の合格基準が存在し^[21]、普通第一種免許の場合の合格基準は両眼で 0.7 以上である。本研究では P アイコンの視認性について評価を行うが、運転中ドライバは HUD に限らず様々な方向を見る必要があることから、基準とする実験協力者の視力は余裕を持って半分の 0.4 を基準としてピクセルサイズを決定することにする。図 2.2 に示すように、5 分 1 分角の原理より視力 0.4 のランドルト環の隙間の大きさは 3.635mm である。本研究で用いる実験装置は、実験協力者からアイコンが表示される 4K モニタまでの距離が 1.387m であり、この距離の場合の視力 0.4 におけるランドルト環の隙間の大きさは、比を用いて計算すると 1.008mm となる。よって、P アイコンの 1 ピクセルのサイズを 1mm とし、以降このピクセルサイズ 1mm に基づいて 3 種のピクセルサイズの P アイコンの作成に取り掛かった。

なお、実験装置のディスプレイ (Philips BDM4350UC/11) は 43(42.51)型ワイド液晶ディスプレイで、画素数 3840×2160、幅 941mm、高さ 529mm、対角 1080mm である。ピクセルサイズ 1mm の P アイコンの 1 ピクセルの大きさはディスプレイにおける 4×4 ピクセルに相当する。

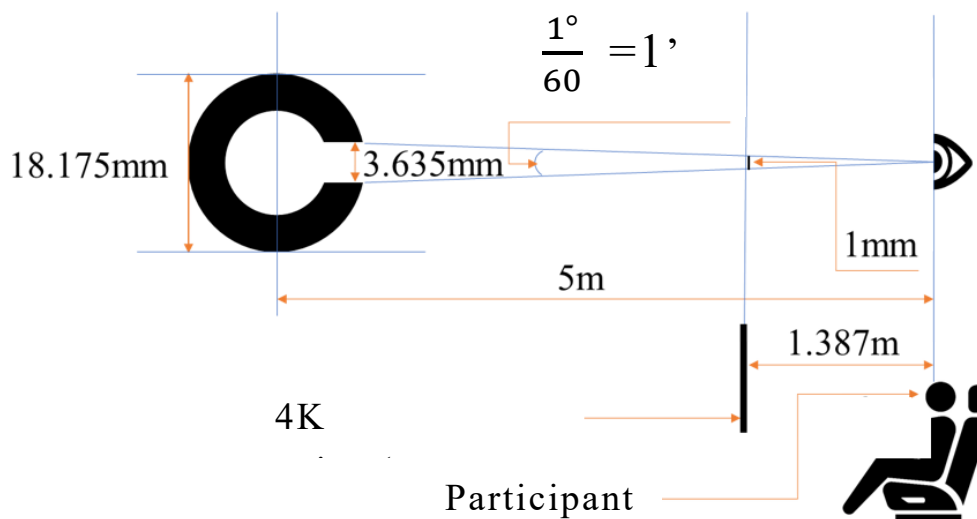


Fig.2.2 Landolt ring at eyesight 0.4

2.3 作成したPアイコン

本実験で利用するアイコンは基本的に道路標識を参考に作成しており、カラーのRGB^[22]の値も一致させている。アイコンのピクセルサイズは前節で定めたピクセルサイズ1mmを基準とし、上から順に2mm, 1mm, 0.5mmの3種類となる。各ピクセルサイズでのPアイコンの例と、視力の関係を図2.3に示す。ただし、どのピクセルサイズにおいてもアイコンのサイズは64mm×64mm(256×256ピクセル)で変化しない。

Pアイコンにはイラストのみで示された描画アイコンと文字で示された文字アイコンが存在し、それぞれのアイコンが上下左右のいずれかの方向を意味している。描画アイコンには矢印で構成された方向型、ランドルト環で構成されたC環型のアイコンそのものが方向を指示する方位アイコンタイプと、車両型、二輪型、電車型、歩行型のアイコンのイラストの向きで指示している方向を視認するタイプが存在する。実験協力者はPアイコンを視認し、その方向を認識してもらう。また、方向を認識できないアイコンが描画型、文字型それぞれに存在しており、それらのアイコンは偽アイコンとし、実験で利用する。実際に作成した各ピクセルサイズのPアイコンを図2.4に、偽アイコンを図2.5に示す。

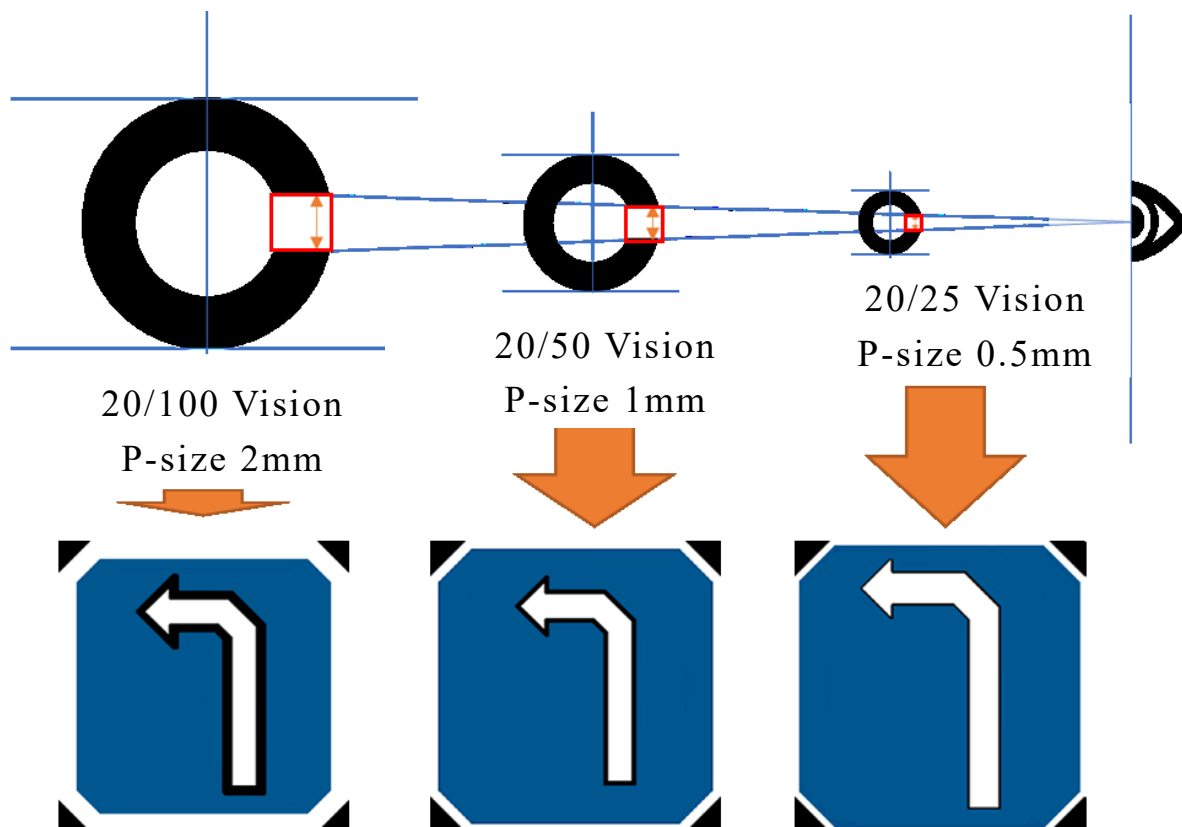
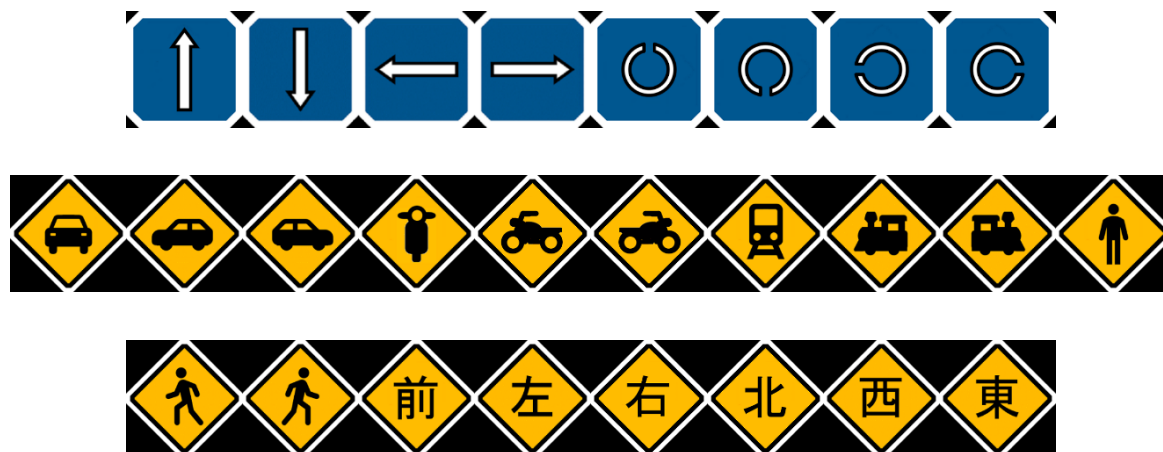
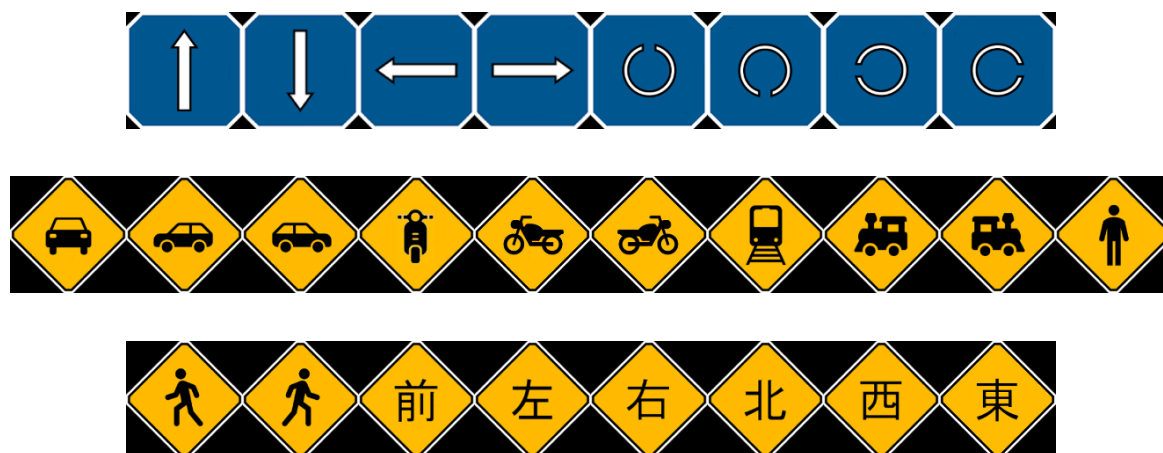


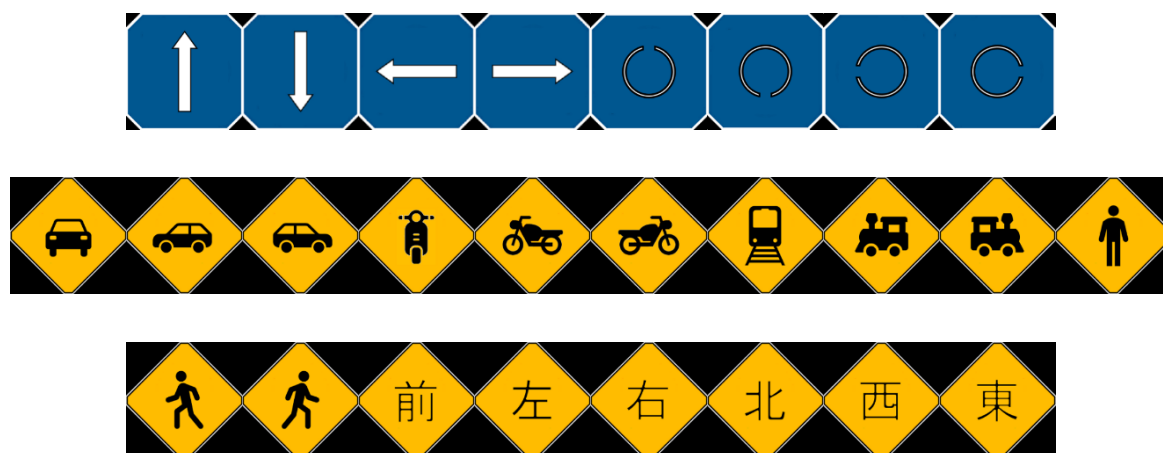
Fig.2.3 Relationship between pixel size and visual acuity



(a) Pixel size 2mm



(b) Pixel size 1mm



(c) Pixel size 0.5mm

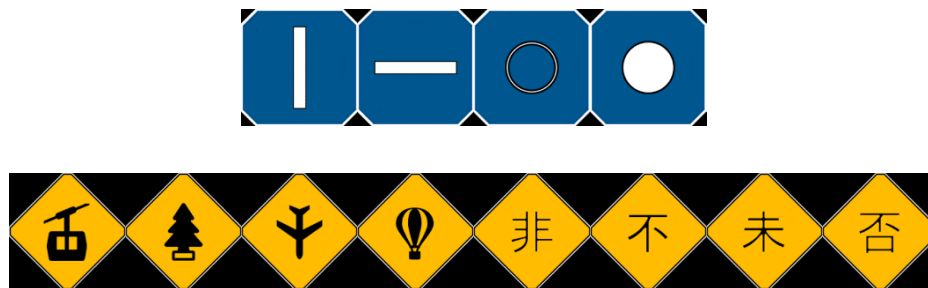
Fig.2.4 P-icons List



(a) Pixel size 2mm



(b) Pixel size 1mm



(c) Pixel size 0.5mm

Fig.2.5 Dummy P-icons list

第3章

P アイコン視認性検証

3.1 実験装置

本実験で使用する実験装置の構成を図 3.1 に示し、その外観と実験の様子を図 3.2 に示す。本実験装置は 3 つの映像表示用 4K モニタを備えており、運転席、ノート PC、PS4 コントローラで構成されている。コントローラの使用するキーは左側の上下右左の 4 つである。なお、実験協力者から 4K モニタまでの距離は 1.387m である。人が眼球運動だけで瞬時に情報を判断できる有効視野角は上下約 10° とされているため^[23]、HUD 中心部への俯角は 9.2° としている。実験装置の位置関係を図 3.3 に示す。また、HUD の表示領域のサイズは $233\text{mm} \times 124\text{mm}$ であり、視野角は上下(垂直)の角度 $-9.2^\circ \pm 4.3^\circ$ 、左右(水平)の角度 $0^\circ \pm 9.0^\circ$ である。なお、実験協力者の正面にはより実践的な運転状況の再現のためアルミニウム製の土台にダイレクトドライブモータを締結し、ステアリングホイールをシャフトにより直結させて構成したドライビングシミュレータがあるが、本実験では使用しない。



Fig.3.1 Configuration of experimental device



Fig.3.2 Outside view of experimental device

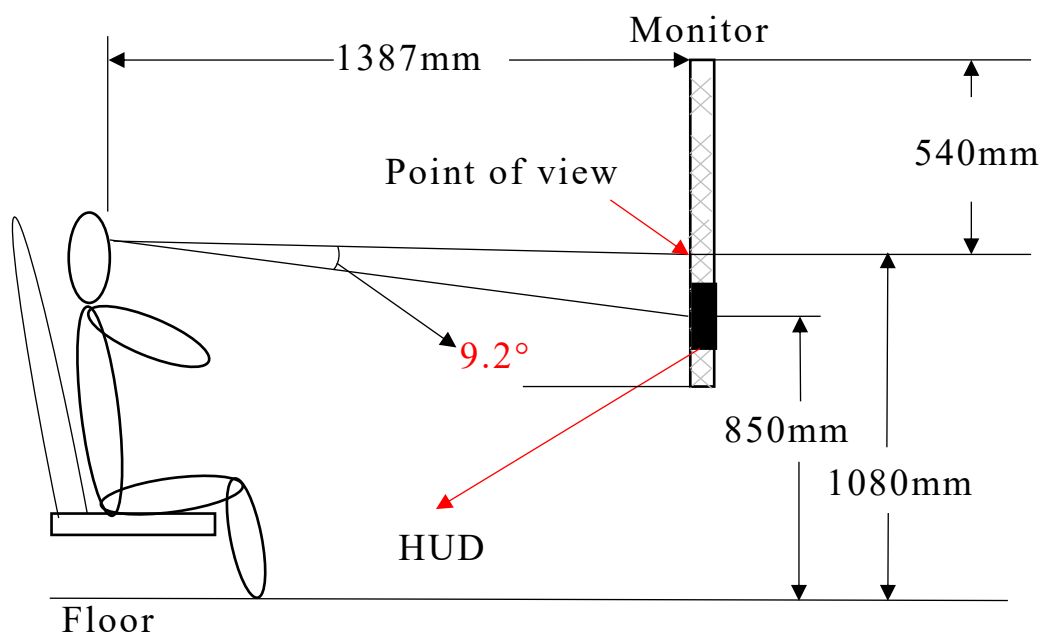


Fig.3.3 Experimental equipment position

3.2 実験手法

本研究では提案する P アイコンによる情報提示の視認性検証のため、二つに分けて実験を行う。これらをそれぞれ実験 A, 実験 B とする。各実験の条件を表 3.1 に示す。なお、実験で使用する P アイコンのピクセルサイズは 2mm, 1mm, 0.5mm の 3 種である。

実験 A ではアイコンの内容そのものが方向を意味している方位 P アイコン(方向型, C 環型)の表示個数, 表示時間を変化させた場合の視認時間変化の検証を行う。アイコンの表示個数は 1 個から 3 個までに変化し, 表示時間も 1.5 秒, 1 秒, 0.5 秒の 3 種類でランダムとなる。P アイコンの選択肢は上下左右の 4 種であり, 実験の表示パターン数は 288 パターンとなる。

実験 B で用いる P アイコンは実験 A と比較してより実際の走行環境を想定し, かつ実験協力者への注意喚起を意識したカラーリングである。また, P アイコンの表示個数は 3 個で固定されており, 表示時間も 1 秒である。描画 P アイコン(車両型, 二輪型, 電車型, 歩行型)は車両, 二輪車, 電車, 歩行者のいずれかの内容であり, 実験協力者はそのアイコンの図柄がどの方向を向いているかを視認して回答してもらう。P アイコンの選択肢は上右左の 3 種である。また, 文字 P アイコン(方向型, 方角型)の場合は, その文字の内容によって選択すべき方向を認識してもらう。

Table 3.1 Conditions for each Experiment

	Experiment A	Experiment B
Number of pieces displayed for P-icons	1/2/3	3
Type of P-icons	Orientation/C-ring	Vehicle/Two-wheeled/Train/Walker/Orientation/Direction
Display time	0.5s/1s/1.5s	1s
Alternatives	Up/Down/Left/Right	Up/Left/Right
Number of display patterns	288	162
Number of Participants in the experiment	4	10

3.3 実験設定

本実験では 3.1 項で説明した 4K モニタ中央下部に、提案する P アイコンを最大 3 種類まで表示し、視認性評価を行う。同時に表示される P アイコンのピクセルサイズは 2mm, 1mm, 0.5mm で統一するものとする。なお、表示された P アイコンは設定された表示時間が経過するか、実験協力者が回答を行うことで表示が消える。

初めに実験協力者はコントローラを持ち、オペレーターは表示される P アイコンについての説明とコントローラでの回答方法を説明する。実験協力者は HUD 上に表示されるアイコンを視認し、表示されているアイコンの中から、方向表示のあるアイコンを確認し、その方向をコントローラのボタンで入力する。表示されるアイコンのうち正解は 1 個だけであり、残りは全て方向表示のないダミーのアイコンである。表示個数が 1 個の場合、偽アイコンは存在しない。オペレーターは成否判定と、アイコン表示からキー入力までの時間を記録する。これを一試行とし、初めに数回程度練習を行ったのち、実験協力者 1 名につき実験 A では 288 回、実験 B では 162 回この試行を繰り返した。

本実験では視覚 HMI として HUD に最大 3 個の P アイコンを同時に表示することで実験協力者が限られた時間でどれだけの情報を認識し、正解を選択できるかを確認する必要がある。そして、その視認時間の変化を計測することで P アイコンの視認性検証を行う。実験 A の表示パターン例を表 3.2 に、実験 B の表示パターンを表 3.3 に示す。

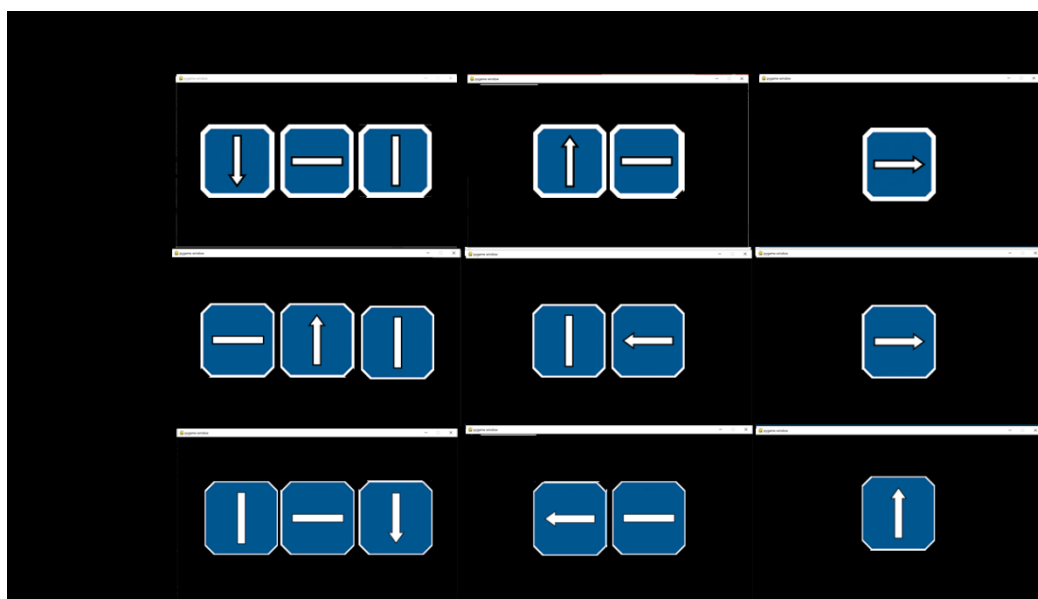
実験 A の場合、方向型と C 環型の 2 種類が表示個数 3 個の場合は 3 箇所、2 個の場合は 2 箇所、1 個の場合は HUD 中心部に各方向を意味する P アイコンが 4 方向分表示され、さらにピクセルサイズと表示時間がそれぞれ 3 パターンずつ存在するため、合計 288 パターンとなる。

実験 B の場合、車両型、二輪型、電車型、歩行型の 4 種類の描画アイコンと方向型、方角型の 2 種類の文字アイコンの計 6 種類が、各内容につき表示箇所 3 つ、かつ 3 方向分表示され、さらにピクセルサイズが 3 パターン分存在するため、合計 162 パターンとなる。

HUD における P アイコンの情報提示の例を図 3.4 に示す。図の場合、実験協力者は中央にある車両 P アイコンに注目し、その車両が向いている方向を視認して回答を行ってもらう。この場合の正解は右キーとなる。

Table 3.2 Example of display pattern for Experiment A

(a) Orientation P-icons



(b) C-ring P-icons

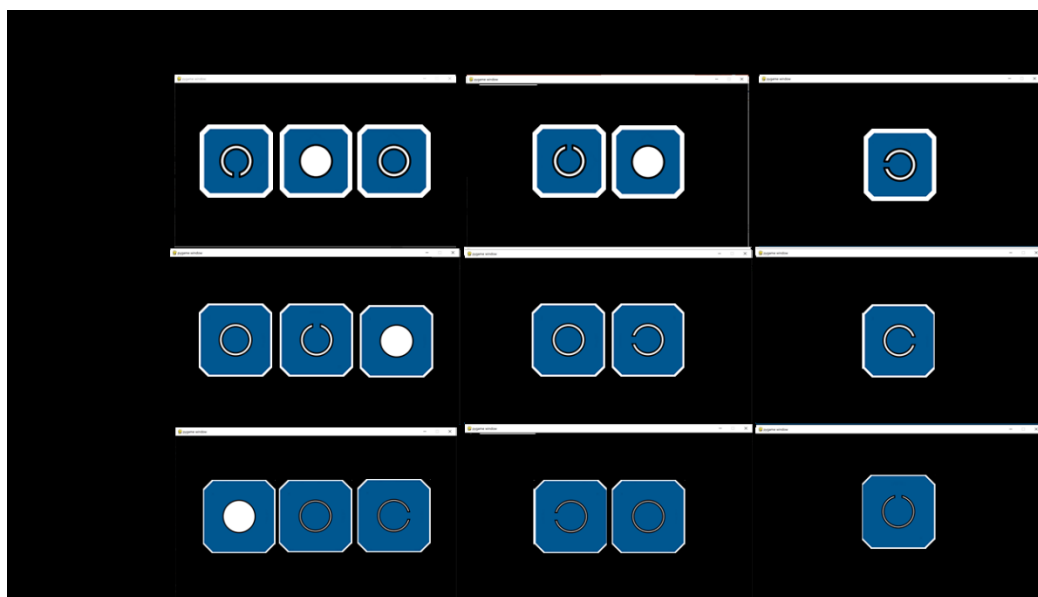
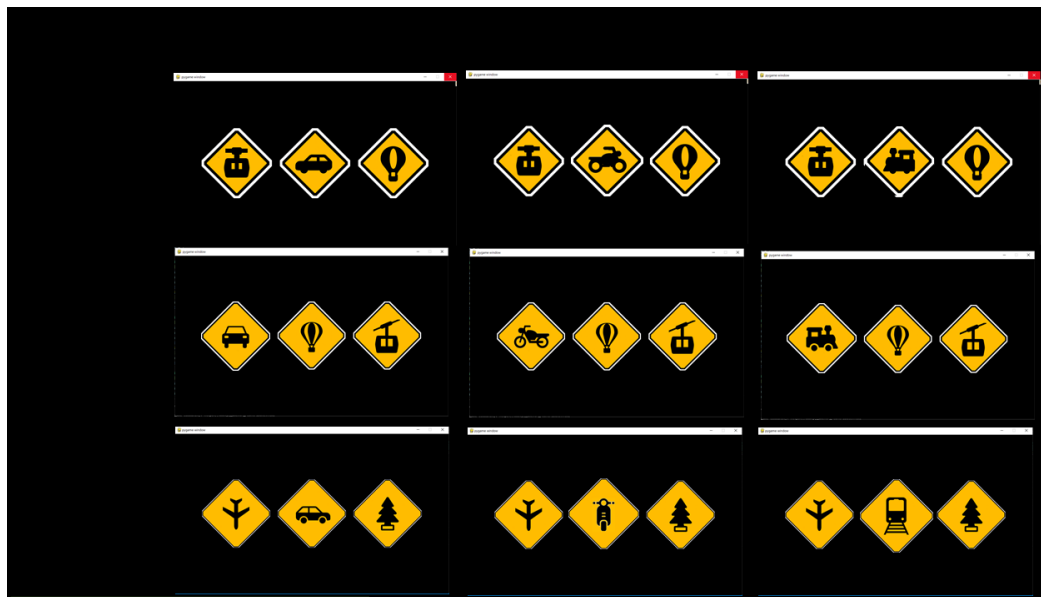


Table 3.3 Example of display pattern for Experiment B

(a) P-icons for Vehicle, Two-wheeled and Train



(b) P-icons for Walker, Orientation and Direction

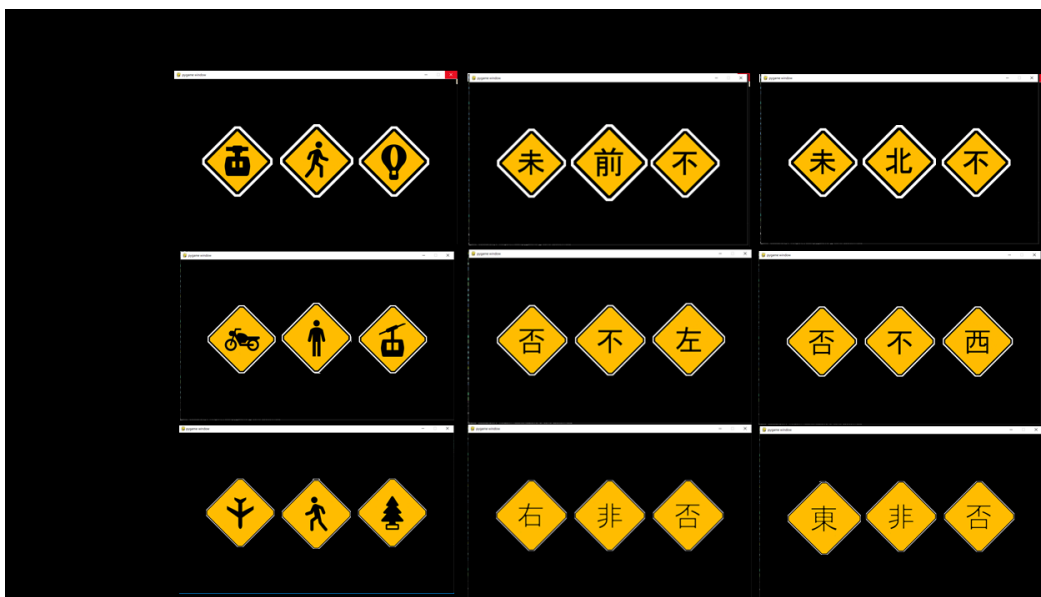




Fig.3.4 HUD display example

第4章

実験結果

4.1 実験 A の視認性評価

4.1.1 アイコンの表示位置による平均視認時間

実験 A での内容そのものが方向を意味している簡素な P アイコン(方向型, C 環型)を用いた場合の, アイコンの表示個数, 表示時間を変化させた場合の視認時間検証を行った際の表示位置ごとの平均視認時間の結果を, 方向型の結果は表 4.1 に, C 環型の結果を表 4.2 に示す. なお, アイコンの表示時間が 0.5 秒の場合を(a)に, アイコンの表示時間に制限がない場合を(b)に示す. 平均視認時間は各ピクセルサイズ, 表示位置ごとに分かれており, 上からアイコン表示個数 3, 表示個数 2, 表示個数 1 の場合の結果を示し, その下にそれぞれの標準偏差を示している.

結果より, アイコンが 3 個表示された場合, 表示位置が一番右にある場合の視認時間が最も長く, 表示時間が 0.5 秒の場合はほかの二か所と比較してその差が大きい. これは実験協力者が基本的にアイコンを左から順に視認しているからであると考えられる. なお, 左や中央に表示された場合や, 表示個数が 2 個の場合は視認時間の差異は見受けられないことから, アイコンは 2 個であればほとんど同時に視認できることがわかる. しかし, 方向型, C 環型のどちらのアイコンを用いた場合でも, 表示位置によるアイコンの視認時間の変化は小さく, 表示個数が 1 個の場合と 2 個の場合の差異も見受けられない.

Table 4.1 Average visibility time for each display position in Orientation P-icons

(a) Display time 0.5 sec.

P-size(mm)	2			1			0.5		
Position	Left	Center	Right	Left	Center	Right	Left	Center	Right
3	0.64	0.64	0.72	0.66	0.65	0.69	0.64	0.66	0.66
2	0.64	/	0.67	0.63	/	0.64	0.63	/	0.63
1	/	0.62	/	/	0.63	/	/	0.62	/
SD	0.04	0.06	0.08	0.06	0.04	0.05	0.03	0.04	0.04
	0.03	/	0.05	0.03	/	0.04	0.02	/	0.02
	/	0.02	/	/	0.03	/	/	0.02	/

(b) Unlimited display time

P-size(mm)	2			1			0.5		
Position	A	B	C	A	B	C	A	B	C
3	0.61	0.58	0.65	0.58	0.59	0.63	0.63	0.59	0.64
2	0.57	/	0.55	0.61	/	0.60	0.54	/	0.58
1	/	0.54	/	/	0.55	/	/	0.55	/
SD	0.06	0.03	0.08	0.06	0.03	0.04	0.07	0.04	0.03
	0.04	/	0.05	0.04	/	0.04	0.03	/	0.02
	/	0.03	/	/	0.04	/	/	0.03	/

Table 4.2 Average visibility time for each display position in C-ring P-icons

(a) Display time 0.5 sec.

P-size(mm)	2			1			0.5		
Position	Left	Center	Right	Left	Center	Right	Left	Center	Right
3	0.62	0.63	0.67	0.62	0.63	0.73	0.63	0.63	0.68
2	0.63	/	0.63	0.60	/	0.61	0.63	/	0.63
1	/	0.62	/	/	0.61	/	/	0.61	/
SD	0.03	0.05	0.05	0.03	0.03	0.09	0.02	0.02	0.04
	0.03	/	0.03	0.07	/	0.02	0.04	/	0.07
	/	0.02	/	/	0.02	/	/	0.01	/

(b) Unlimited display time

P-size(mm)	2			1			0.5		
Position	A	B	C	A	B	C	A	B	C
3	0.58	0.56	0.60	0.54	0.56	0.62	0.57	0.58	0.65
2	0.53	/	0.53	0.56	/	0.56	0.58	/	0.55
1	/	0.52	/	/	0.50	/	/	0.55	/
SD	0.08	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.05	0.03	0.04
	0.03	/	0.05	0.06	/	0.05	0.07	/	0.07
	/	0.03	/	/	0.03	/	/	0.03	/

4.1.2 アイコンの図柄ごとの平均視認時間

次に、実験 A での P アイコンの表示内容ごとの平均視認時間の結果を、方向型の結果は表 4.3 に、C 環型の結果を表 4.4 に示す。なお、アイコンの表示時間が 0.5 秒の場合を(a)に、アイコンの表示時間に制限がない場合を(b)に示す。平均視認時間は各ピクセルサイズ、上下左右を意味しているアイコンの表示内容ごとに分かれており、上からアイコン表示個数 3、表示個数 2、表示個数 1 の場合の結果を示し、その下にそれぞれの標準偏差を示している。

結果より、各方向で視認時間が長い方向は見受けられず、図柄による視認時間の影響は方向型、C 環型どちらにおいても小さく、表示時間に制限があるほうが、アイコンの視認時間は長くなることがわかる。4.1.1 項の実験結果と合わせて、アイコンがシンプルな場合、ピクセルサイズ、表示個数、表示時間、表示位置による視認時間の影響は小さいことがわかる。

Table 4.3 Average visibility time for each icon drawing content
in Orientation P-icons
(a) Display time 0.5 sec.

P-size(mm)	2				1				0.5			
Direction	Up	Down	Left	Right	Up	Down	Left	Right	Up	Down	Left	Right
3	0.65	0.63	0.71	0.69	0.65	0.69	0.67	0.66	0.65	0.65	0.66	0.64
2	0.69	0.67	0.64	0.63	0.62	0.64	0.62	0.65	0.64	0.62	0.62	0.63
1	0.61	0.63	0.63	0.62	0.64	0.65	0.62	0.61	0.63	0.61	0.61	0.64
SD	0.03	0.03	0.09	0.06	0.05	0.06	0.04	0.05	0.03	0.05	0.04	0.03
	0.02	0.05	0.02	0.02	0.02	0.04	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03
	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.05	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.04

(b) Unlimited display time

P-size(mm)	2				1				0.5			
Direction	Up	Down	Left	Right	Up	Down	Left	Right	Up	Down	Left	Right
3	0.61	0.63	0.61	0.59	0.60	0.62	0.61	0.58	0.61	0.63	0.61	0.64
2	0.55	0.58	0.55	0.55	0.61	0.61	0.59	0.61	0.55	0.57	0.57	0.55
1	0.55	0.52	0.53	0.54	0.54	0.58	0.53	0.56	0.54	0.58	0.52	0.55
SD	0.07	0.06	0.04	0.09	0.04	0.05	0.06	0.04	0.08	0.04	0.07	0.07
	0.05	0.02	0.02	0.06	0.01	0.03	0.05	0.06	0.04	0.07	0.08	0.04
	0.07	0.03	0.05	0.04	0.07	0.07	0.02	0.11	0.04	0.05	0.07	0.06

Table 4.4 Average visibility time for each icon drawing content in C-ring P-icons

(a) Display time 0.5 sec.

P-size(mm)	2				1				0.5			
Direction	Up	Down	Left	Right	Up	Down	Left	Right	Up	Down	Left	Right
3	0.63	0.62	0.64	0.69	0.63	0.69	0.64	0.67	0.64	0.66	0.63	0.65
2	0.63	0.64	0.62	0.62	0.55	0.65	0.62	0.62	0.63	0.64	0.62	0.63
1	0.64	0.62	0.63	0.61	0.59	0.60	0.62	0.61	0.60	0.61	0.61	0.61
SD	0.13	0.06	0.07	0.17	0.12	0.21	0.10	0.20	0.08	0.11	0.09	0.09
	0.17	0.17	0.04	0.07	0.17	0.09	0.01	0.05	0.05	0.09	0.08	0.09
	0.04	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02

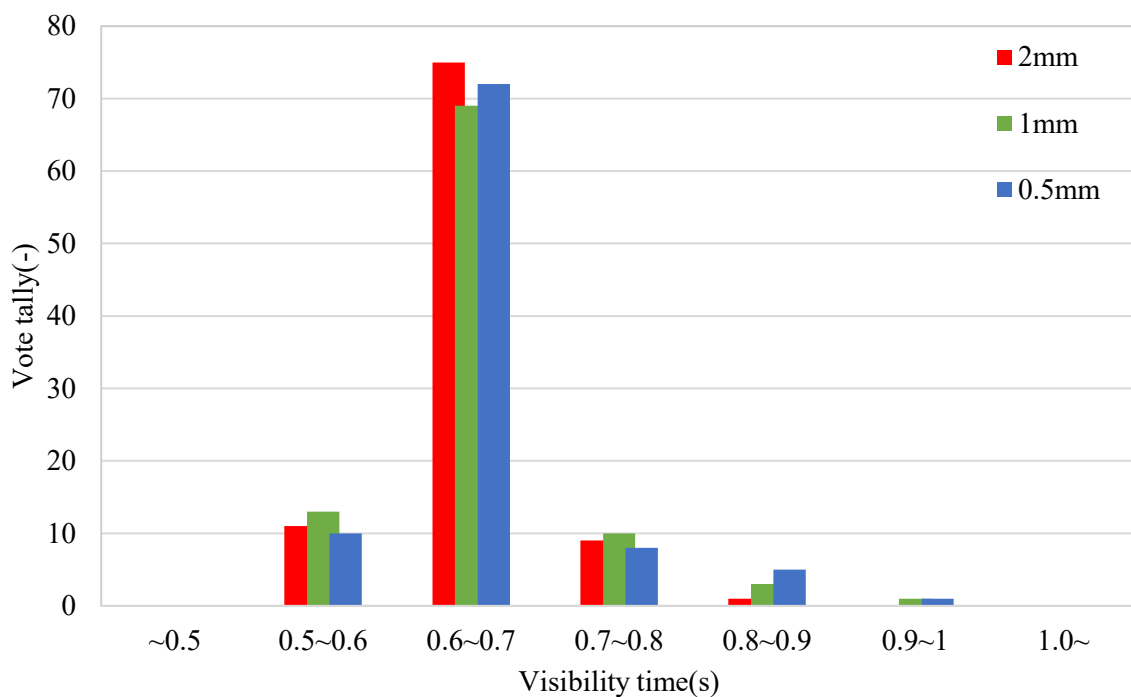
(b) Unlimited display time

P-size(mm)	2				1				0.5			
Direction	Up	Down	Left	Right	Up	Down	Left	Right	Up	Down	Left	Right
3	0.57	0.60	0.57	0.58	0.61	0.56	0.56	0.57	0.60	0.61	0.58	0.61
2	0.52	0.56	0.50	0.54	0.59	0.56	0.51	0.56	0.53	0.61	0.55	0.58
1	0.51	0.51	0.54	0.52	0.52	0.50	0.46	0.51	0.55	0.54	0.53	0.57
SD	0.14	0.18	0.13	0.22	0.11	0.09	0.09	0.20	0.17	0.09	0.20	0.12
	0.09	0.18	0.15	0.10	0.15	0.18	0.14	0.17	0.15	0.15	0.10	0.19
	0.03	0.01	0.07	0.03	0.05	0.05	0.02	0.03	0.01	0.03	0.07	0.01

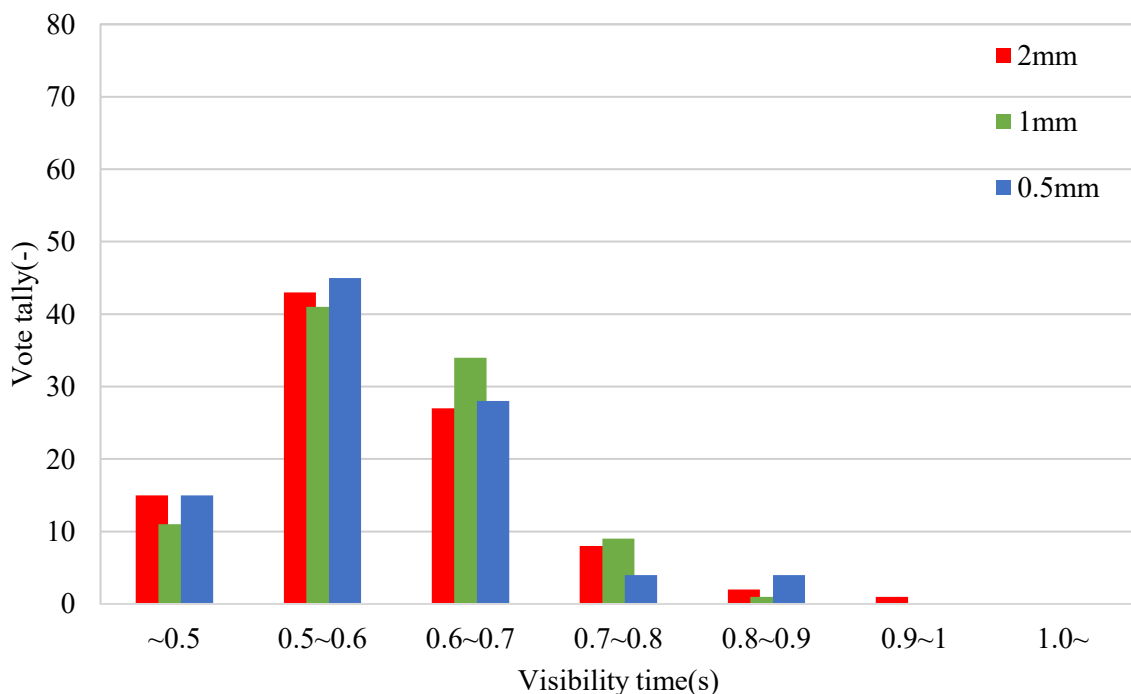
4.1.3 視認時間範囲の検証

最後に、実験 A での各実験協力者の視認時間がどの程度の範囲に収まっているかを確認するために、0.5 秒から 1 秒までの範囲を 0.1 秒ごとに区切り、票数をまとめた結果を、方向型の結果は図 4.1 に、C 環型の結果を図 4.2 に示す。なお、アイコンの表示時間が 0.5 秒の場合を(a)に、アイコンの表示時間に制限がない場合を(b)に示す。また、実験協力者それぞれの視認時間範囲の結果は付録にまとめた

結果より、方向型、方角型ともに、表示時間に制限がある場合はすべてのピクセルサイズにおいて 0.6 秒から 0.7 秒の範囲で視認していることが票数から確認できる。それに対して、表示時間が無制限の場合はすべてのピクセルサイズにおいて 0.5 秒から 0.6 秒の範囲で一番票数が多く、また表示時間に制限がある場合は 0.5 秒未満で視認できている協力者はいないが、表示時間が無制限の場合は視認が可能であるという結果になった。なお、どの実験結果においても、視認に 1 秒以上の時間がかかった実験協力者はほとんどいない。このことから、視認時間が短すぎると、アイコンが消えることにより実験協力者に自分の回答が正しいかどうかという不安が発生しそれらが視認時間に悪影響を与えていると考えられ、アイコンの表示時間が短すぎる場合、視認性は悪くなるということがわかる。また、実験 A で用いたシンプルなアイコンではピクセルサイズによる視認時間の差異が生じないことから、視認性を高めるピクセルサイズの検証のために、実験 B のような、より現実の使用に適したドライバへの情報提示を想定した複雑なアイコンを用いて実験をする必要があるとの結論となった。

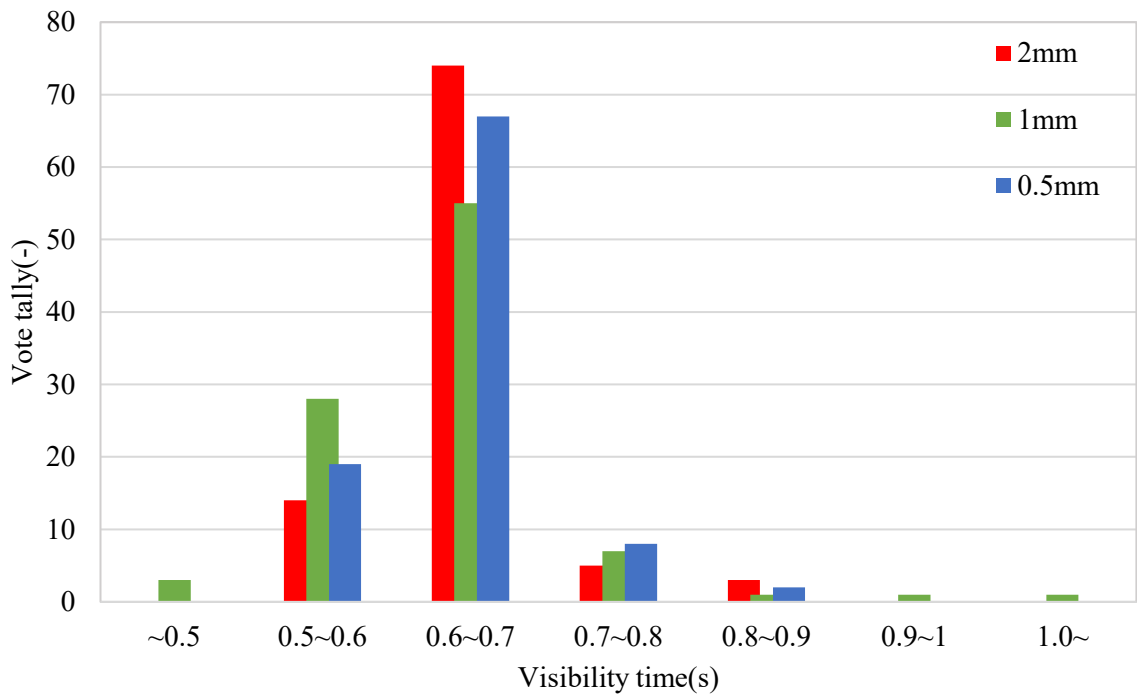


(a) Display time 0.5 sec

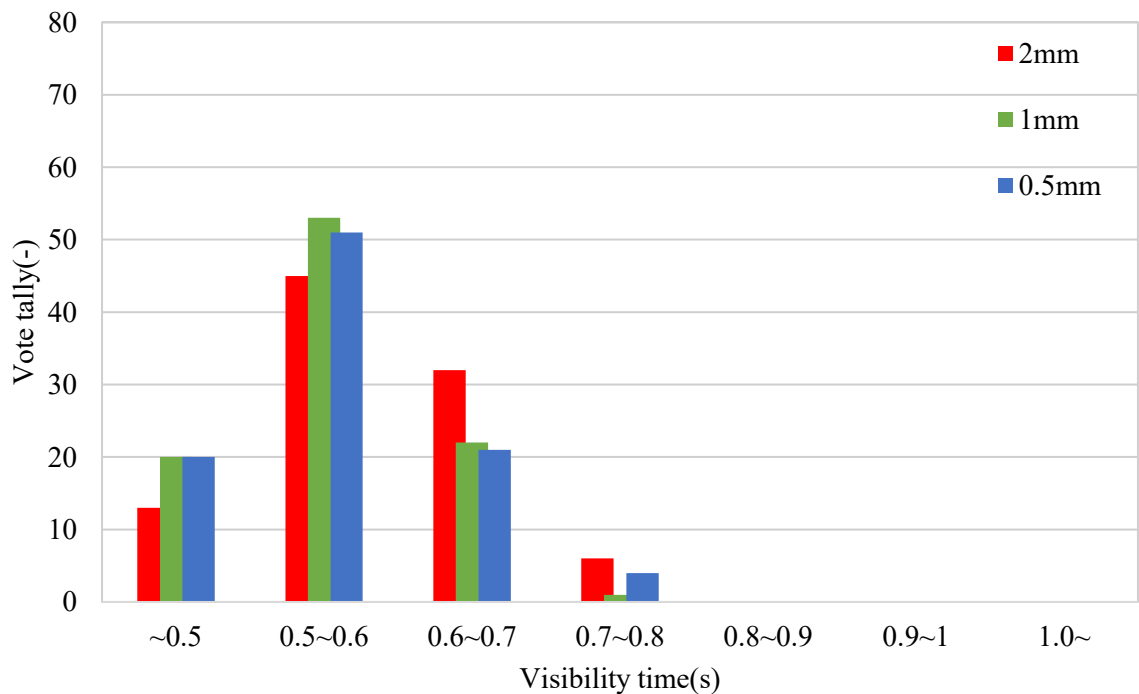


(b) Unlimited display time

Fig.4.1 Verification of visibility time range in Orientation P-icons



(a) Display time 0.5 sec



(b) Unlimited display time

Fig.4.2 Verification of visibility time range in C-ring P-icons

4.2 実験 B の視認性評価

4.2.1 アイコンの表示位置による平均視認時間

実験 B での P アイコン(車両型, 二輪型, 電車型, 歩行型, 方向型, 方角型)を用いた場合の視認時間検証を行った際の表示位置ごとの平均視認時間の結果を表 4.5 に示す. 平均視認時間は, 上から車両型, 二輪型, 電車型, 歩行型, 方向型, 方角型の結果を示し, その下にそれぞれの標準偏差を示している.

結果から, 描画アイコンの場合は電車型アイコンを除いて実験 A と同様に右側に表示された場合の視認時間が最も長い. また, 左と中央に表示された場合の視認時間に変化が見受けられないことから, ある程度複雑なアイコンであっても, 2 個までならば視認時間による影響は小さい. しかし, 文字アイコンの場合は表示位置によって視認時間に変化が小さく, 特定の表示位置で視認時間が長くなるといった傾向は見受けられない. このことから, 文字の場合はまず 3 個を読まなければならない, その上で内容を理解して回答する必要があるために表示位置によって視認時間に差異が出なかったと考えられる.

Table 4.5 Average visibility time for each display position in Experiment B

P-size(mm)	2			1			0.5		
	Left	Center	Right	Left	Center	Right	Left	Center	Right
Vehicle	0.78	0.74	0.82	0.74	0.74	0.83	0.77	0.84	0.97
Two-wheeled	0.72	0.72	0.88	0.75	0.77	0.82	0.77	0.76	0.91
Train	0.85	0.85	0.89	0.83	0.86	0.85	0.85	0.92	0.82
Walker	0.77	0.74	0.83	0.75	0.77	0.80	0.75	0.76	0.93
Orientation	1.02	0.92	1.03	0.94	1.02	1.13	1.19	1.11	1.21
Direction	1.06	1.06	1.06	1.06	1.12	1.00	1.14	1.08	1.02
SD	0.07	0.07	0.11	0.11	0.10	0.11	0.09	0.11	0.20
	0.09	0.09	0.19	0.11	0.07	0.09	0.09	0.11	0.28
	0.17	0.17	0.14	0.12	0.09	0.10	0.11	0.19	0.16
	0.10	0.10	0.16	0.16	0.13	0.10	0.05	0.10	0.22
	0.14	0.14	0.16	0.13	0.17	0.19	0.32	0.21	0.21
	0.25	0.25	0.21	0.25	0.35	0.13	0.44	0.19	0.19

4.2.2 アイコンの図柄による平均視認時間

次に、実験 B での P アイコンの表示内容ごとの平均視認時間の結果を表 4.6 に示す。平均視認時間は、上から車両型、二輪型、電車型、歩行型、方向型、方角型の結果を示し、その下にそれぞれの標準偏差を示している。

結果から、描画アイコンの場合でも文字アイコンの場合でも図柄によって視認時間に大きな差異は見受けられないが、比較的中央を意味する図柄の視認時間が最も短いことが多い。これは、左と右はそれぞれ左右どちらかなのかを見分ける必要があるが、中央の場合はそういった問題が無いためであると考えられる。また、ピクセルサイズ毎の結果を見ても、描画アイコンの場合は大きな差異は見受けられないが、文字アイコンに関しては 0.5mm の場合は他と比べて視認時間が長い。これは、文字が細く、読みにくいからと考えられる。更に、4.2.1 項同様に、描画アイコンと比べて文字アイコンは平均視認時間が大幅に大きい。このことから、文字で示された 3 個のアイコンを一度に視認し、更に内容を理解する上での難しさが視認時間に影響を与えていることがわかる。

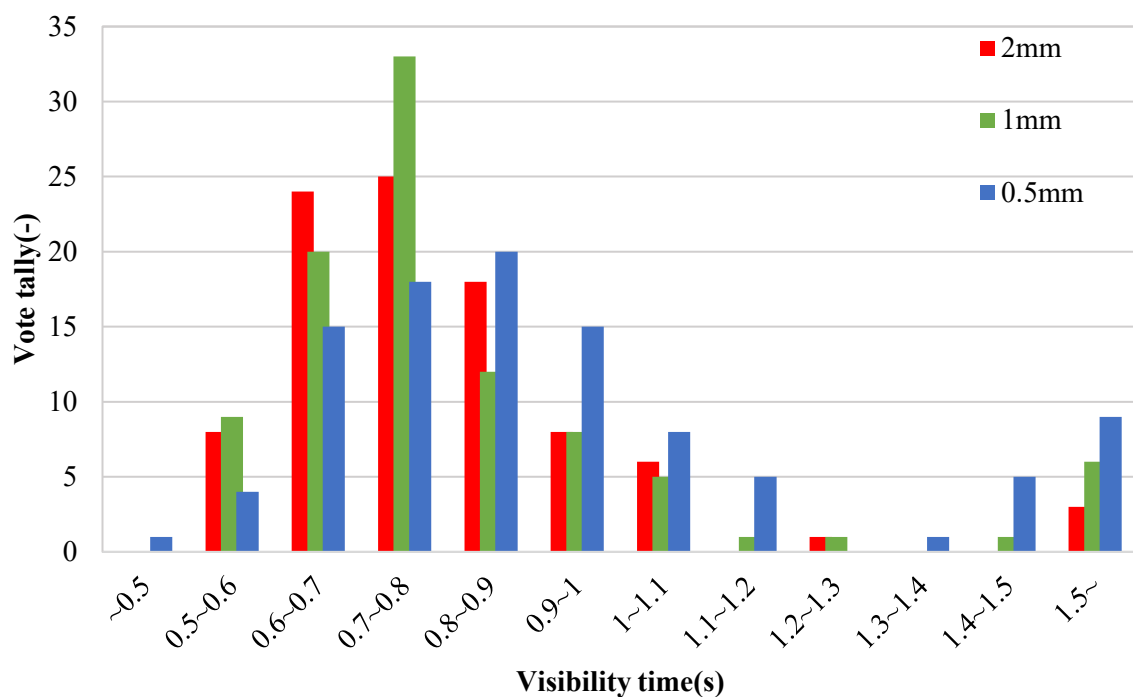
Table 4.6 Average visibility time for each display content in Experiment B

P-size(mm)	2			1			0.5		
	Left	Center	Right	Left	Center	Right	Left	Center	Right
Vehicle	0.82	0.73	0.76	0.76	0.70	0.84	0.88	0.79	0.90
Two-wheeled	0.70	0.75	0.85	0.75	0.77	0.82	0.93	0.74	0.78
Train	0.86	0.82	0.93	0.85	0.85	0.85	0.90	0.85	0.85
Walker	0.81	0.74	0.78	0.71	0.73	0.87	0.84	0.77	0.83
Orientation	1.07	0.93	0.96	1.04	1.00	1.06	1.23	1.15	1.12
Direction	1.04	1.01	1.04	1.01	1.09	1.08	1.11	1.12	1.00
SD	0.10	0.07	0.09	0.16	0.05	0.10	0.20	0.10	0.16
	0.07	0.13	0.19	0.08	0.11	0.08	0.28	0.12	0.10
	0.15	0.10	0.19	0.14	0.08	0.10	0.13	0.23	0.10
	0.16	0.12	0.08	0.08	0.11	0.13	0.14	0.10	0.21
	0.12	0.19	0.14	0.25	0.15	0.18	0.24	0.25	0.35
	0.22	0.19	0.23	0.20	0.19	0.29	0.19	0.49	0.16

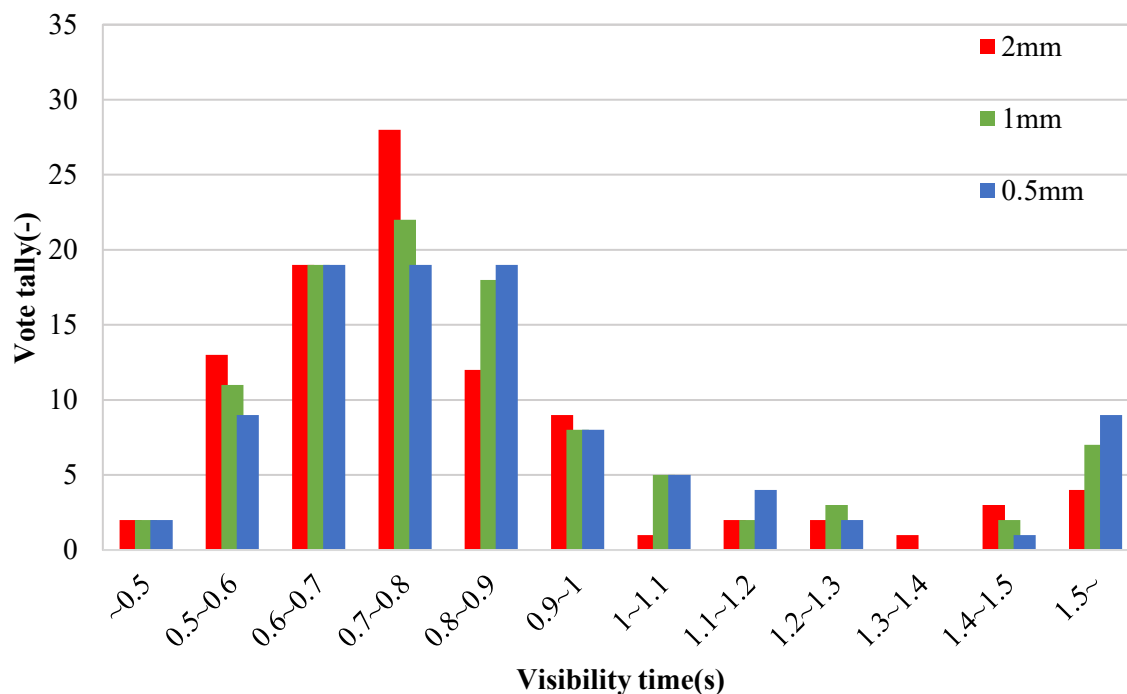
4.2.3 視認時間範囲と平均視認時間

最後に、実験 B での各実験協力者の視認時間がどの程度の範囲に収まっているかを確認するために、0.5 秒から 1.5 秒までの範囲を 0.1 秒ごとに区切り、票数をまとめた結果を図 4.3 に示す。なお、車両型の場合を(a)に、二輪型の結果を(b)に、電車型の結果を(c)に、歩行型の結果を(d)に、方向型の結果を(e)に、方角型の結果を(f)に示す。次に、P アイコンの平均視認時間の比較を図 4.4 に示す。なお、描画アイコン全体の比較を(a)に、文字アイコンと描画アイコンの比較を(b)に、全体の平均視認時間を(c)に示す。また、実験協力者それぞれの視認時間範囲の結果は付録にまとめた。

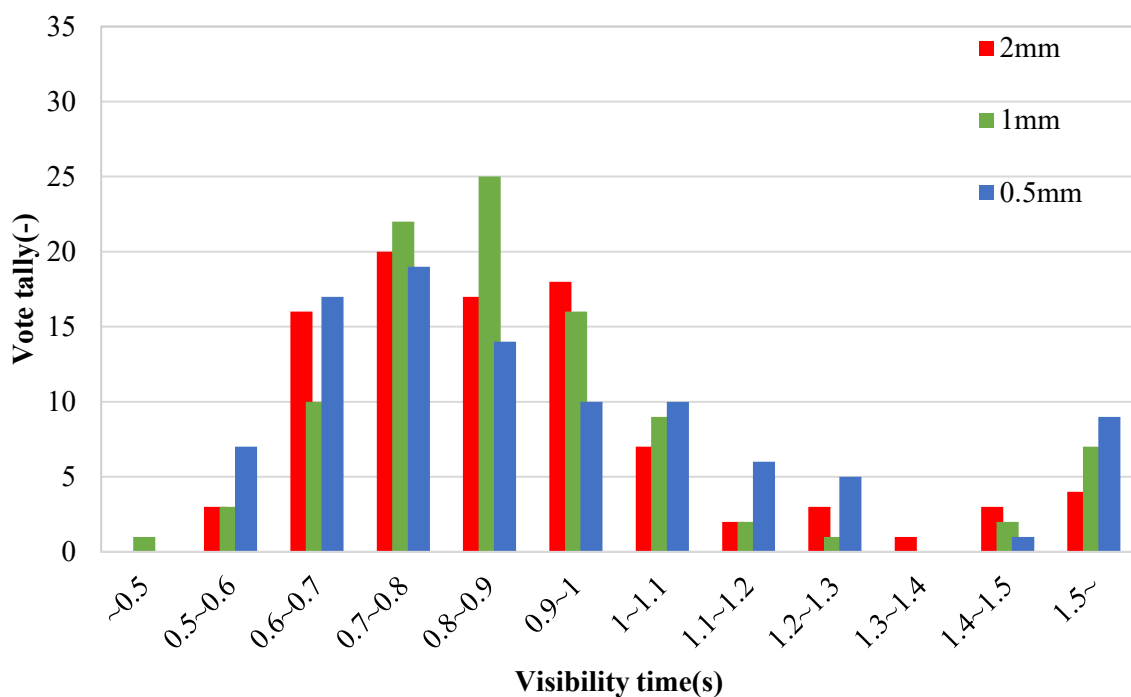
結果を見ると、車両型、二輪型、歩行型の 3 種は、ほとんどの実験協力者が 1 秒以内に視認しており、特にピクセルサイズが 1mm との場合は視認時間 0.7 秒から 0.8 秒の範囲が最も票数が多く、2mm の場合は歩行型の場合のみ 0.6 秒から 0.7 秒の範囲に収まっており、他は 1mm の場合と同じである。それに対して、ピクセルサイズ 0.5mm の場合は、0.8 秒から 0.9 秒の範囲で収まっており、視認時間範囲が 0.1 秒程度長い。このことから、文字だけでなく、描画アイコンの場合であっても、線が細かい場合は見にくく、視認性が悪いと考えられる。また、電車型に関しては、ピクセルサイズによらず視認時間範囲が 0.8 秒から 0.9 秒と、他の描画アイコンと比較して視認時間が長い。これは、電車型アイコンにはケーブルシップを意識した偽アイコンが存在し、それらが同時に表示された場合に、どちらのアイコンが電車アイコンであるかを見分ける必要があったため、その分視認時間が伸びたと考えられる。次に、文字アイコンの場合は、0.6 秒未満で視認できている実験協力者はおらず、視認時間が 1.5 秒を超えることも珍しくない。視認時間範囲も方角型の場合はピクセルサイズにかかわらず 0.9 秒から 1.0 秒の範囲が最も票数が多いが、方向型の場合は、ピクセルサイズ毎に視認時間範囲がばらけており、安定していない。これは、先述した電車型と同様に、方向型は「左」と「右」の漢字は類似しており、見分けることが難しいためと考えられる。平均視認時間の結果を見ても、アイコンを利用する場合に文字アイコンは認識に時間がかかることが確認できた。また、ピクセルサイズが 0.5mm の場合は視認時間が長くなる傾向があるため、ピクセルサイズの大きさはある程度大きくする必要がある。以上より、HUD にアイコンを表示する際のピクセルサイズは 1mm 以上が妥当であるとの結論に至った。



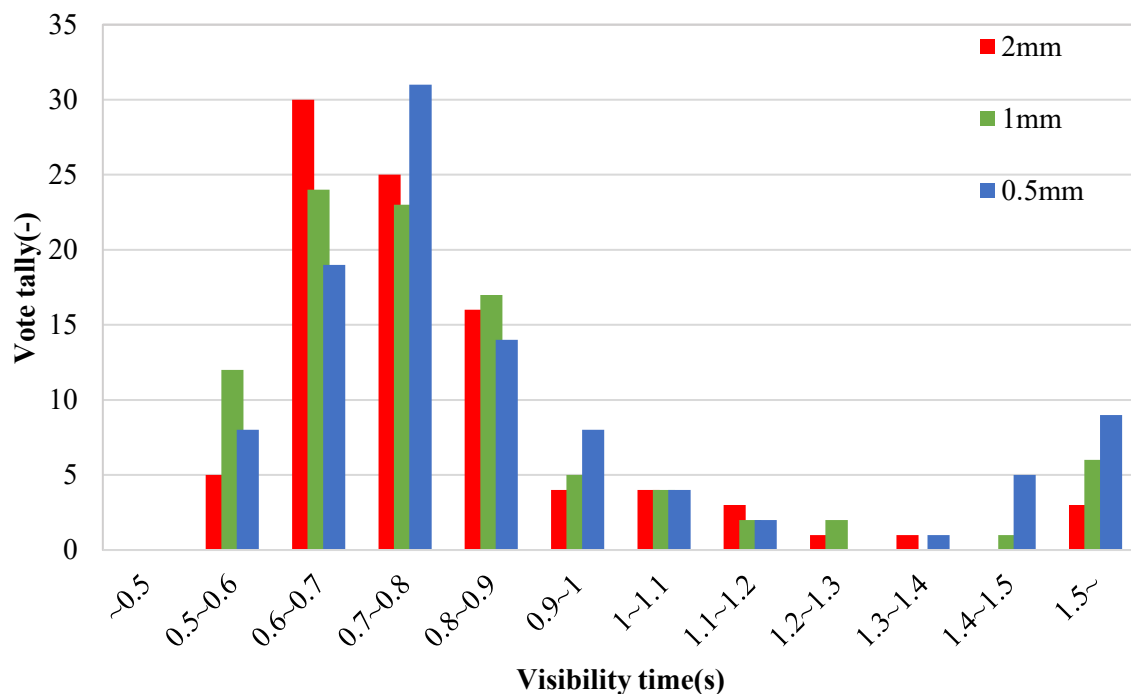
(a) Vehicle



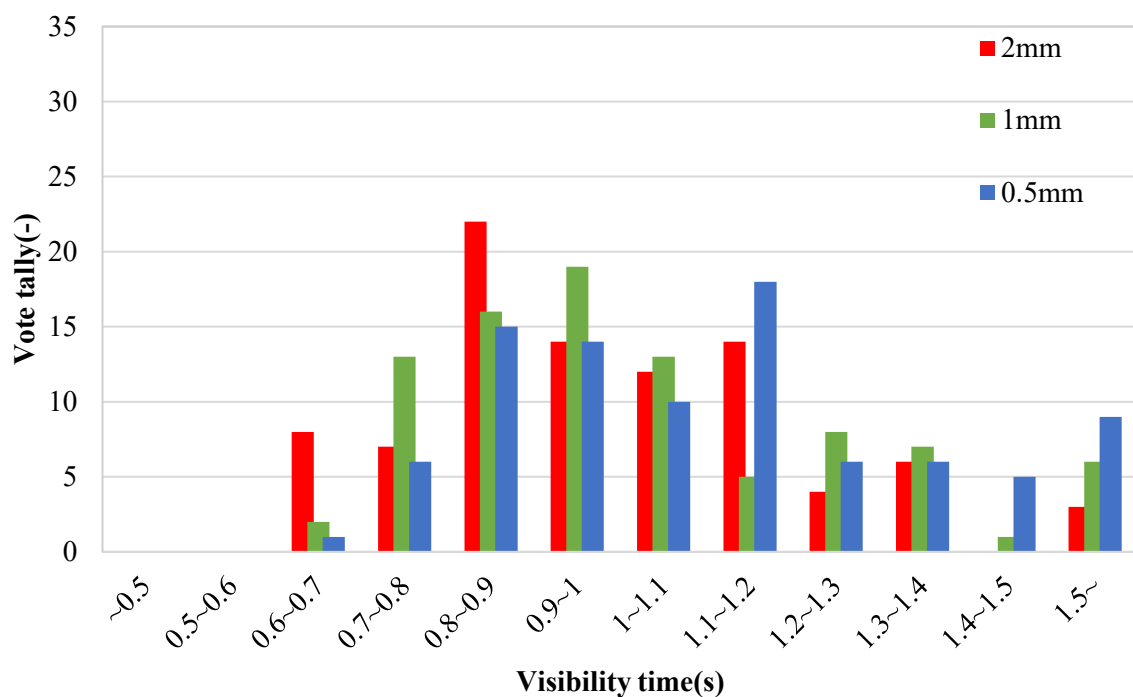
(b) Two-wheeled



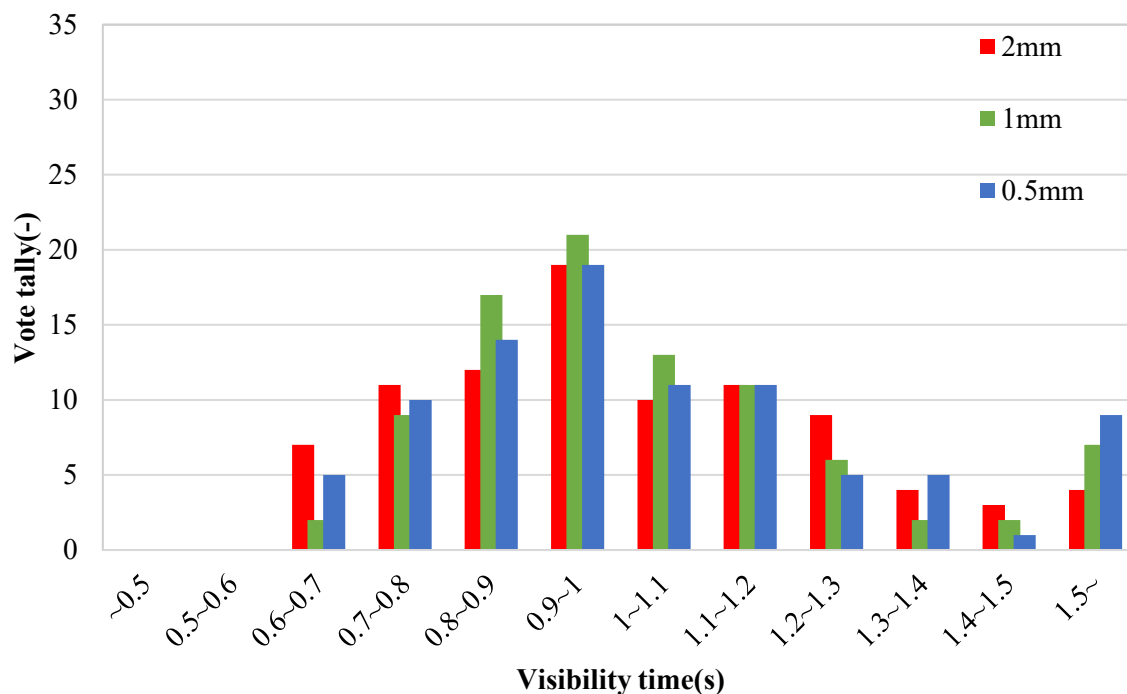
(c) Train



(d) Walker

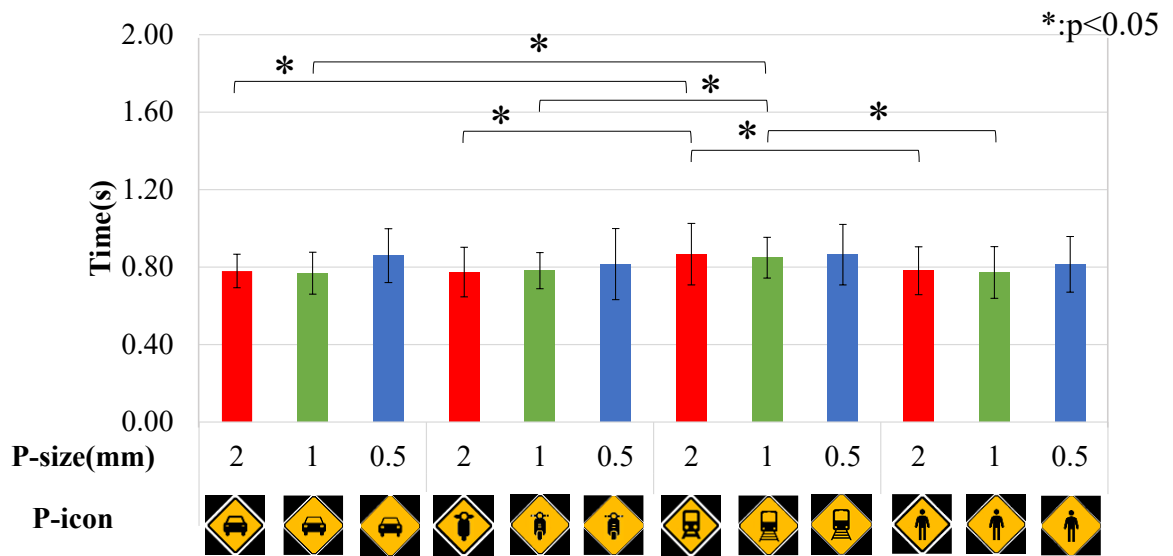


(e) Orientation

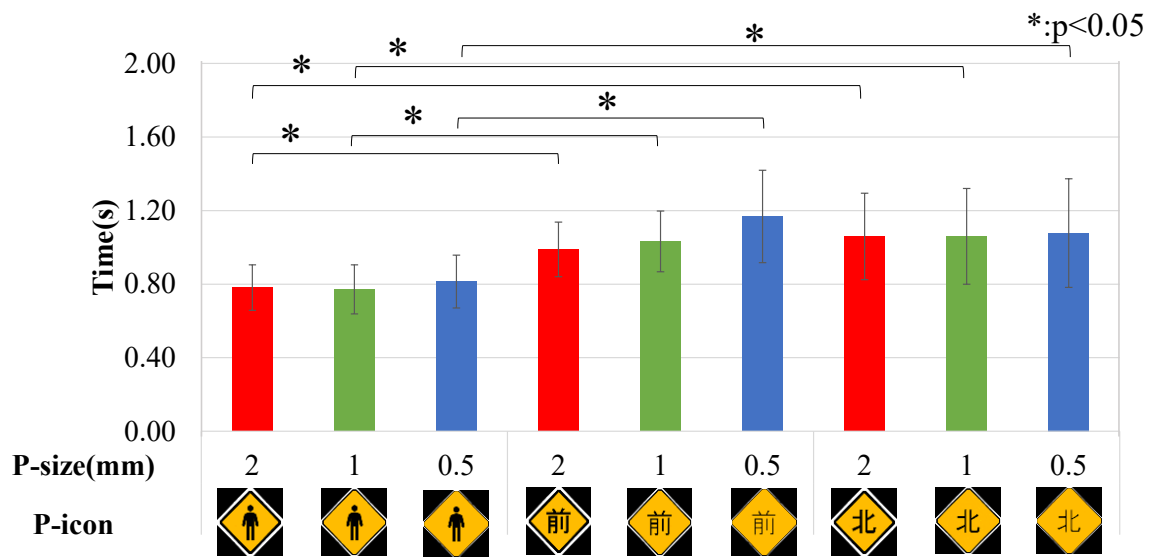


(f) Direction

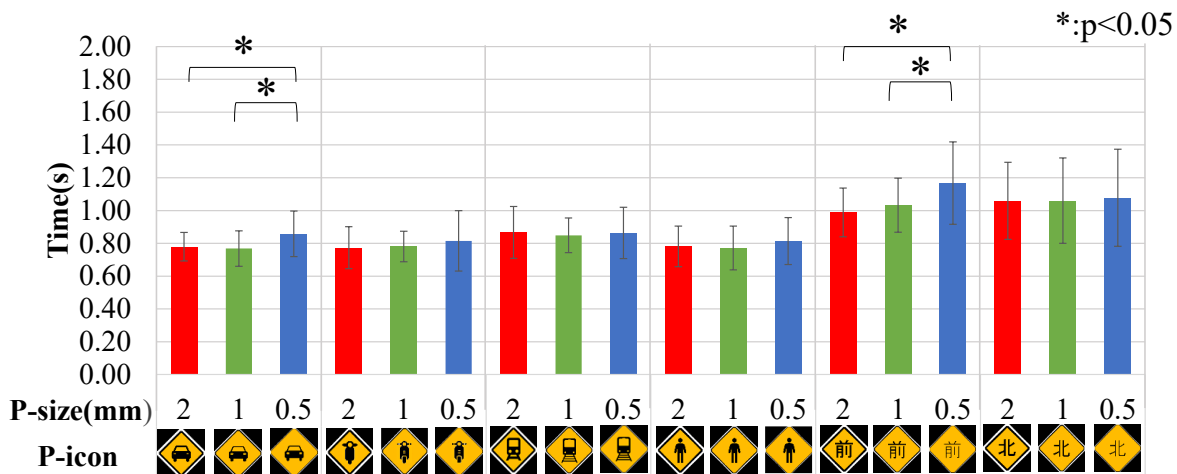
Fig.4.3 Verification of visibility time range in Experiment B



(a) Comparison of visibility time of Drawn P-icons



(b) Comparison of visibility time for Letter P-icons



(c) Overall average visibility time

Fig.4.4 P icon visibility time comparison

第5章

結論

5.1 まとめ

本研究では、ランドルト環の間隙のサイズに基づいてピクセルサイズを定め、視認性を高めるためドット表記におけるがたつきを滑らかにした情報提示アイコン(P アイコン)を提案する。そして、提案する P アイコンによる情報提示実験を視覚 HMI である HUD にて行う。そして、P アイコンのピクセルサイズや図柄・表示個数・位置・時間といった条件を変化させた場合の視認時間の違いを検証を行った。実験の結果、簡素なアイコンでは表示時間や表示数、ピクセルサイズによる視認時間への影響は小さいことと、情報提示にアイコンを利用する場合は、文字を用いたアイコンは読むことに時間がかかり、類似するアイコンを同時に表示した場合はそれぞれを見分けるために時間がかかるため、アイコンを利用した情報提示では避ける必要があるとわかった。また、ピクセルサイズが 0.5mm の場合は文字や図柄にかかわらずアイコン表記が細かいことから視認時間が長くなる傾向があるため、ピクセルサイズの大きさはある程度大きくする必要があり、本研究で用いた表示領域 233mm×124mm の一般的な HUD にアイコンを表示する際のピクセルサイズは 1mm 以上が妥当であるとの結論に至った。この結果は今後 HUD を用いたアイコン表示における構築の基準とすることが、HUD の大きさや距離に合わせてピクセルサイズを変更することで幅広い情報提示に利用することができ、有効性を示すことが出来た。

5.2 今後の課題

本研究では実際の走行環境を想定した場合の注意喚起を意味したアイコンを三種表示することでその視認性は示したが、表示しているアイコンは注意喚起または操作指示を示すアイコン1種類を同時に表示していたため実際の状況を想定した実験としては不十分であり、これら2種類やその他の複数の情報も組み合わせてPアイコンの視認性の変化の検証を行う必要がある。また、本実験は実験協力者10人全員が20歳前半と若年層に偏っていたため、より広い年齢層の方々に協力してもらった場合の視認性検証実験を行う必要がある。これらの検証で有効性を確認した後、ドライビングシミュレータにてPアイコンを表示するHUDを用いた走行実験を行い、その有効性を検証することが、本研究の先にある最終目標である。

参考文献

- [1] 須田義大, 青木啓二:「自動運転技術の開発動向と技術課題」, 情報管理, Vol.57, No.11, pp.809-817(2015)
- [2] “道路交通事故の動向”, 内閣府「令和3年交通安全白書(全文)」
[Online]https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r03kou_haku/zenbun/genkyo/h1/h1b1s1.html(参照日 2022/1/10)
- [3] 丸山凌平, 高橋翔, 萩原亨, 寺倉嘉宏:「高速道路合流部における AR を用いた HUD による合流行動支援とその有効性の検証」, ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol.23, No.1, pp.19-18(2021)
- [4] O Borg:「Stimulus duration thresholds for reading numerical time information: Effects of visual size and number of time units」, Displays, 36, pp.33-36(2015)
- [5] 堀野定雄, 森みどり, 三林洋介, 榎原毅, 依田正:「高速道路案内標識の適正情報量と再設計-ドライバの視線分析から-」, 人間工学, 36 特別号, pp.256-257(2000)
- [6] 飯田克弘, 鈴木彩希, 蓮花一己, 高橋秀喜, 糸島史浩, 田坂真智:「道路情報版に表示されるシンボルの情報伝達機能の評価」, 交通工学論文集, 第2巻, 第2号(特集号A), pp.A_205-A_212(2016)
- [7] L Yuan:「Research on Recognition and Evaluation of Traffic Guide Sign」, Mathematical Problems in Engineering, pp.1-7(2015)
- [8] 榎本恵, 関根道昭, 森田和元, 田中健次:「ヘッドアップディスプレイを想定した重畳表示における情報の表示数と位置が安全運転に与える影響(第2報)」, 自動車技術会論文集, Vol.47, No.2, pp.523-529(2016)
- [9] 窪田悟, 菊田勇人:「車載 HUD の好ましい表示位置, 表示サイズ, 表示色, およびそれらの走行環境依存性」, 映像情報メディア学会誌, Vol.73, No.6, pp.1160-1167(2019)
- [10] 清水爽太, 栗谷川幸代, 景山一郎:「ドライバ特性を考慮した車載 HUD に対するドライバの情報認識に関する研究」, 日本大学生産工学部第51回学術講演概要, pp.165-168(2018)
- [11] 大門樹, 伊藤裕也, 望月誠, 江村恒一:「ヘッドアップディスプレイ利用時のドライバの反応時間, 煩わしさに関する基礎的研究」自動車技術会論文集, Vol.47, No.4, pp.967-972(2016)
- [12] 三浦弘雅, 青柳宗一郎, 佐藤晴彦, 山本善規, 綿貫啓一, 松宮信之, 侯磊, 楓和憲:「自動運転車両を考慮したヘッドアップディスプレイ(HUD)に対する

参考文献

- 近周辺視野を含むドライバ認知特性」自動車技術会論文集，Vol.47，No.2，pp.509-514(2016)
- [13] 望月誠，鈴木桂輔：「ドライバの周辺視野を活用した複数の運転支援情報提示の有効性」，自動車技術会論文集，Vol.45，No.6，pp.1123-1128(2014)
- [14] 松賓良祐，大屋魁，伊藤太久磨「高齢ドライバの生活道路での予見的制動介入に対する受容性に関する調査」，自動車技術会論文集，Vol.50，No.3，pp.911-917(2019)
- [15] 有住卓郎，「受容性評価に基づくインピーダンス制御を用いた操舵支援システムのパラメータ設計に関する研究」，三重大学大学院工学研究科機械工学専攻修士学位論文(2016)
- [16] 辻敏夫，島崎知之，金子真：「ロボットインピーダンスに対する人間の知覚能力の解析」，日本ロボット学会誌，Vol. 20，No. 2，pp.180-186 (2002)
- [17] 平田拓也，「可変インピーダンス制御を用いた操舵介入支援におけるドライバ受容性評価」，三重大学大学院工学研究科機械工学専攻修士学位論文(2020)
- [18] 平井翔大，「運転支援用マルチモーダル・インターフェースを用いたドライバ受容性評価に関する研究」，三重大学工学部機械工学専攻卒業論文(2018)
- [19] 土居雅歩，早川聡一郎，堤成可，池浦良淳：「HUD での情報提示における粗ピクセルアイコンを用いたドライバ視認性評価」，令和3年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会予稿集，C5-8(2021)
- [20] “Vol.5 視力 1.0 の基準はなに？”，NIDEK「目のお話」
[Online]https://www.nidek.co.jp/eyestory/eye_5.html(参照日 2022/1/10)
- [21] “適性試験の同格基準”，警視庁「運転免許試験のご案内」
[Online]<https://www.keishicho.metro.tokyo.jp/smph/menkyo/menkyo/annai/other/tekisei03.html>(参照日 2022/1/10)
- [22] “視認性に配慮した色の識別”，色カラー
[Online]<https://iro-color.com/episode/jis.html>(参照日 2022/1/10)
- [23] 有住卓郎，早川聡一郎，山口拓馬，池浦良淳，鈴木達也，「インピーダンス制御を用いたステアリング介入支援におけるドライバ受容性評価」，自動車技術会 2016 年秋季大会学術講演会講演予稿集，pp.86-90(2016)

謝辞

本研究を進めるにあたり，三重大学大学院工学研究科機械工学専攻の池浦良淳教授には多大なる御指導や御助言をいただきました。また，副査の担当をしていた加藤典彦准教授には，発表会等を通して本研究に関するご教示をいただきました。早川聡一郎准教授にはこの2年間研究の方針などについて詳しく丁寧にご指導していただき，研究の課題点等について協議をしていただきました。堤成可助教には研究に行き詰まった際には親身になって相談に乗ってくださり，的確な御助言してをいただきました。さらに，澤井秀樹研究員には製作していただいた実験装置を使用させていただき，藤原明子秘書には事務手続きを始め，研究しやすい環境をおつくり頂きました。そして忙しい中で実験に協力していただいた協力者の方々には貴重な時間を割いていただき，同期の院生の皆さんには，日々研究内容に関しての意見交換を重ねることで，お互いに良い刺激となり，研鑽を積むことができました。研究室の皆様や実験協力者の皆様にお力添えいただいたことを，深く感謝致し，厚く御礼申し上げます。最後に大学院生として生活をする上で多大な援助を送ってくださった家族のおかげで充実した生活を送ることができました。感謝の気持ちを述べることで謝辞の最後とさせていただきます。

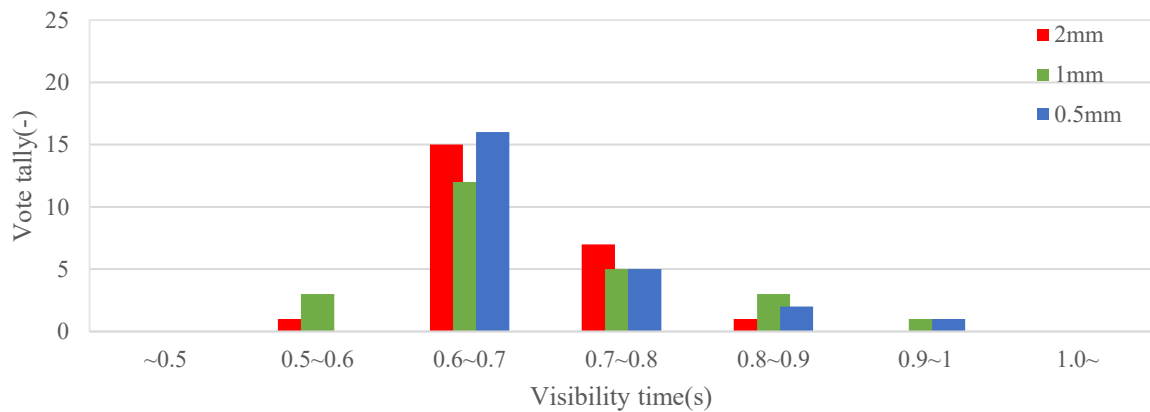
付録

付録として、本研究で蓄積した個人ごとのデータを掲載する。

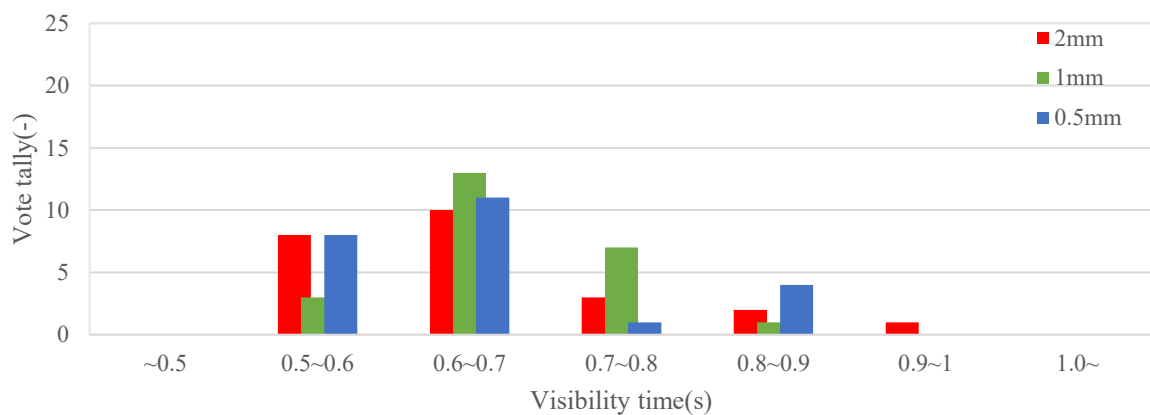
実験 A

実験 A では、実験協力者 4 名の各図柄における視認時間範囲の結果を示す。Sample1 には方向型アイコンの表示時間 0.5 秒の結果、Sample2 には方向型アイコンの表示時間無制限の結果、Sample3 には C 環型アイコンの表示時間 0.5 秒の結果、Sample4 には C 環型アイコンの表示時間無制限の結果を示す。

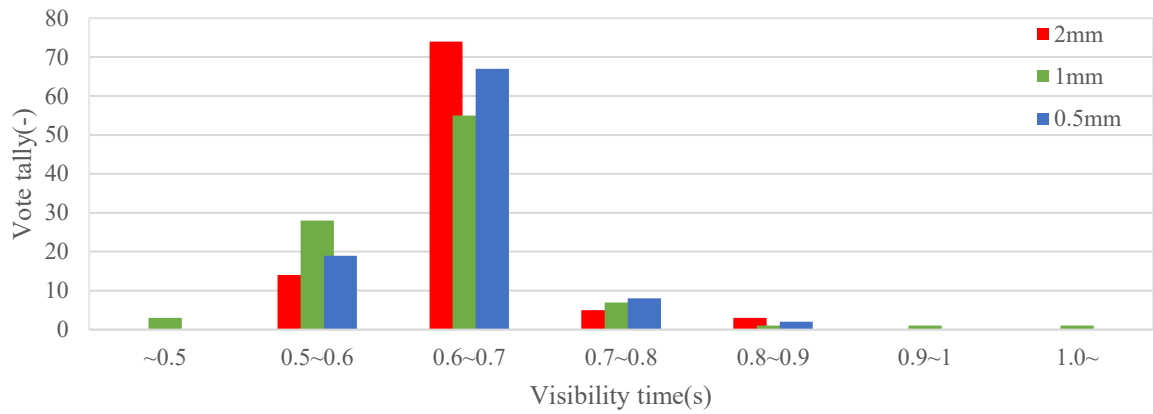
実験協力者 1



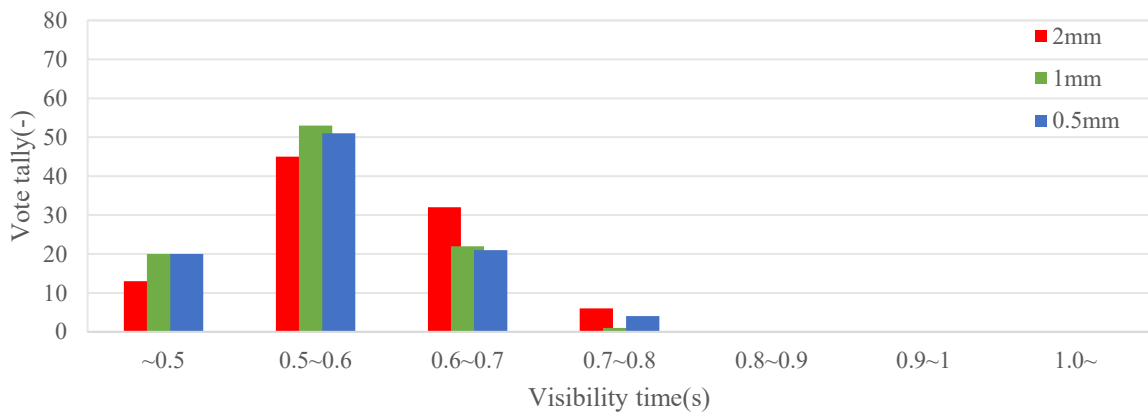
Sample1



Sample2

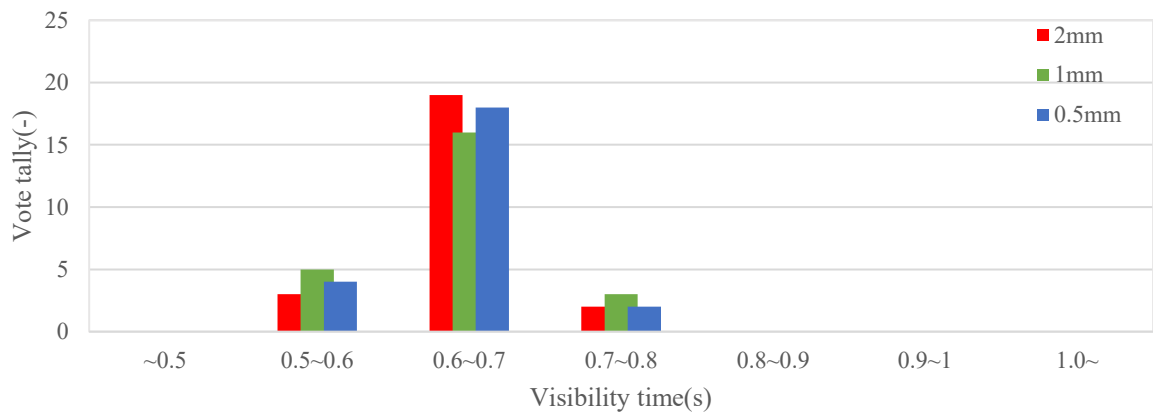


Sample3

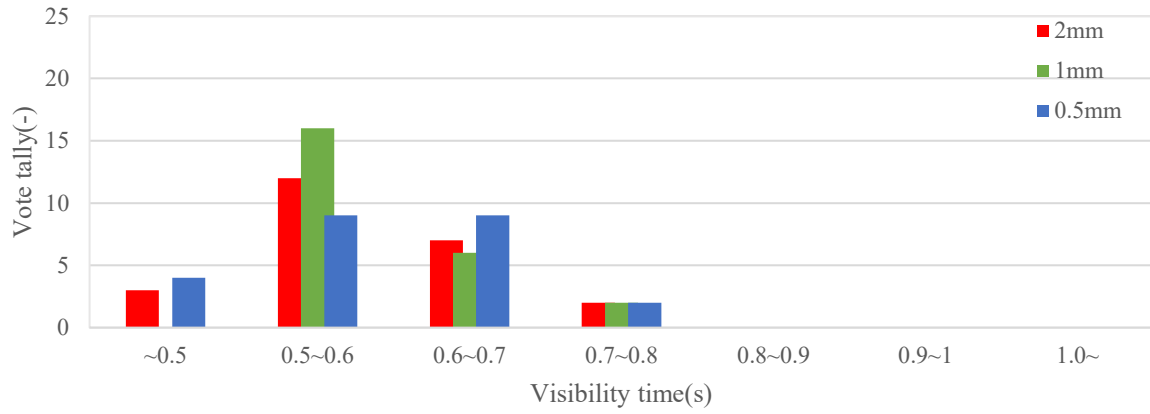


Sample4

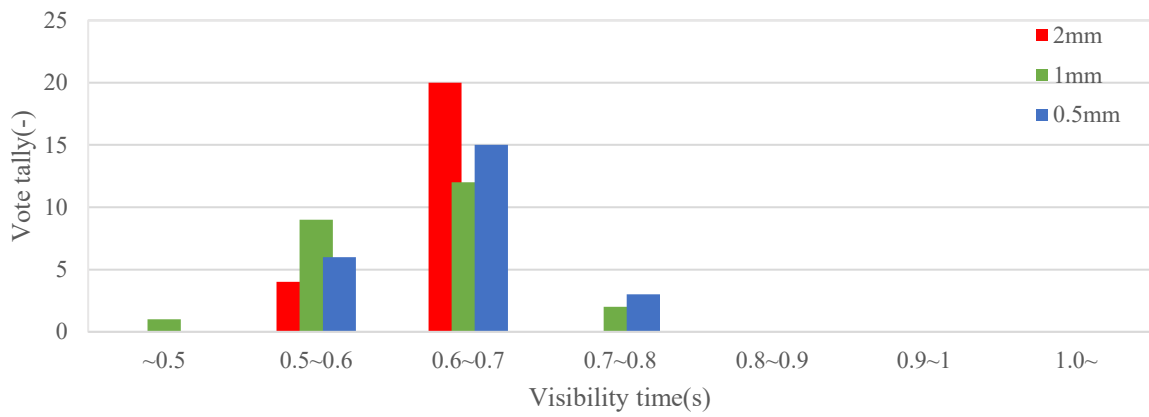
実験協力者 2



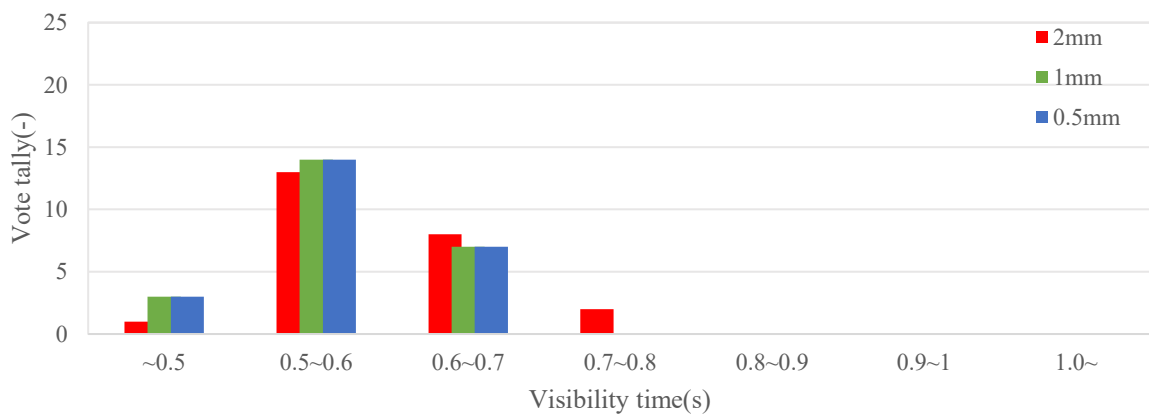
Sample1



Sample2

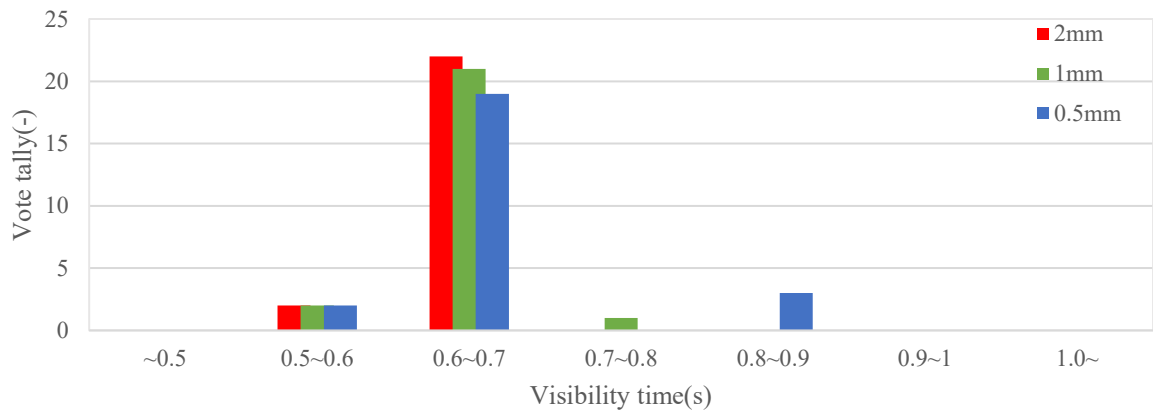


Sample3

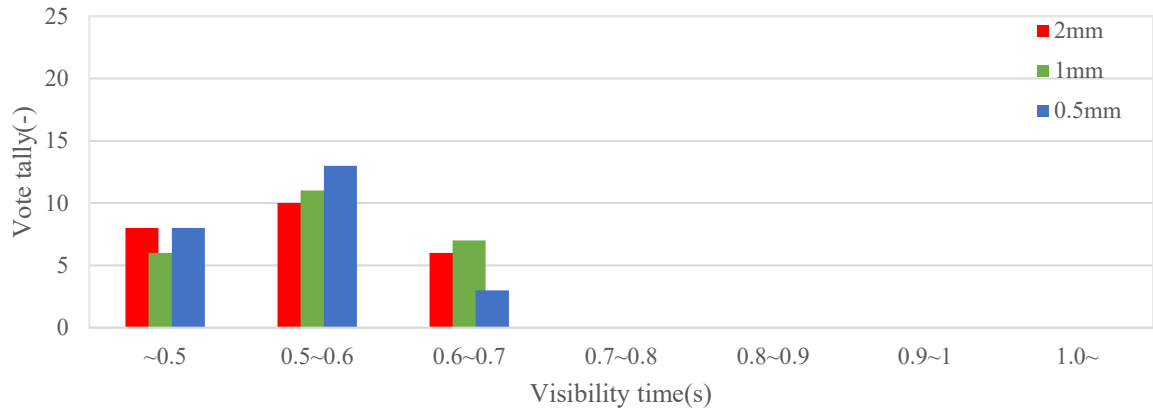


Sample4

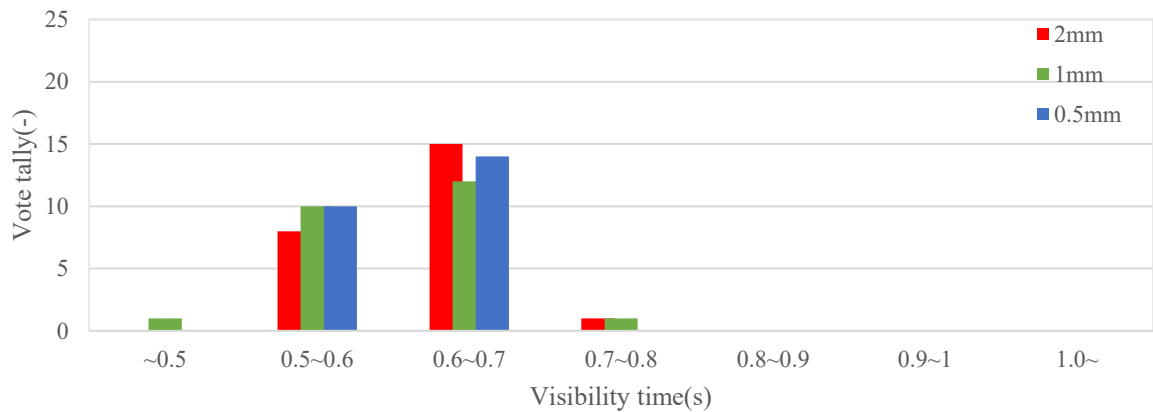
実験協力者 3



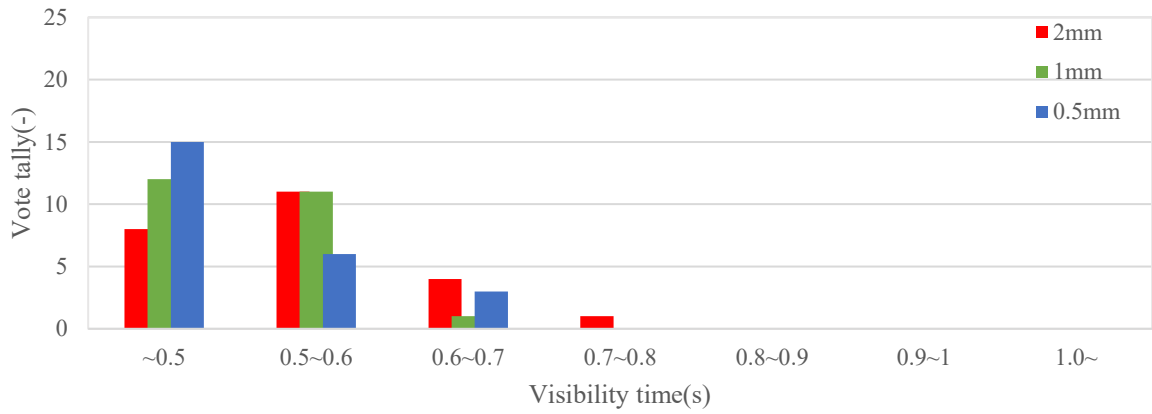
Sample 1



Sample 2

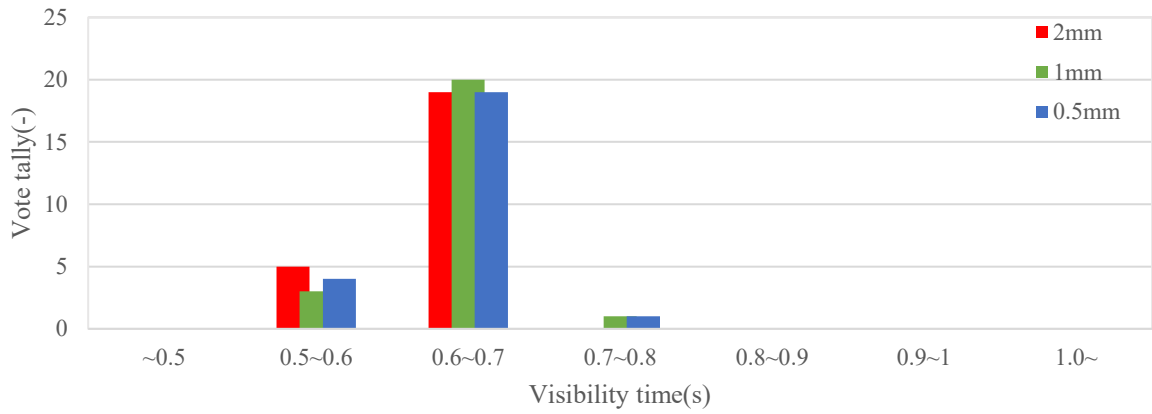


Sample 3

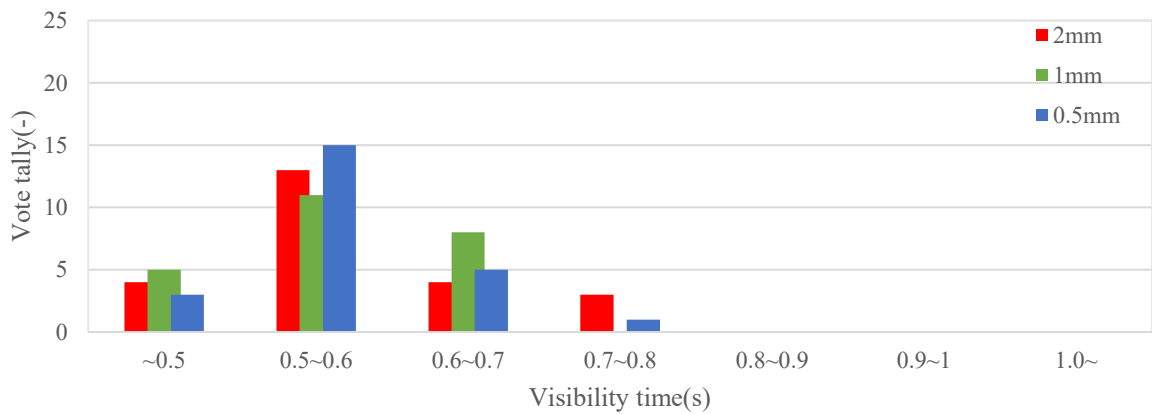


Sample4

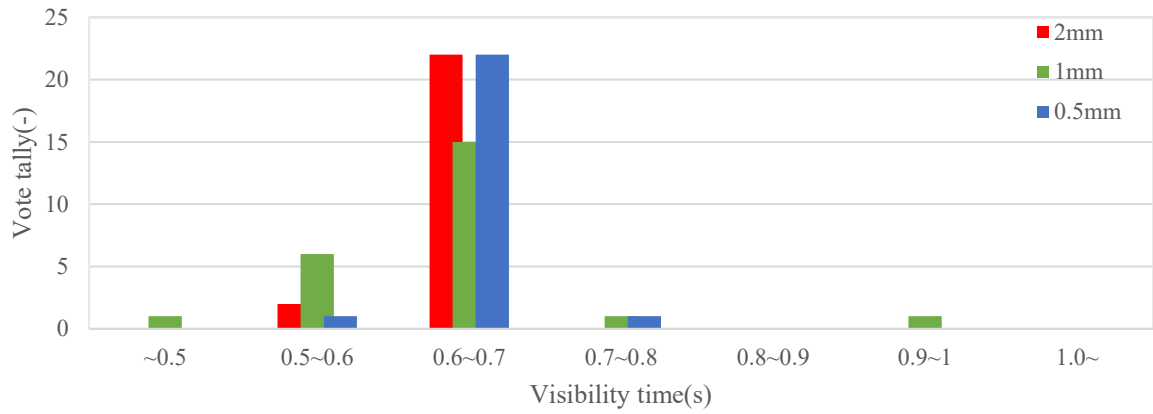
実験協力者 4



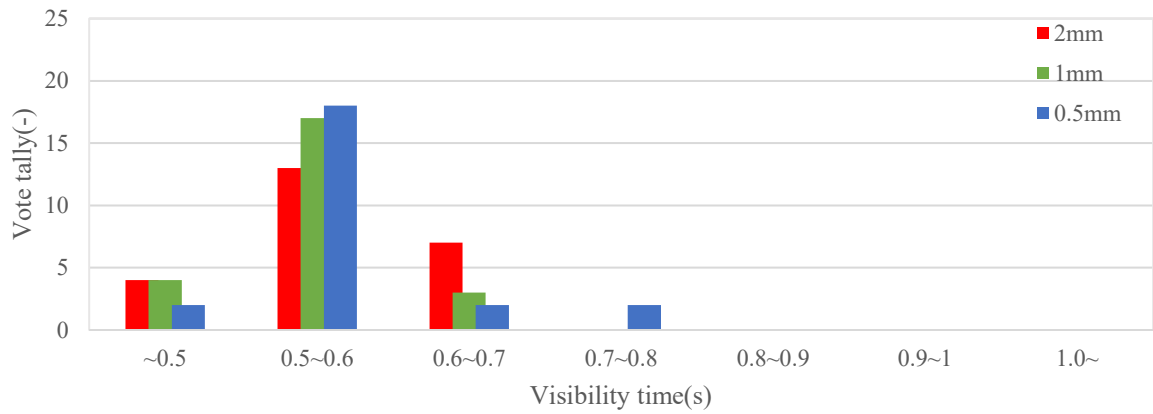
Sample1



Sample2



Sample3

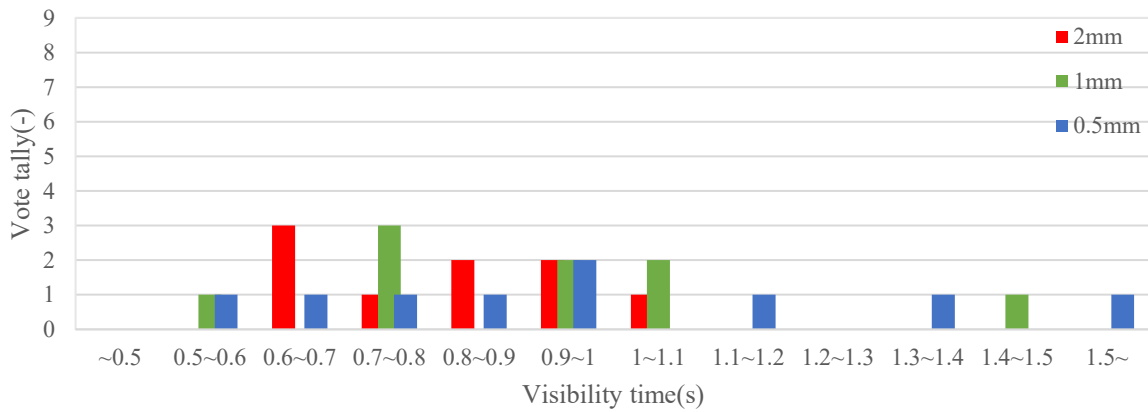


Sample4

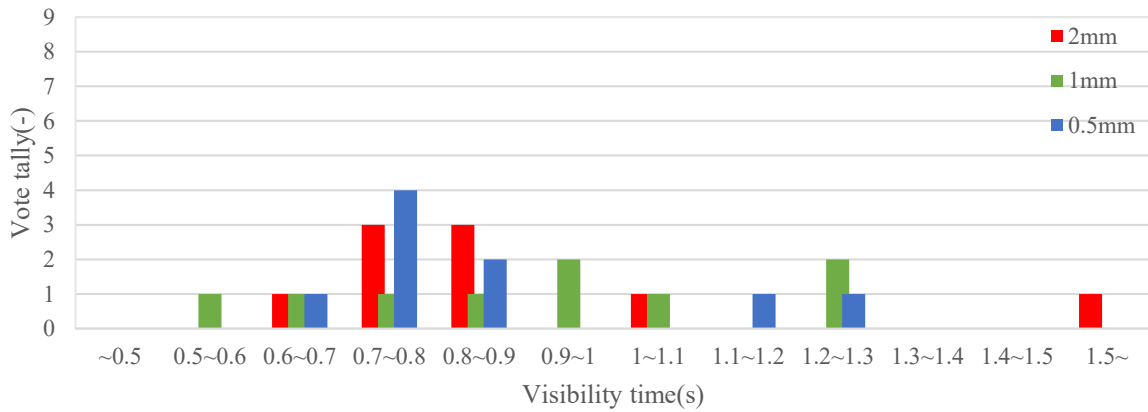
実験 B

実験 B では、実験協力者 10 名の各図柄における視認時間範囲の結果と、平均視認時間の結果を示す。Sample1 には車両型の結果、Sample2 には二輪型の結果、Sample3 には電車型の結果、Sample4 には歩行型の結果、Sample5 には方向型の結果、Sample6 には方角型の結果、Sample7 には平均視認時間の結果を示す。

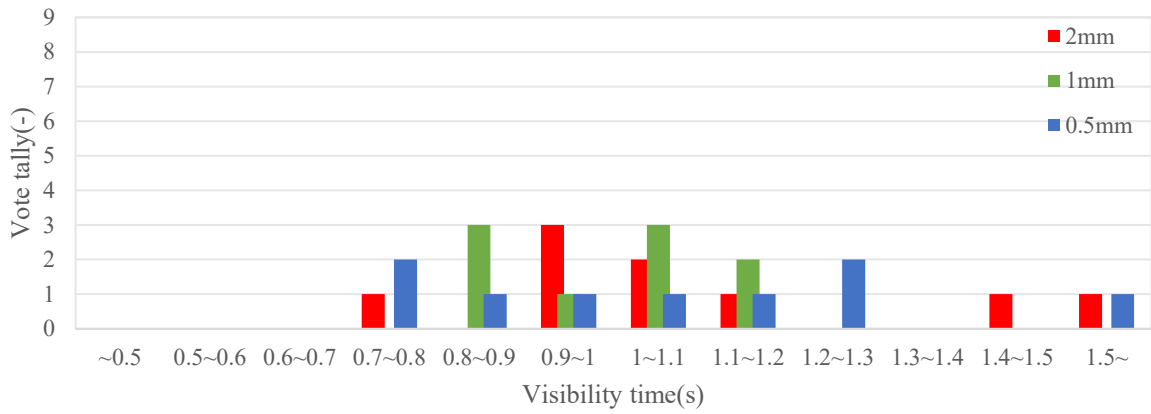
実験協力者 1



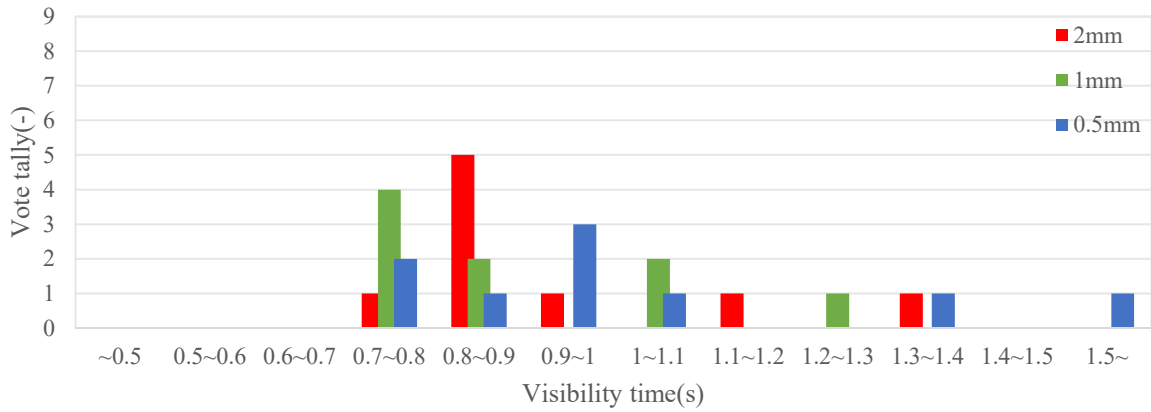
Sample1



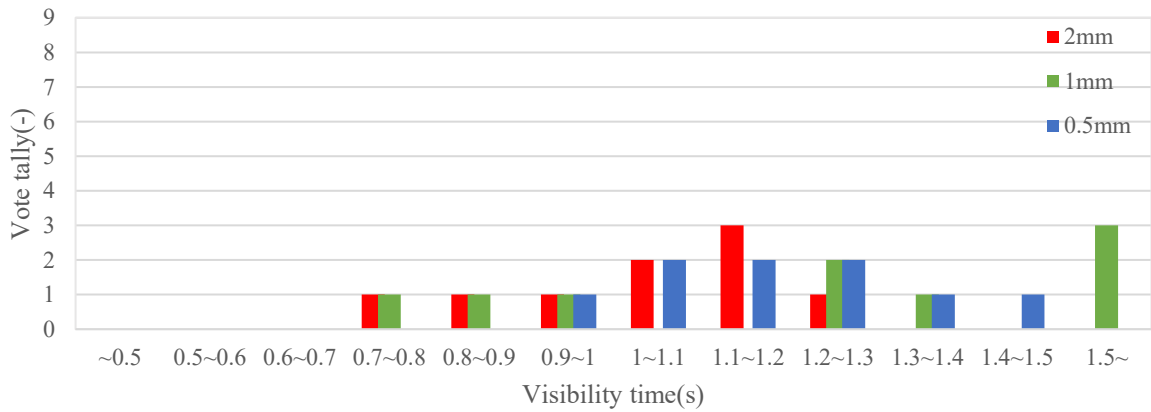
Sample2



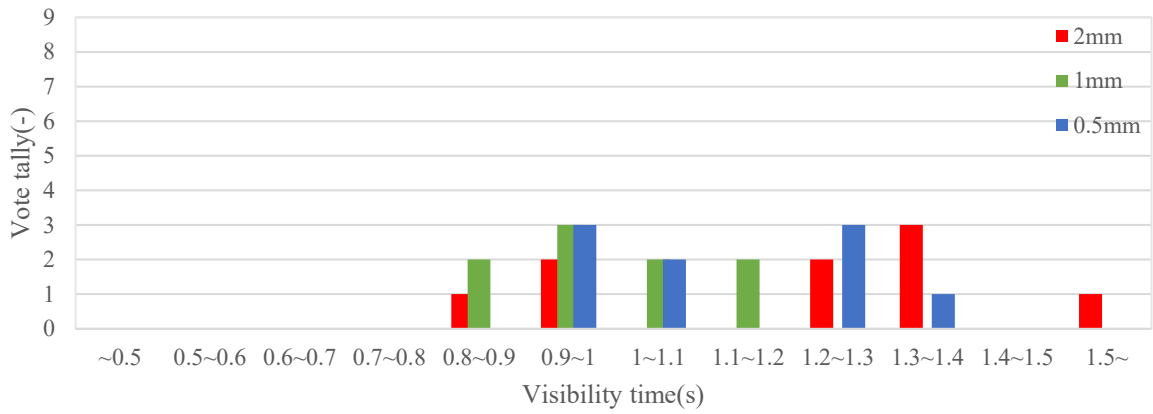
Sample3



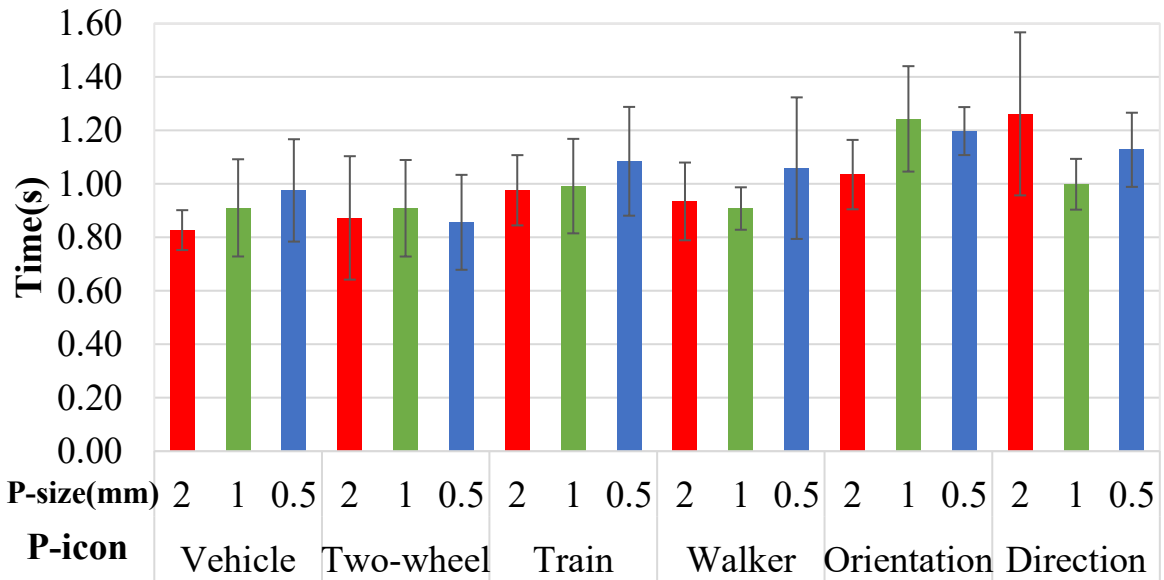
Sample4



Sample5

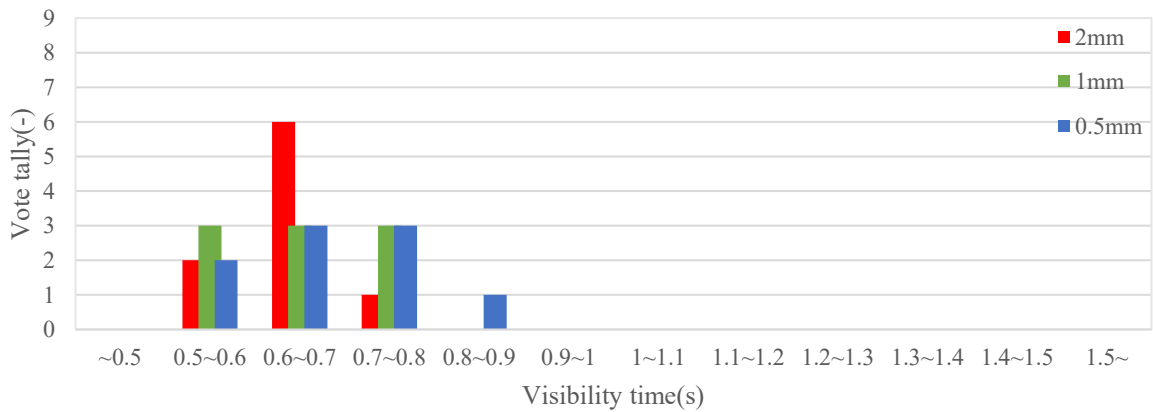


Sample6

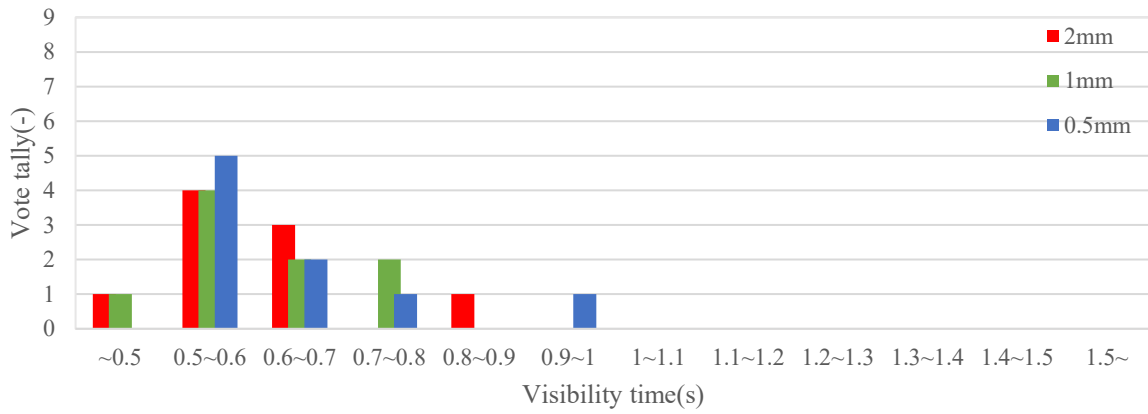


Sample7

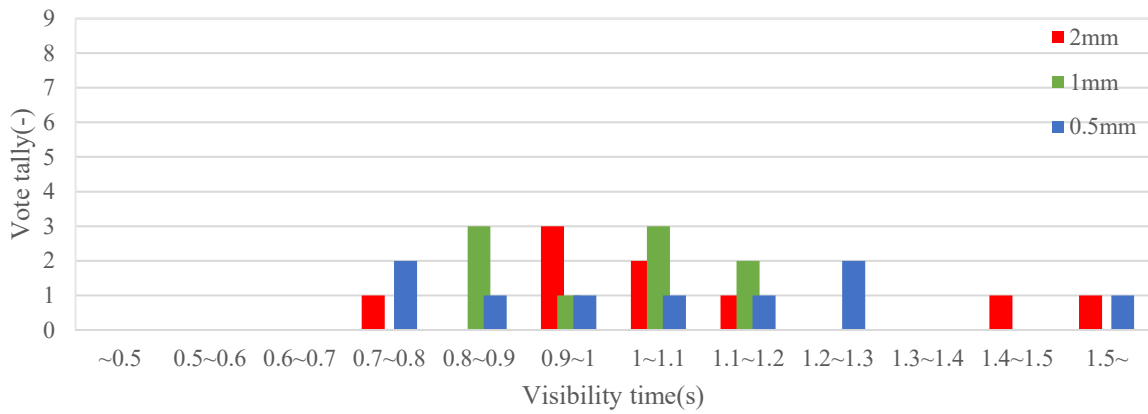
実験協力者 2



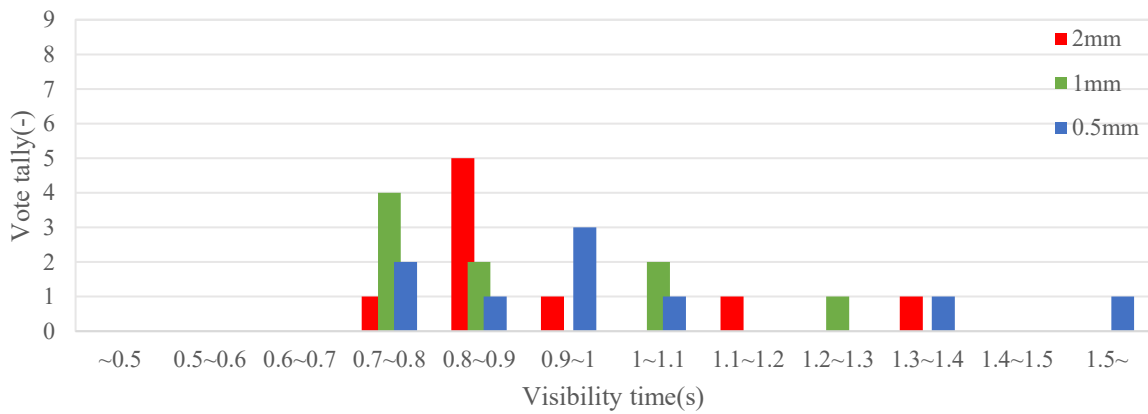
Sample1



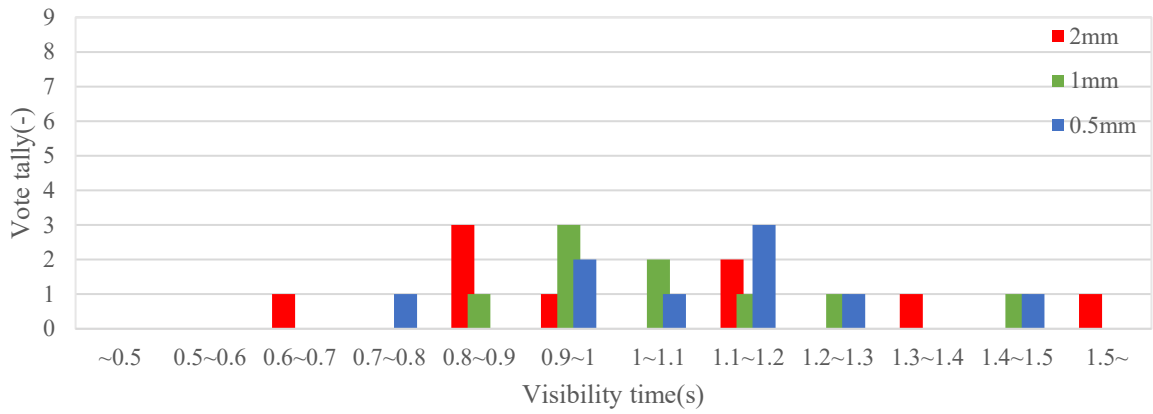
Sample2



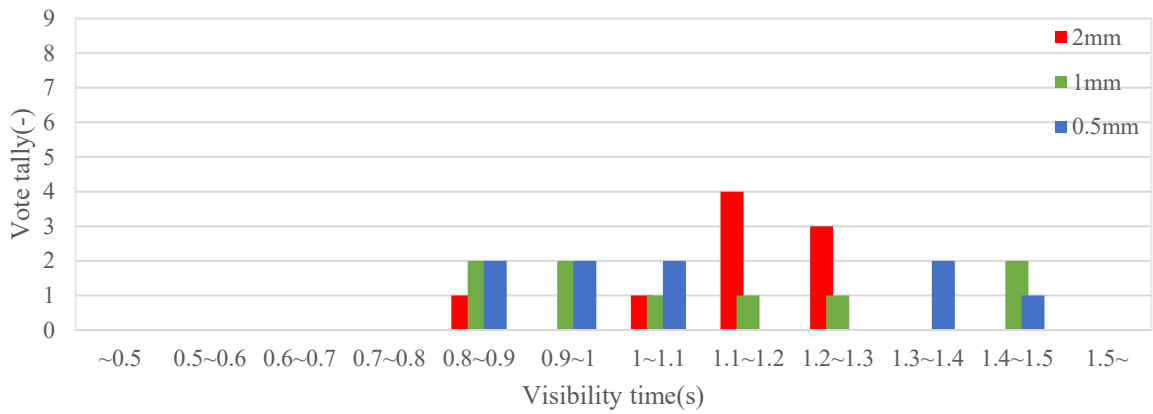
Sample3



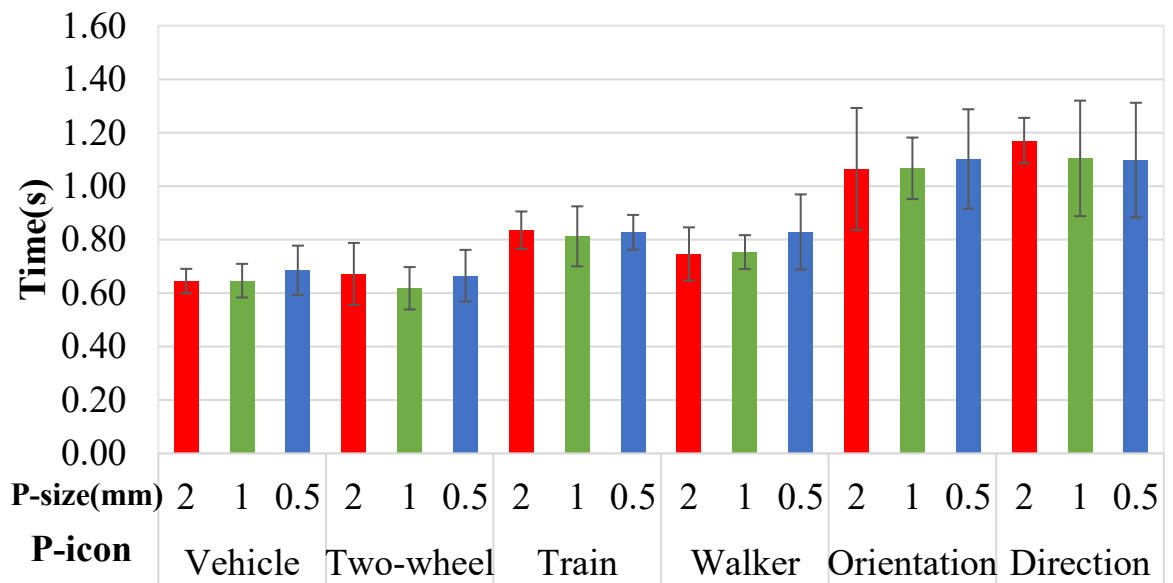
Sample4



Sample5

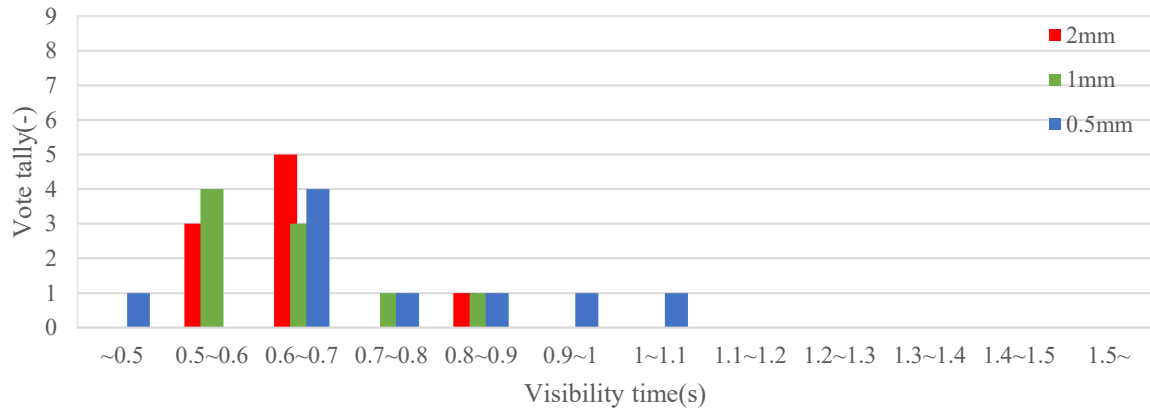


Sample6

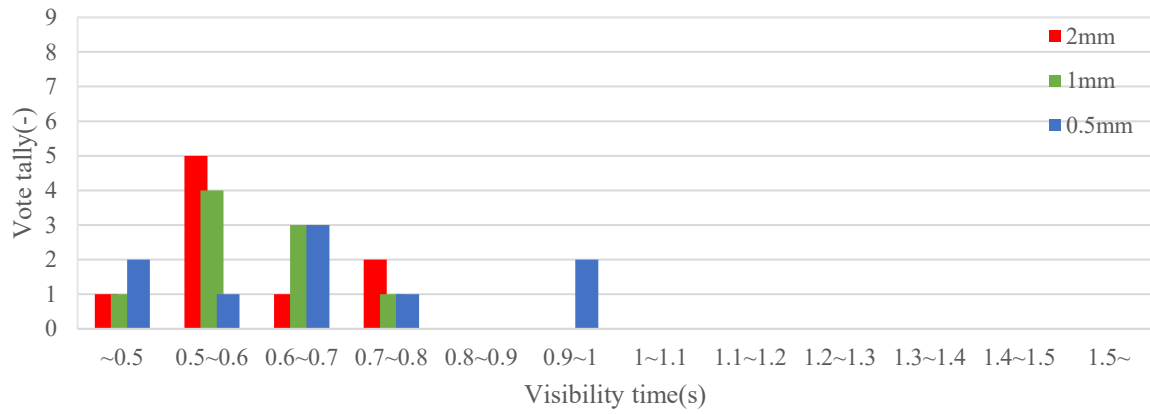


Sample7

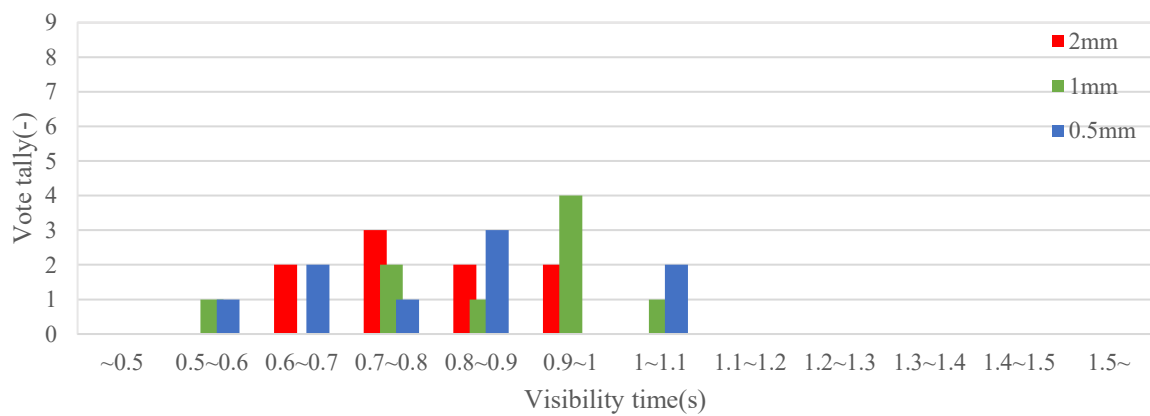
実験協力者 3



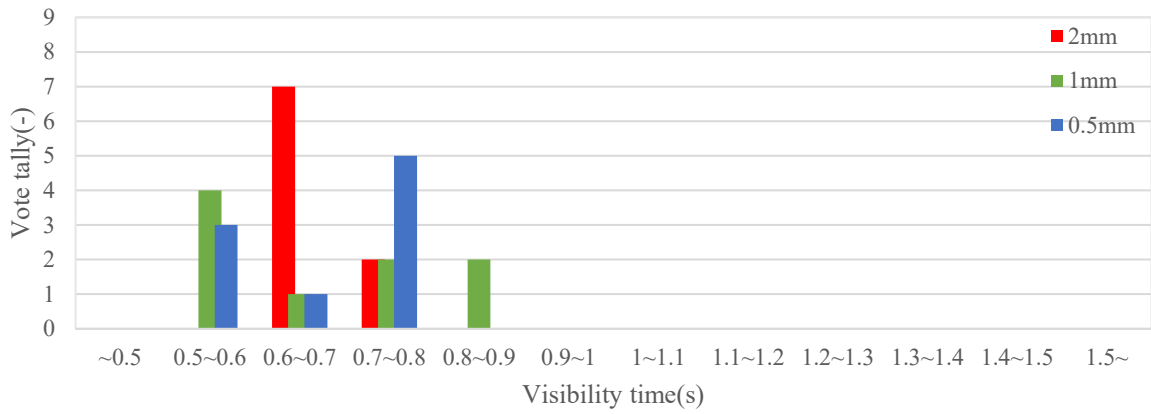
Sample1



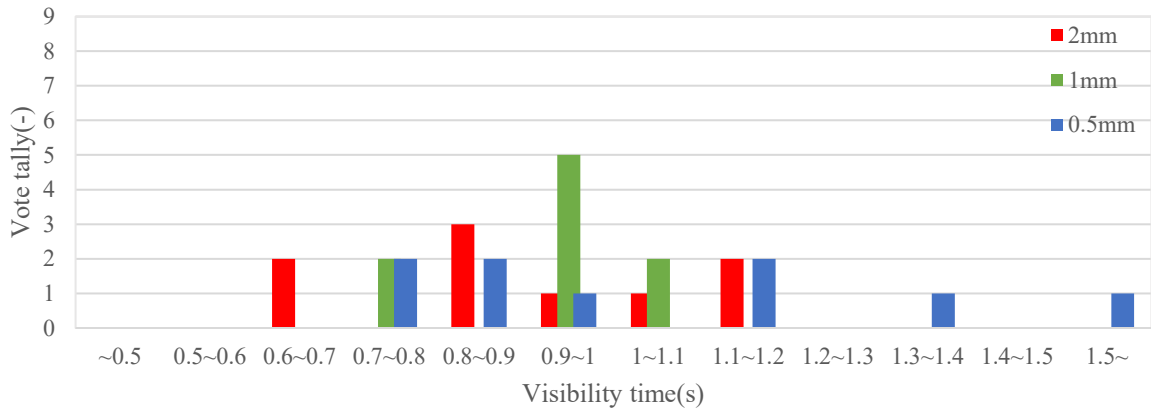
Sample2



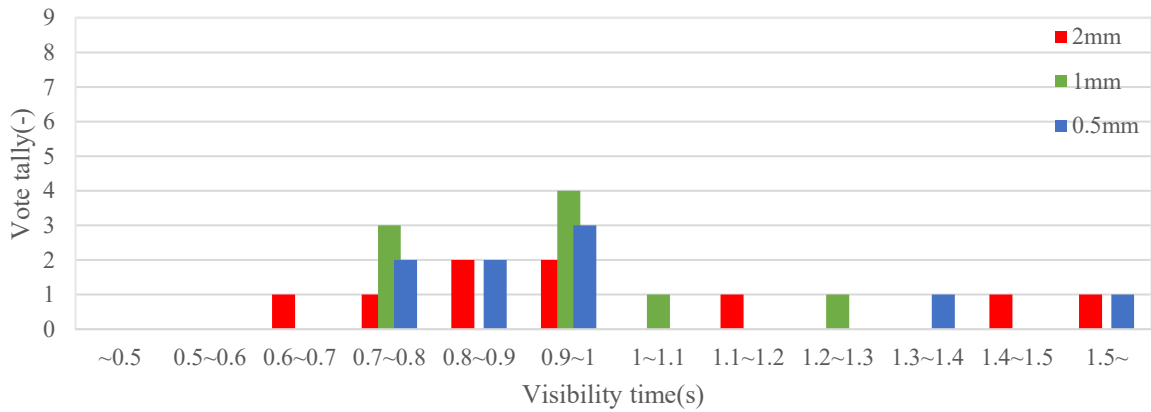
Sample3



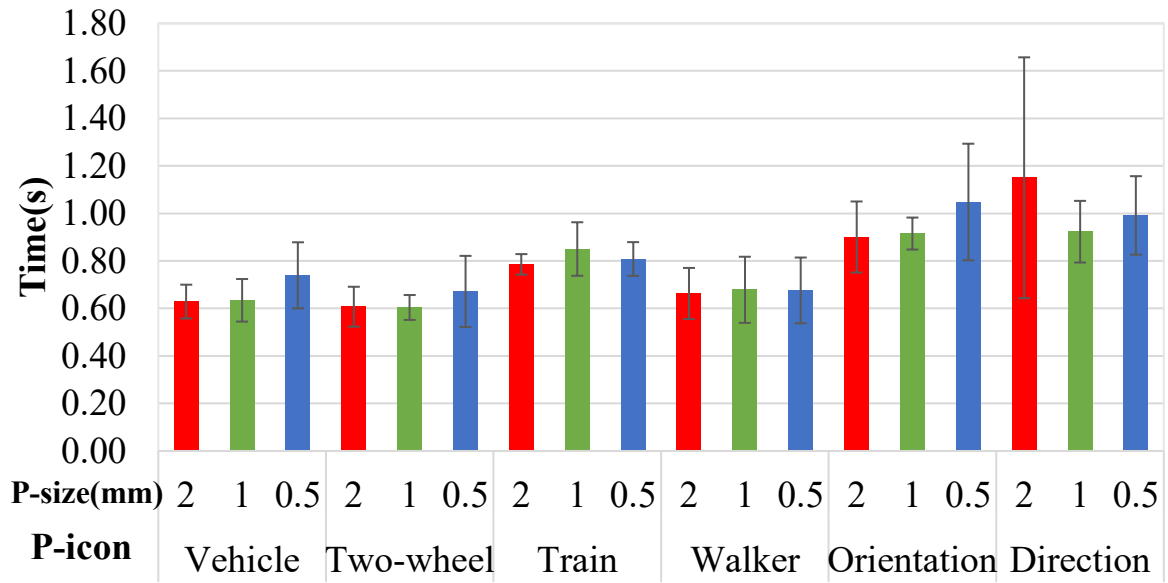
Sample4



Sample5

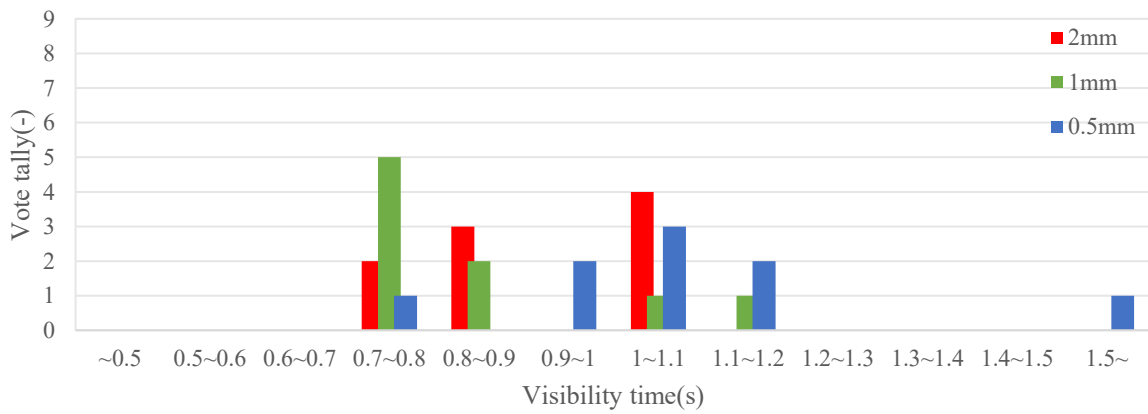


Sample6

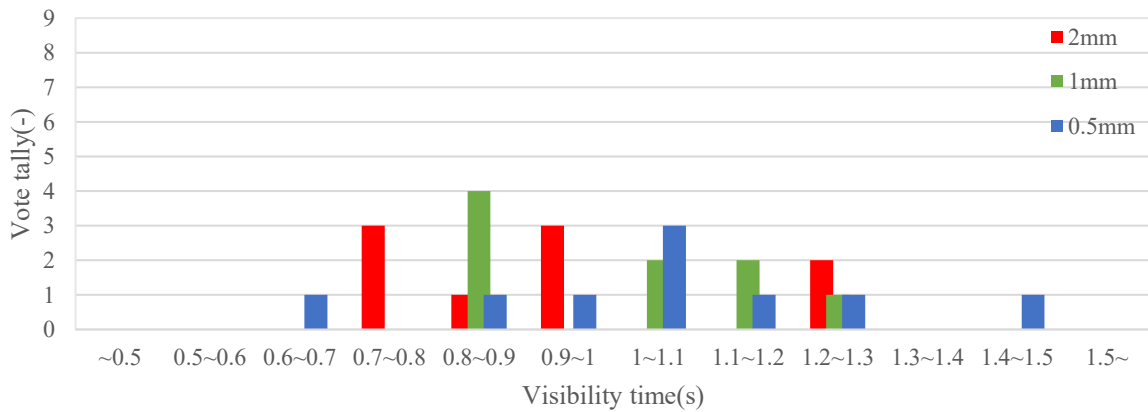


Sample7

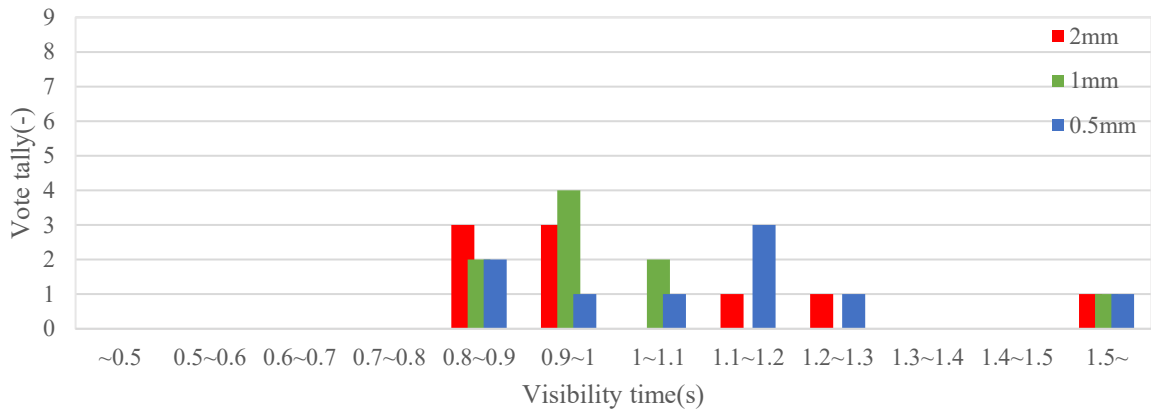
実験協力者 4



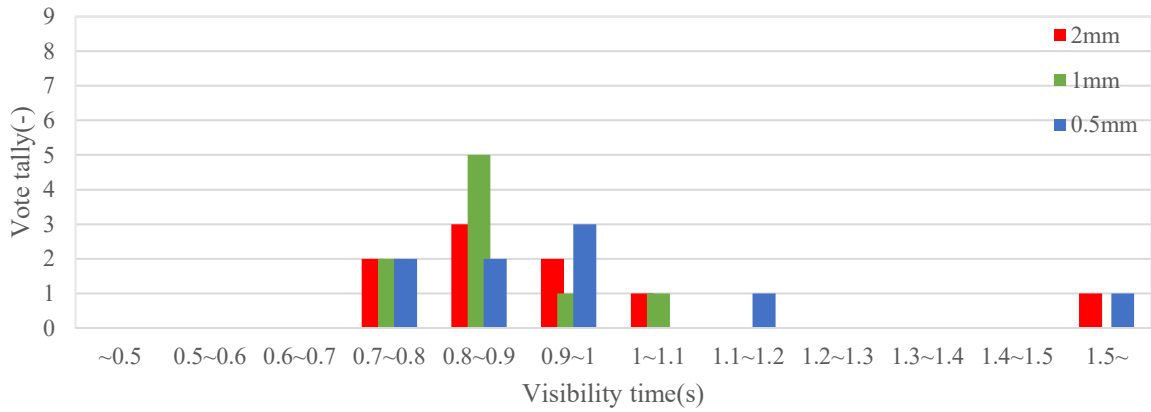
Sample1



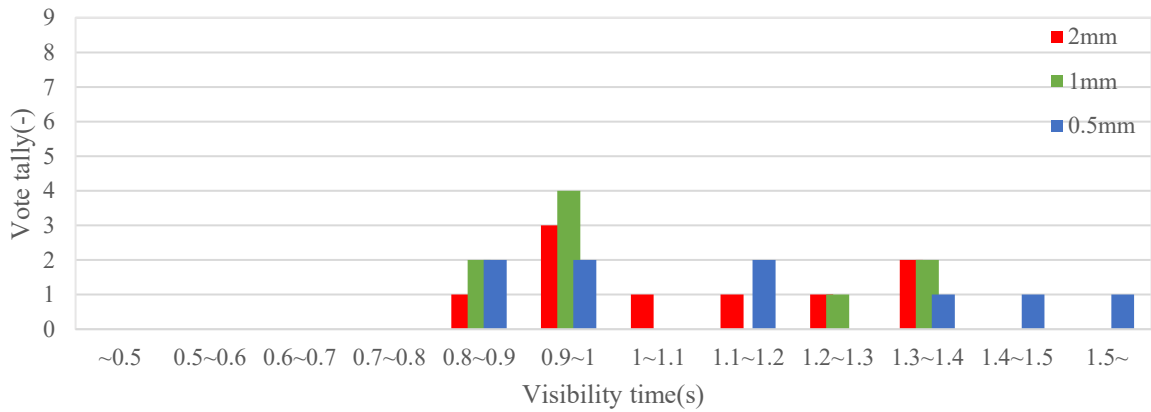
Sample2



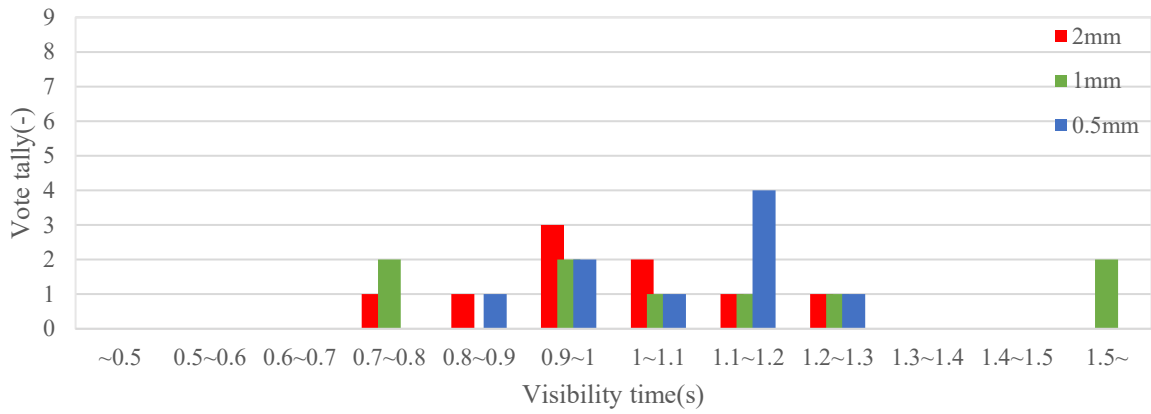
Sample3



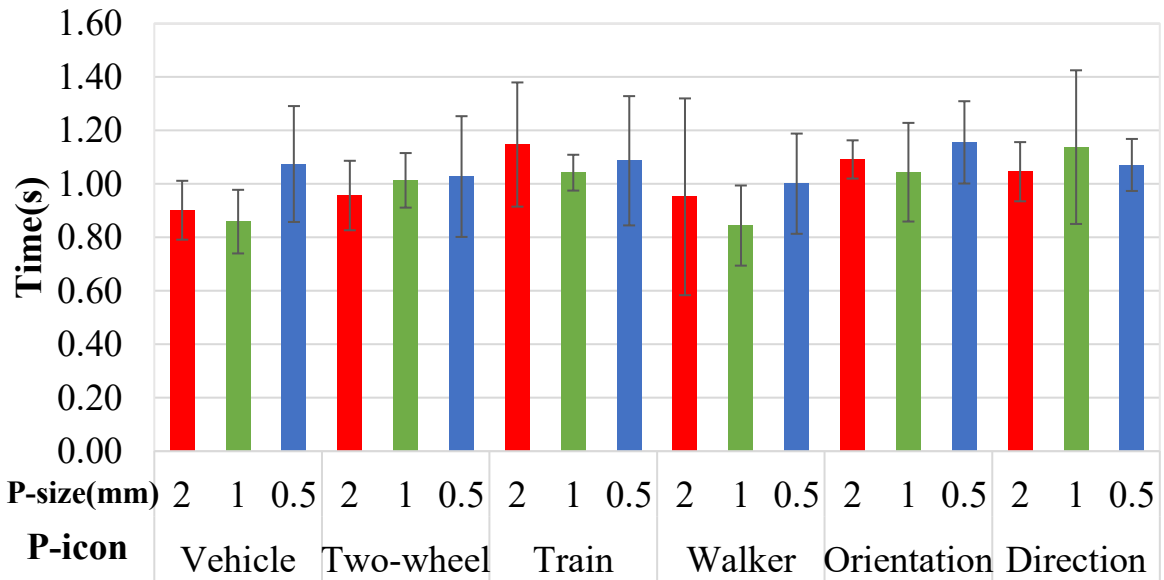
Sample4



Sample5

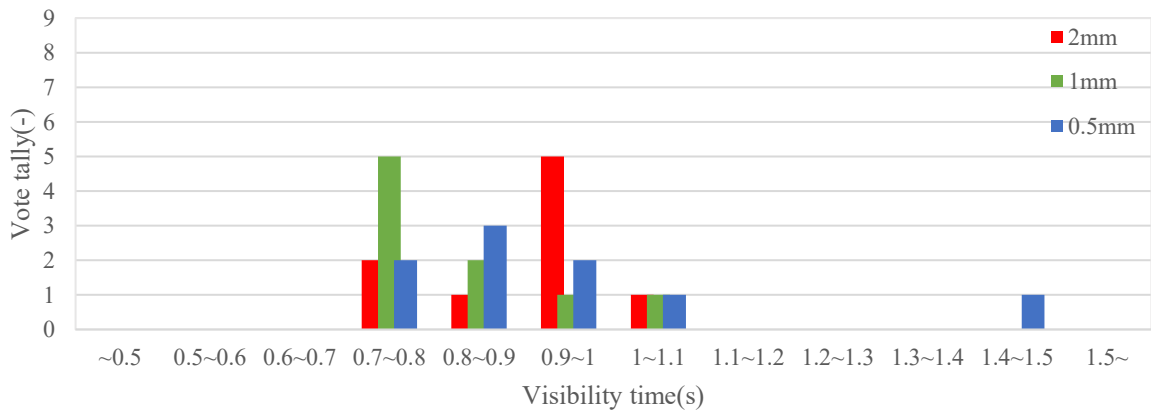


Sample6

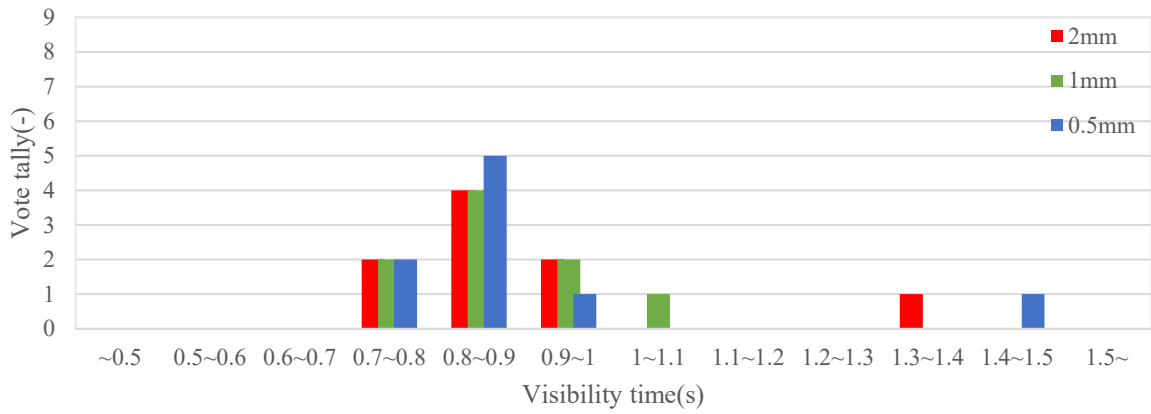


Sample7

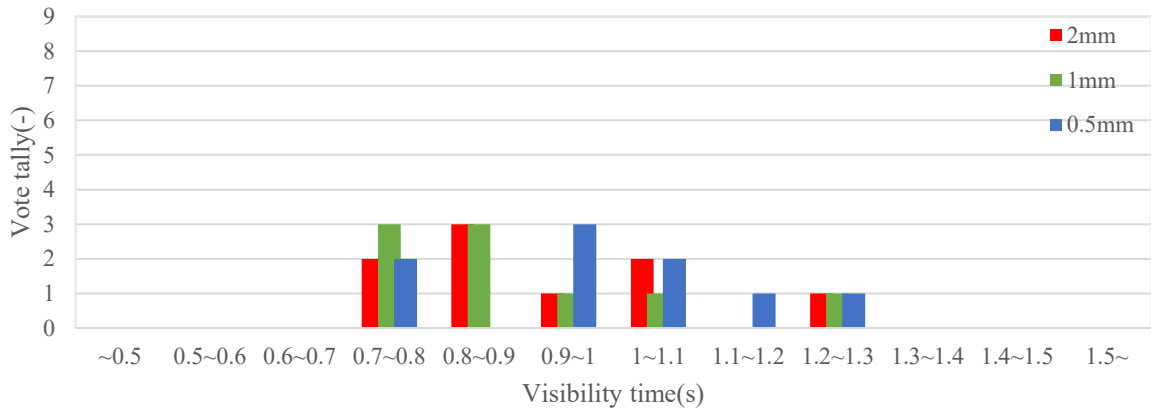
実験協力者 5



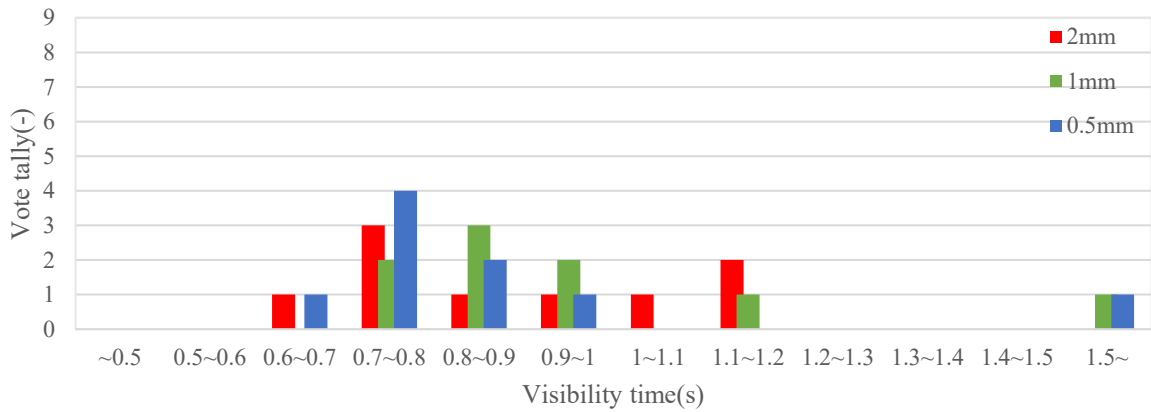
Sample1



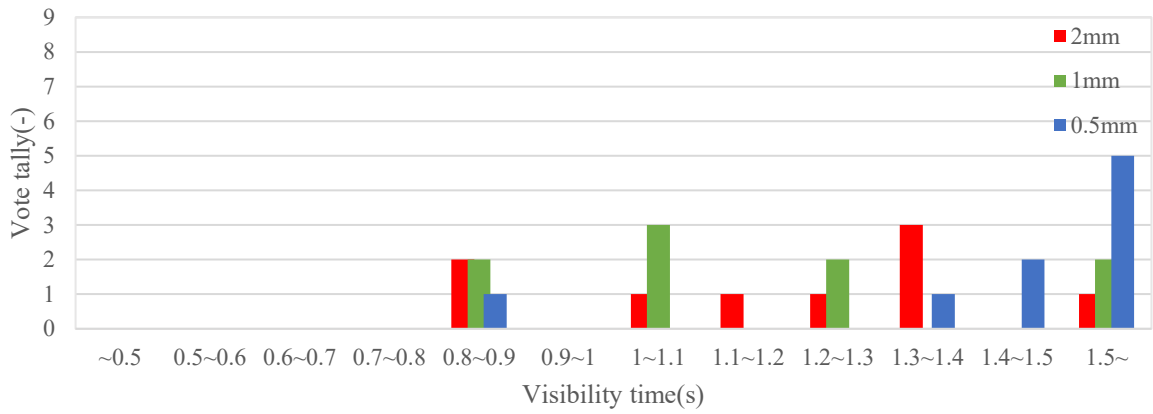
Sample2



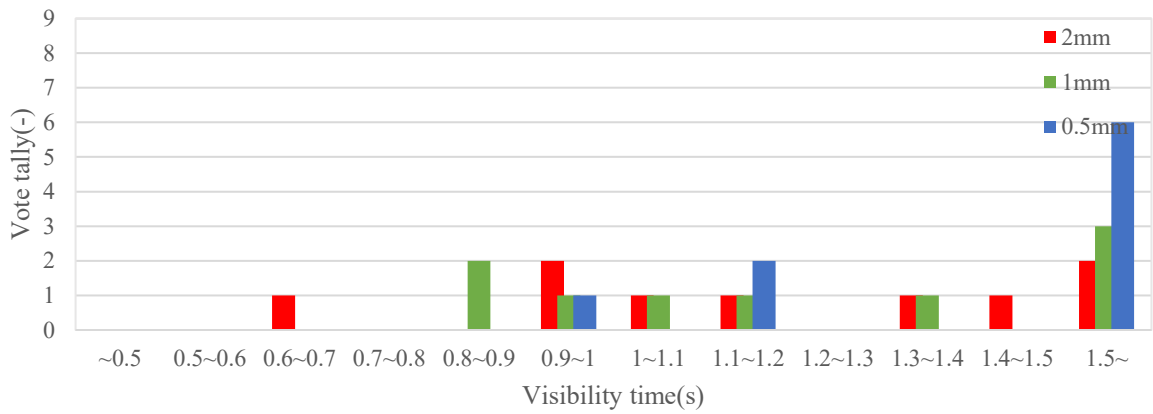
Sample3



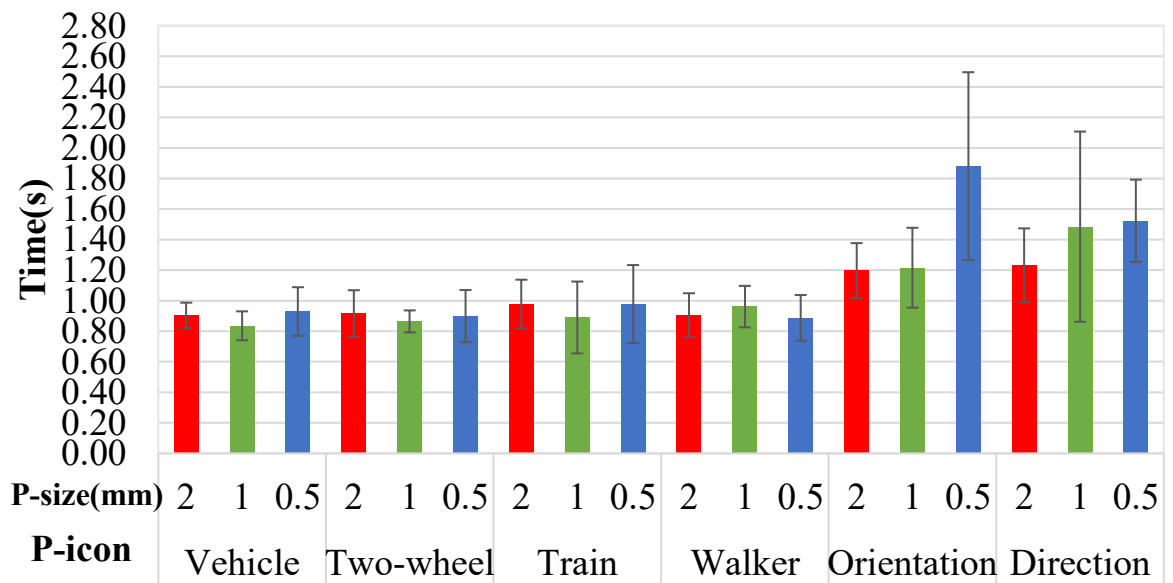
Sample4



Sample5

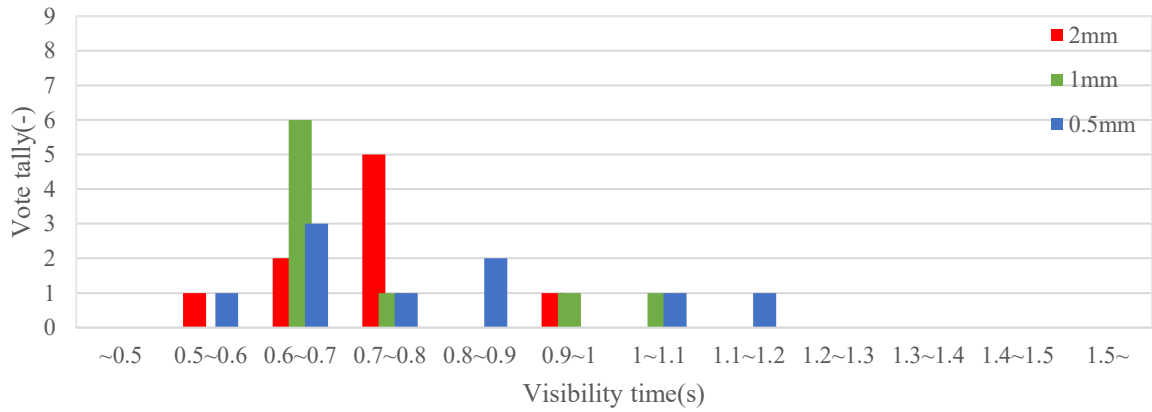


Sample6

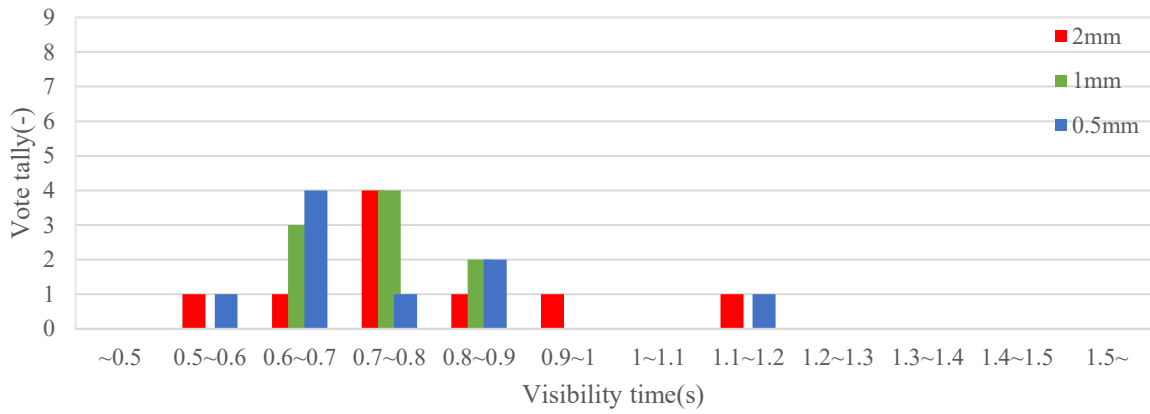


Sample7

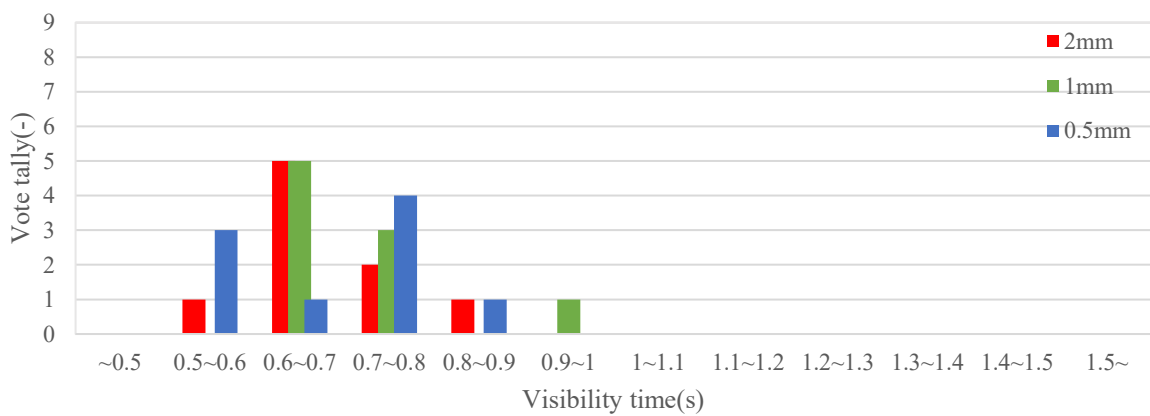
実験協力者 6



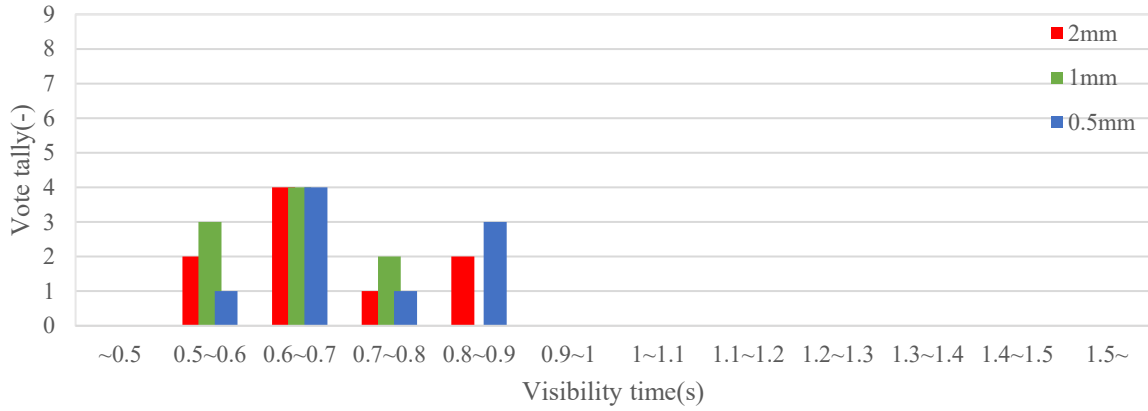
Sample1



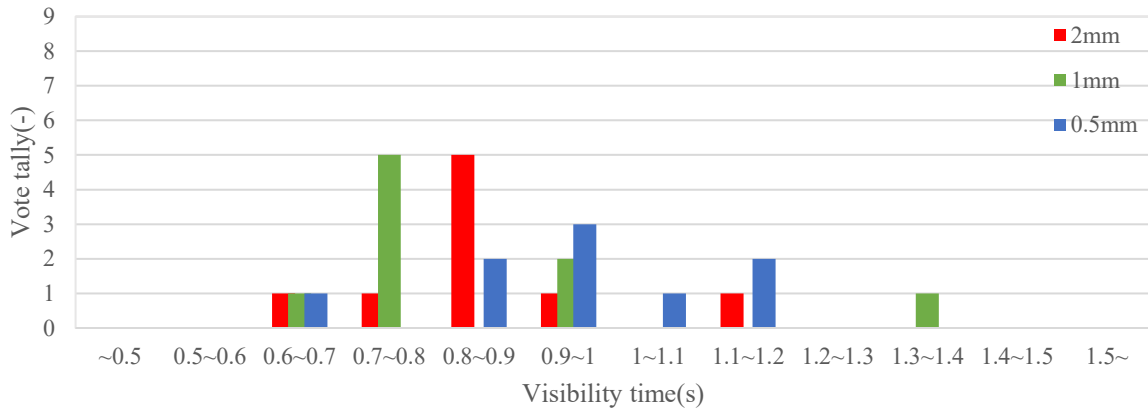
Sample2



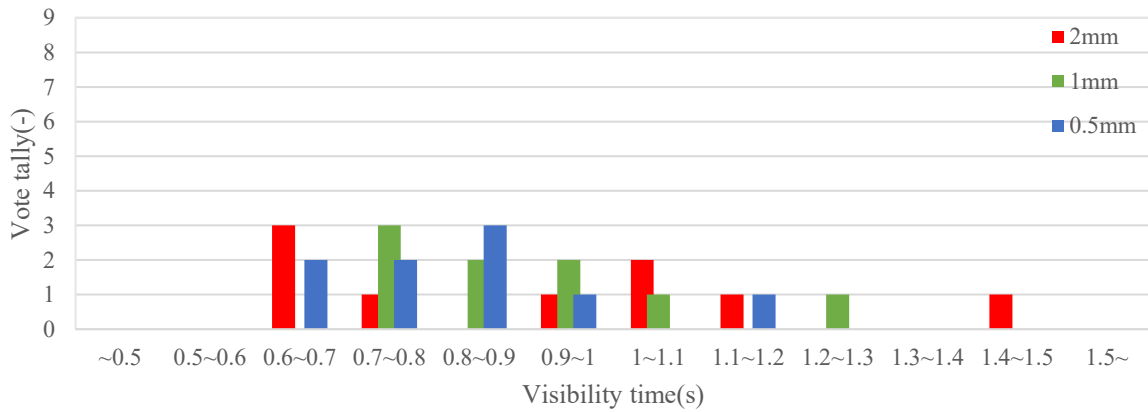
Sample3



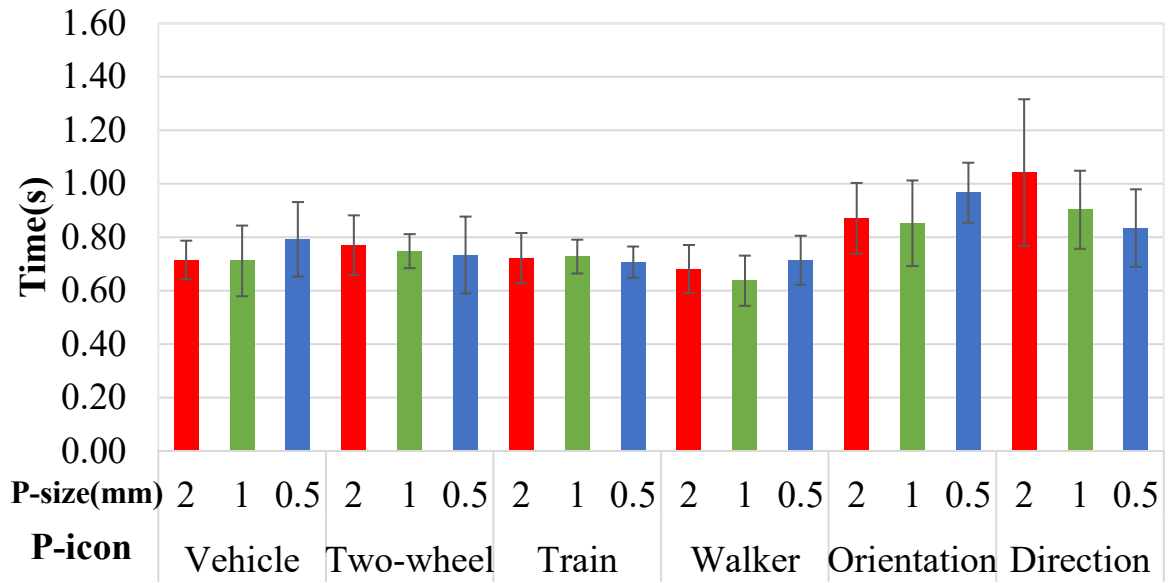
Sample4



Sample5

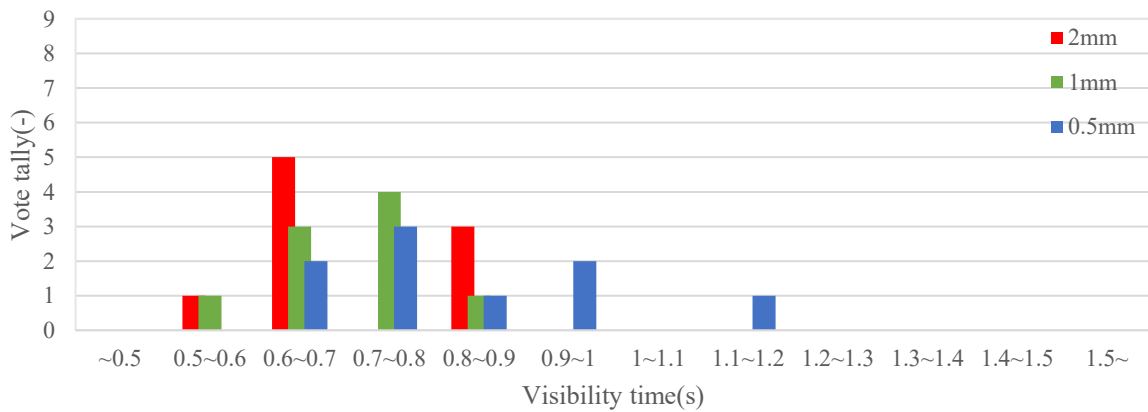


Sample6

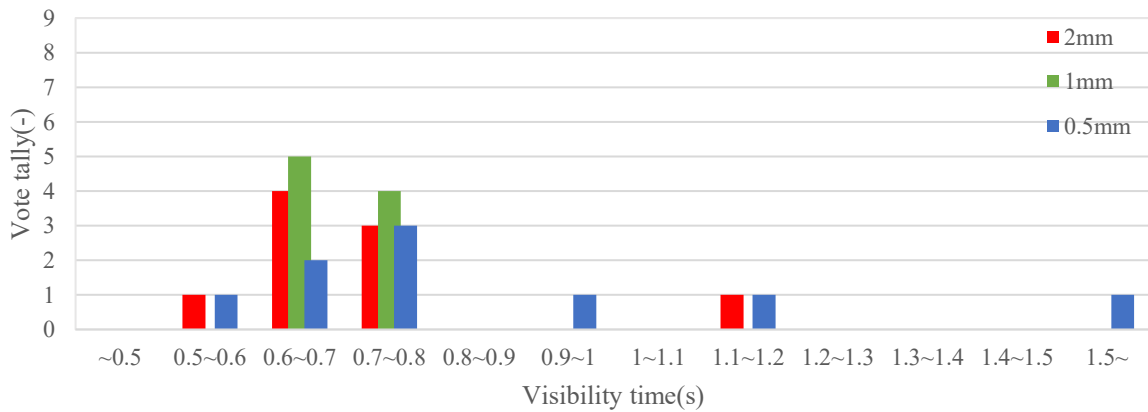


Sample7

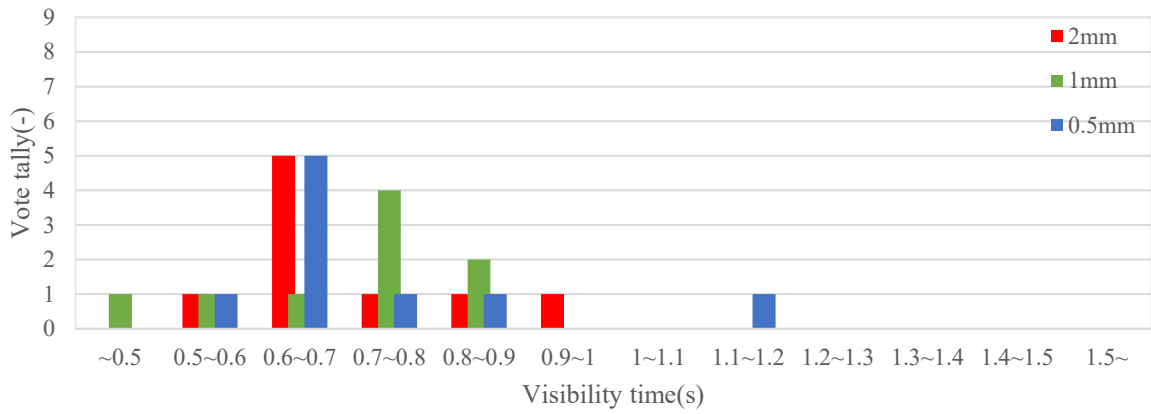
実験協力者 7



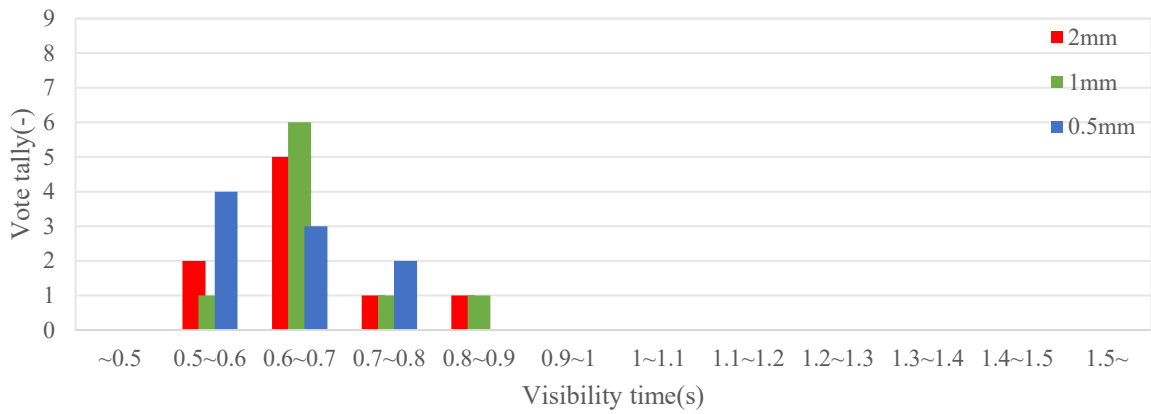
Sample1



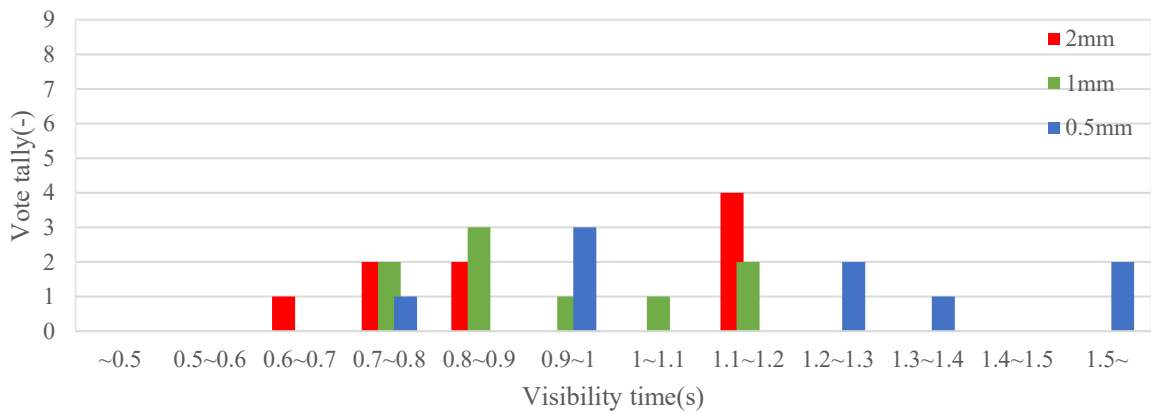
Sample2



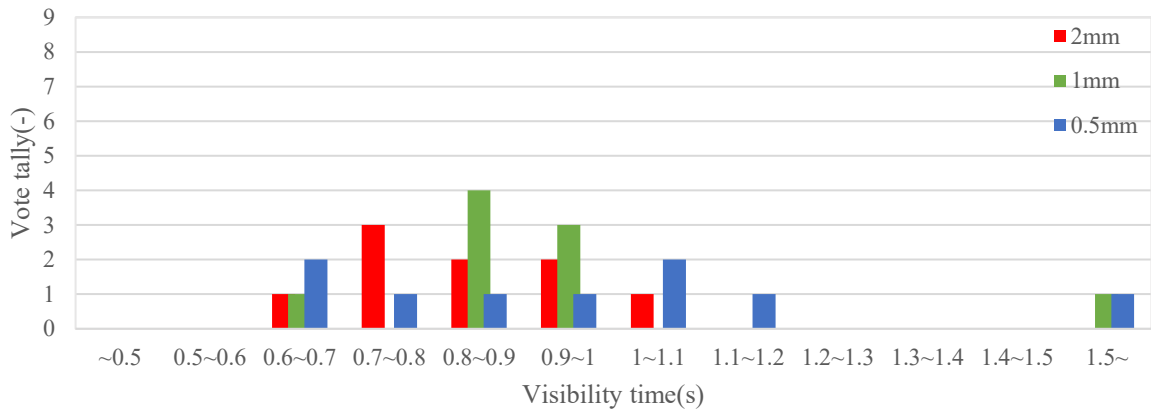
Sample3



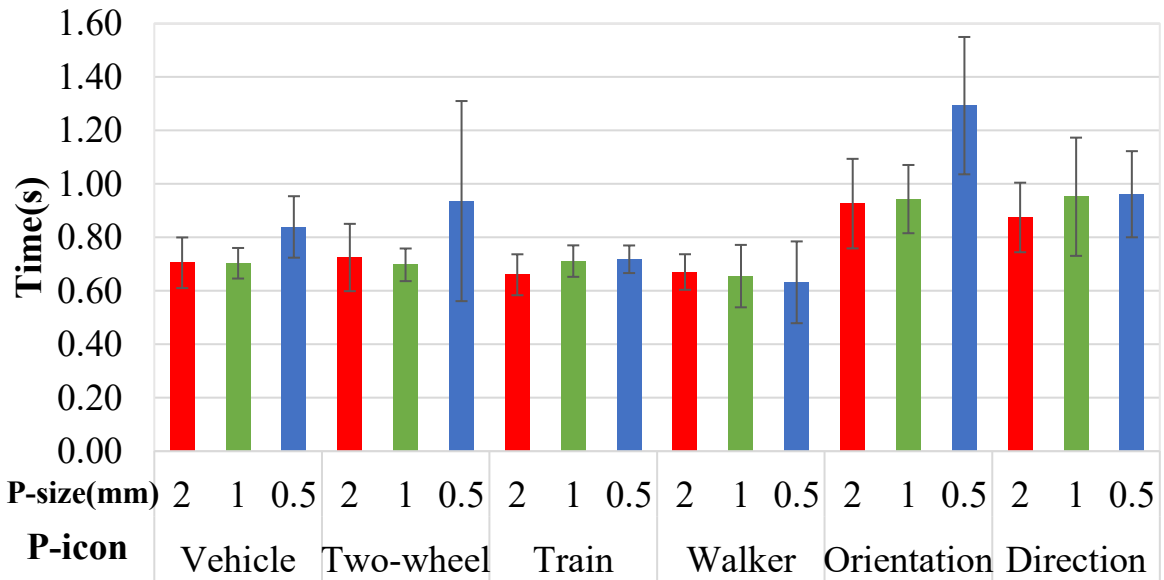
Sample4



Sample5

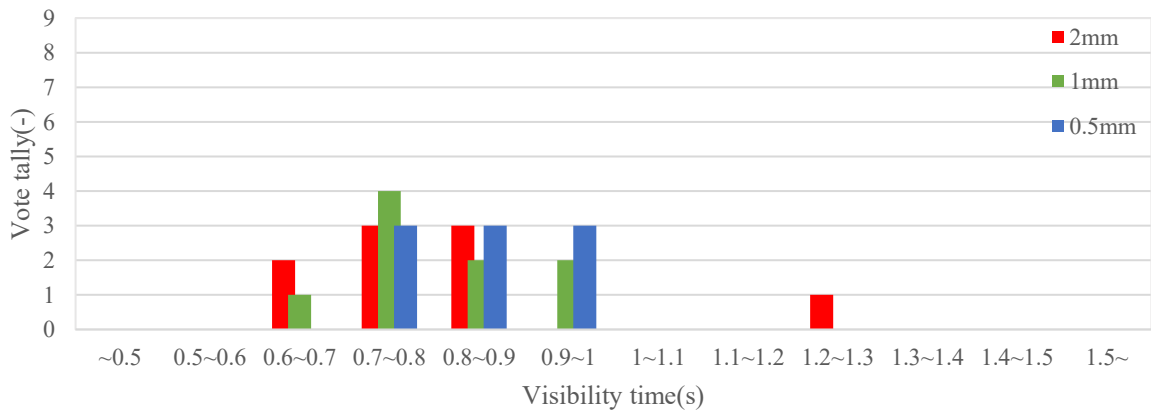


Sample6

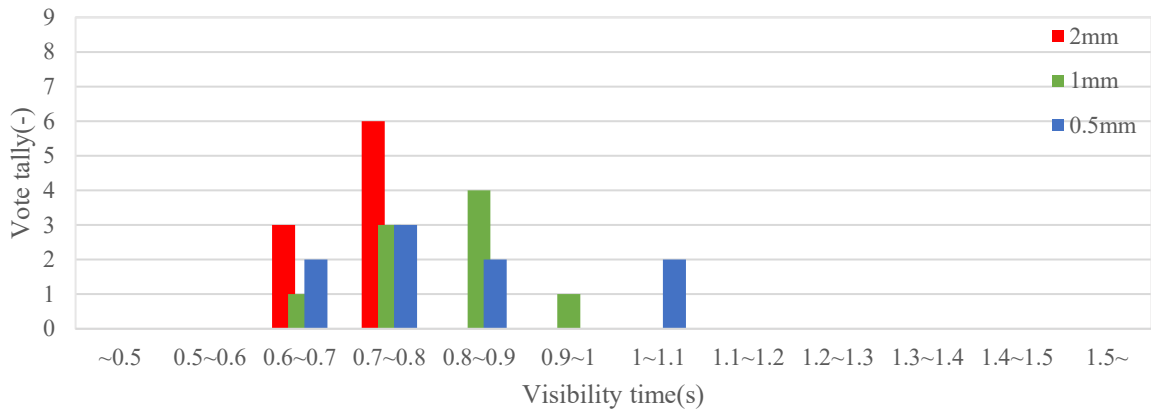


Sample7

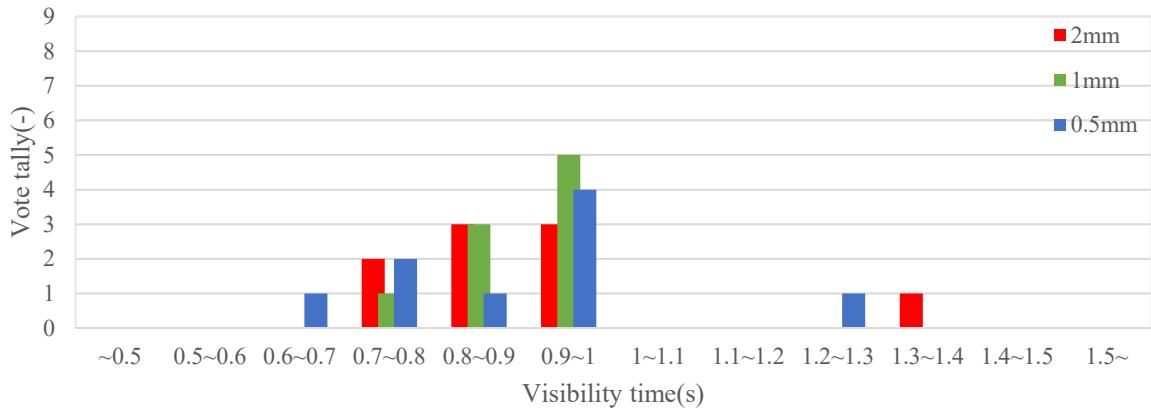
実験協力者 8



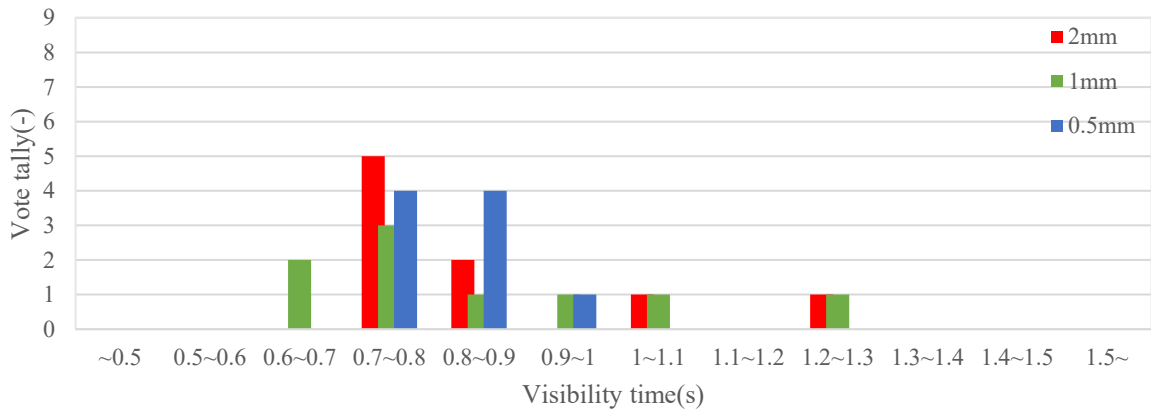
Sample1



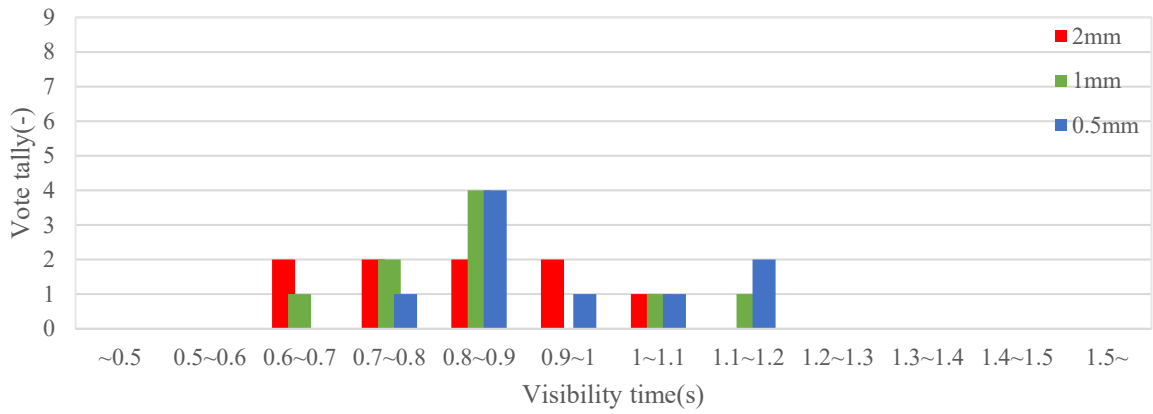
Sample2



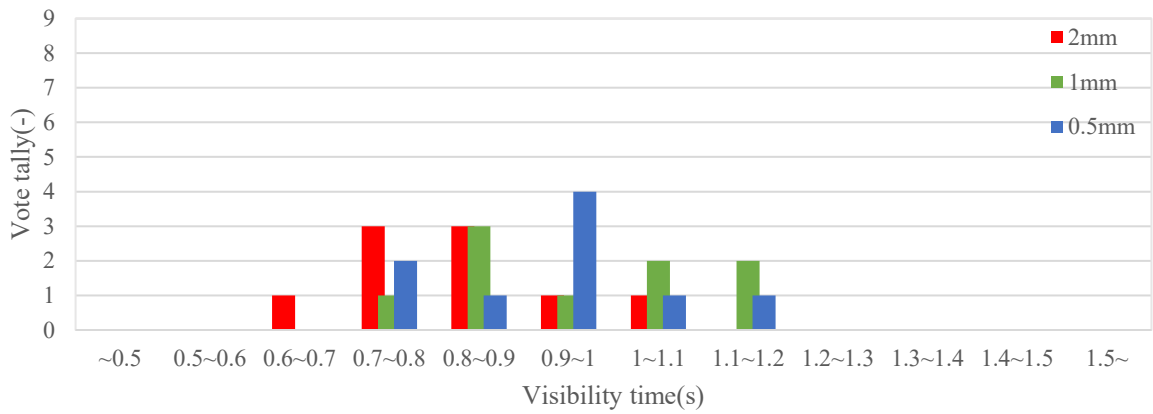
Sample3



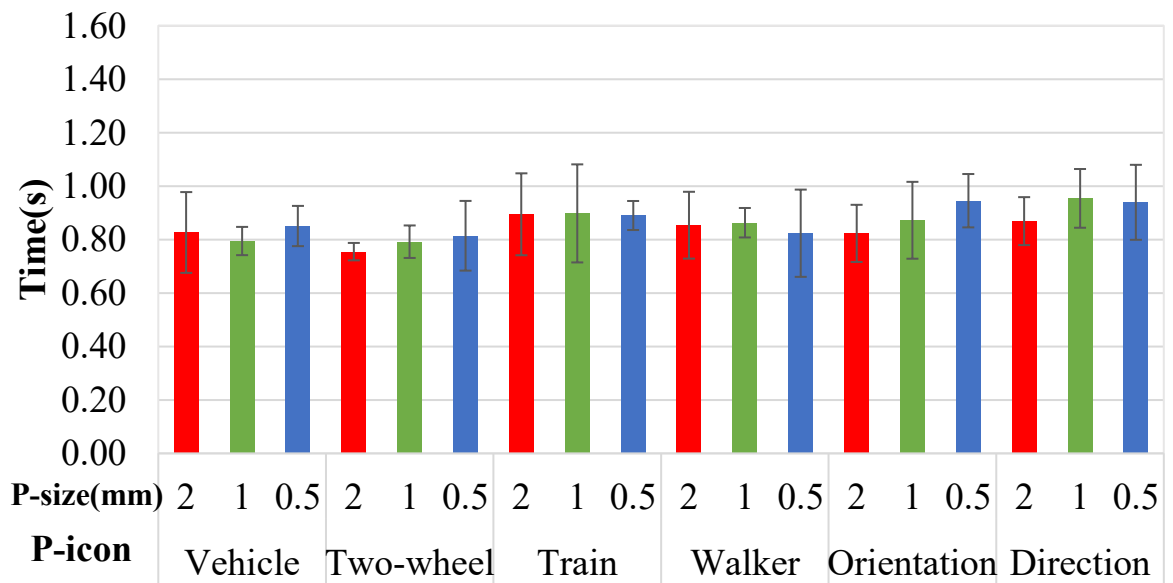
Sample4



Sample5

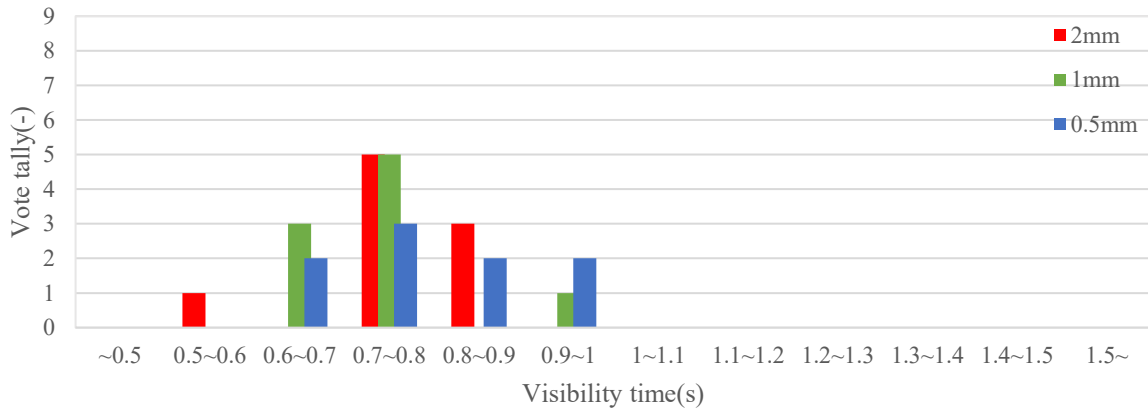


Sample6

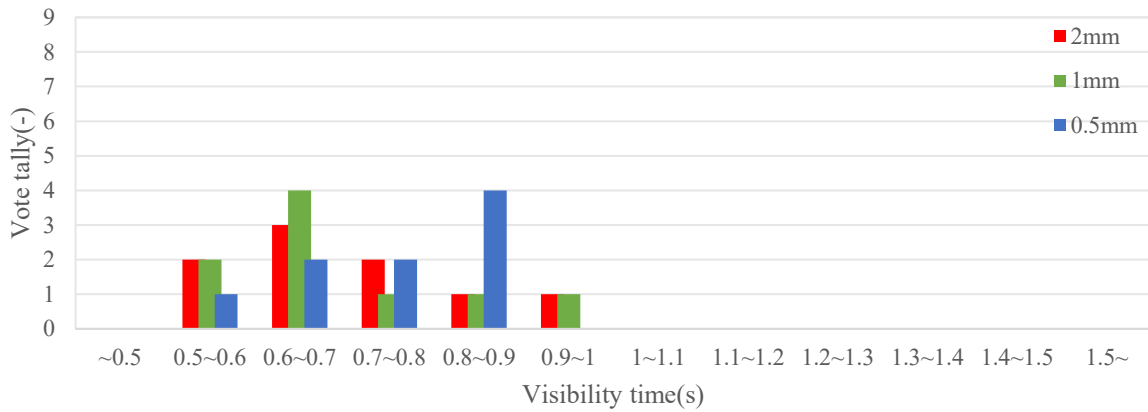


Sample7

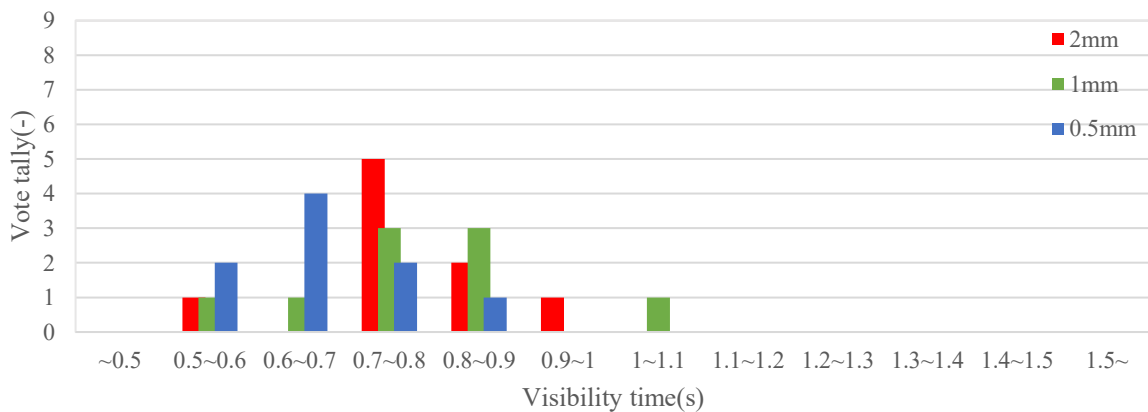
実験協力者 9



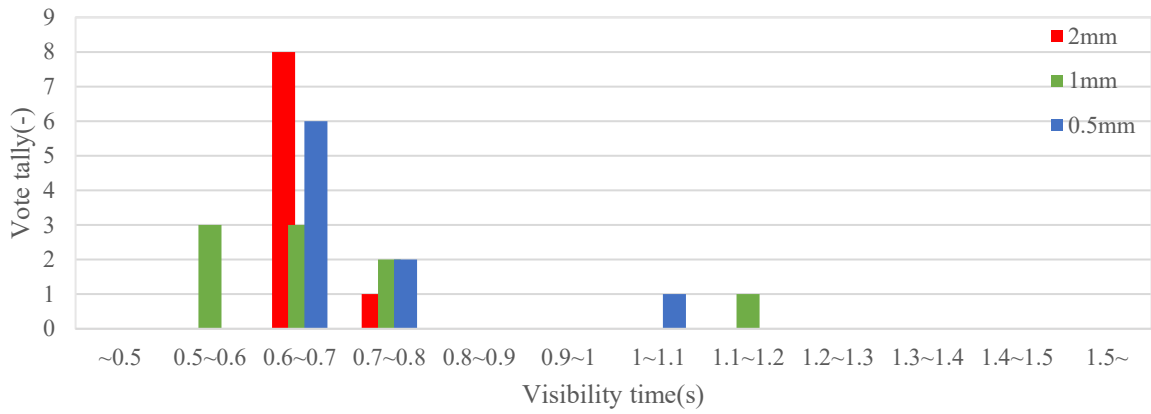
Sample1



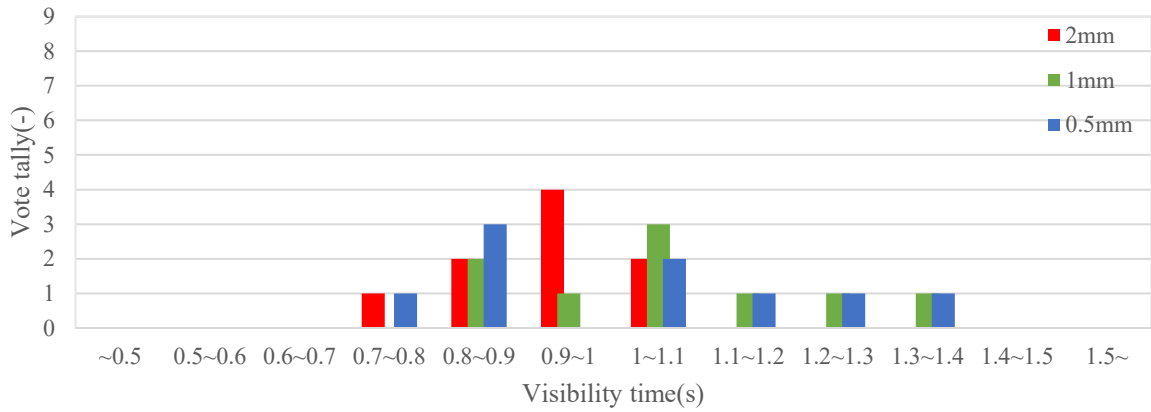
Sample2



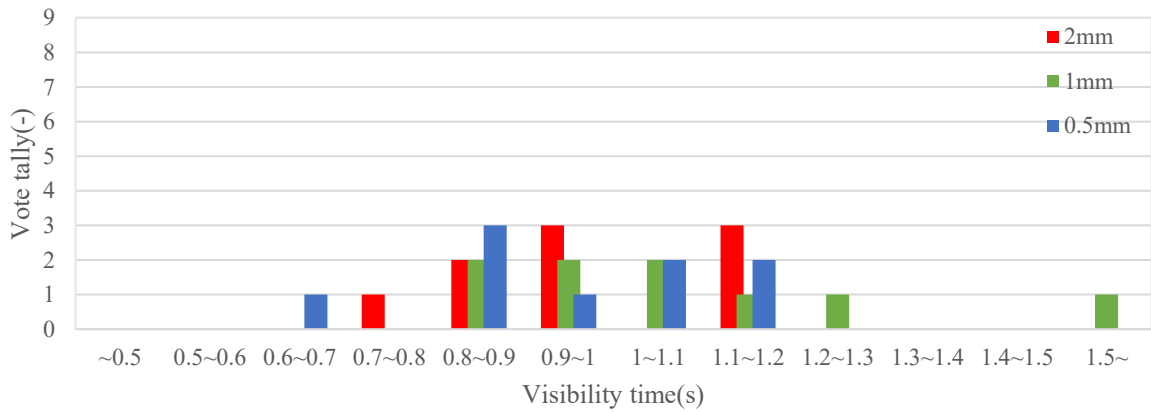
Sample3



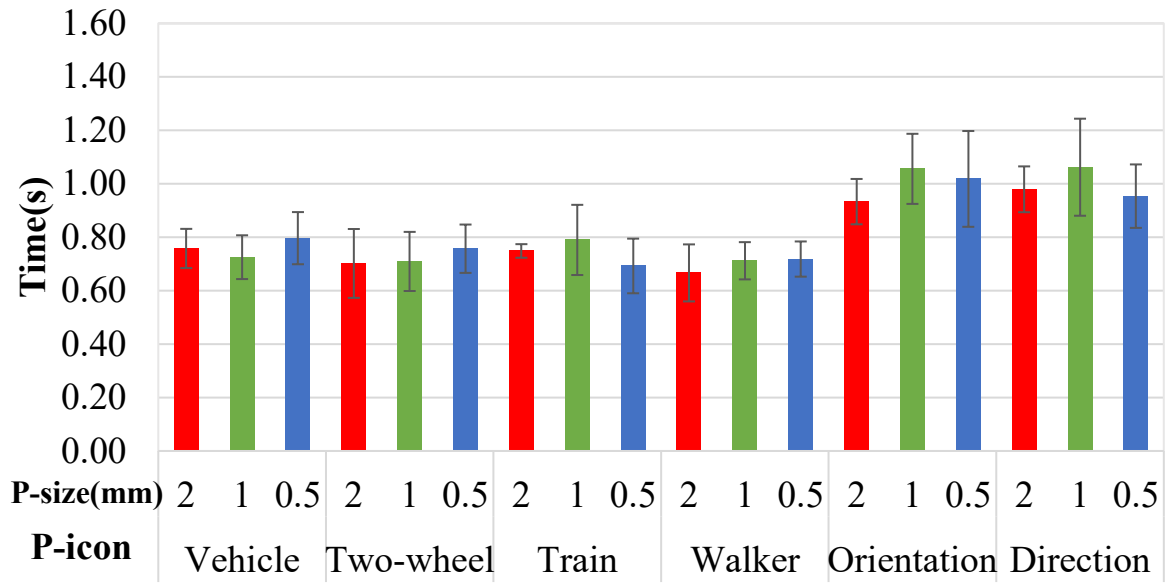
Sample4



Sample5

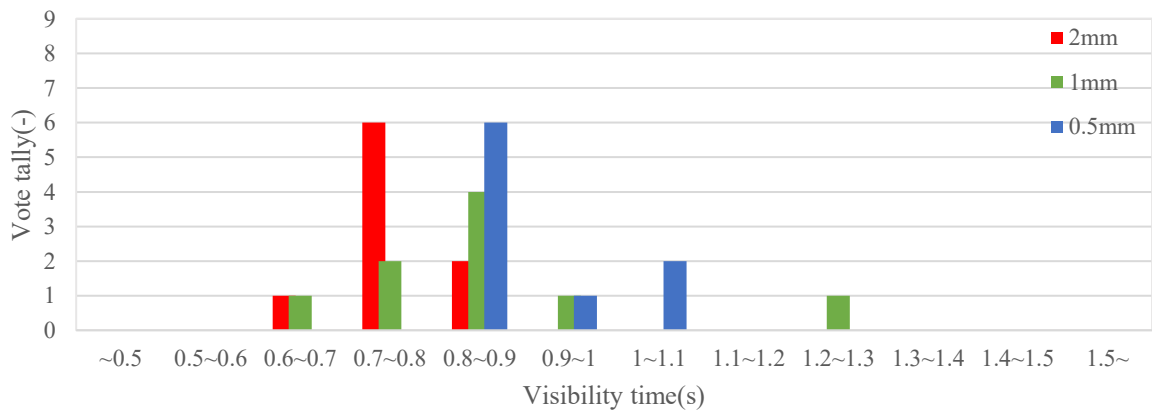


Sample6

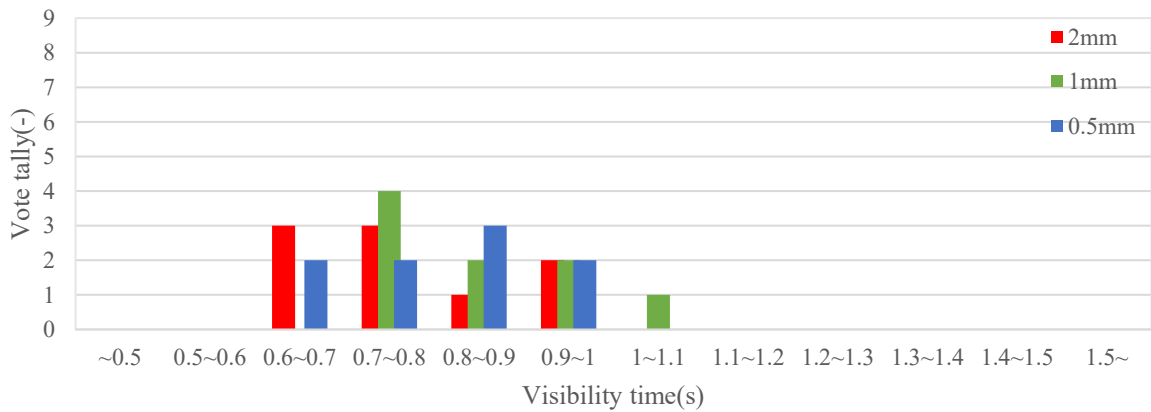


Sample 7

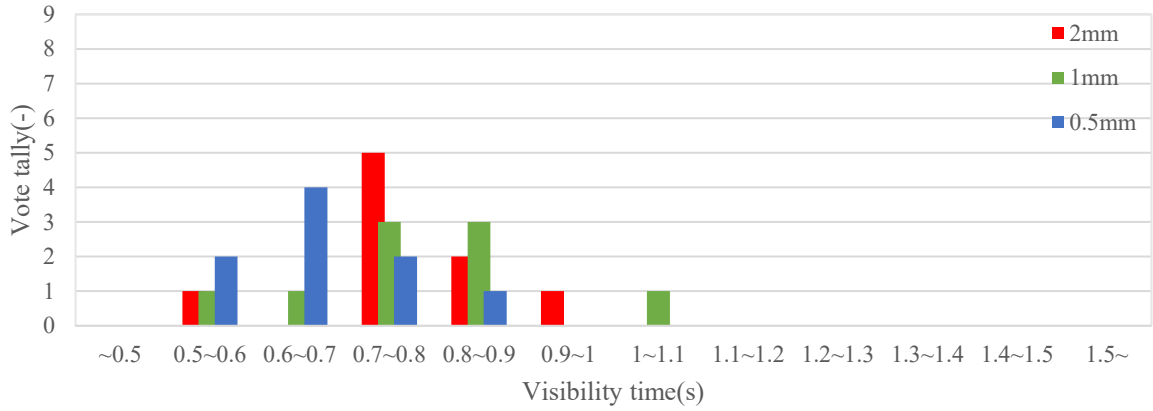
実験協力者 10



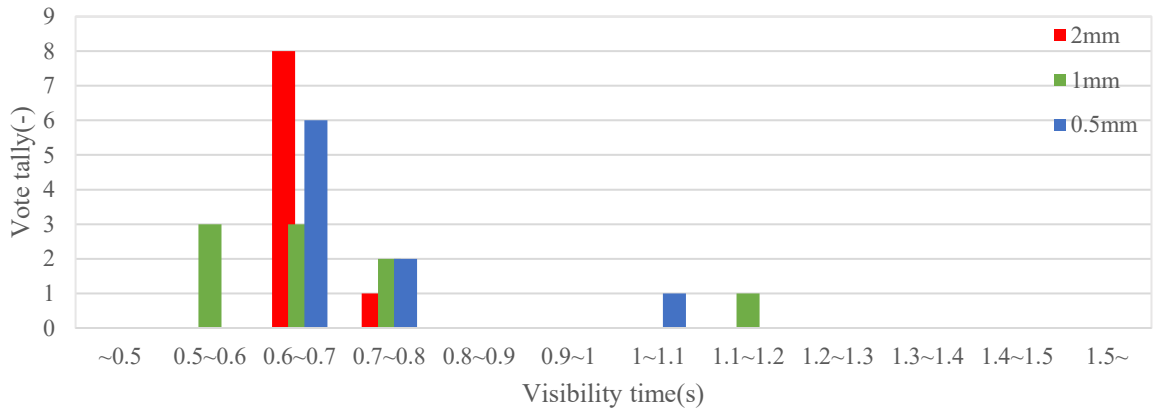
Sample 1



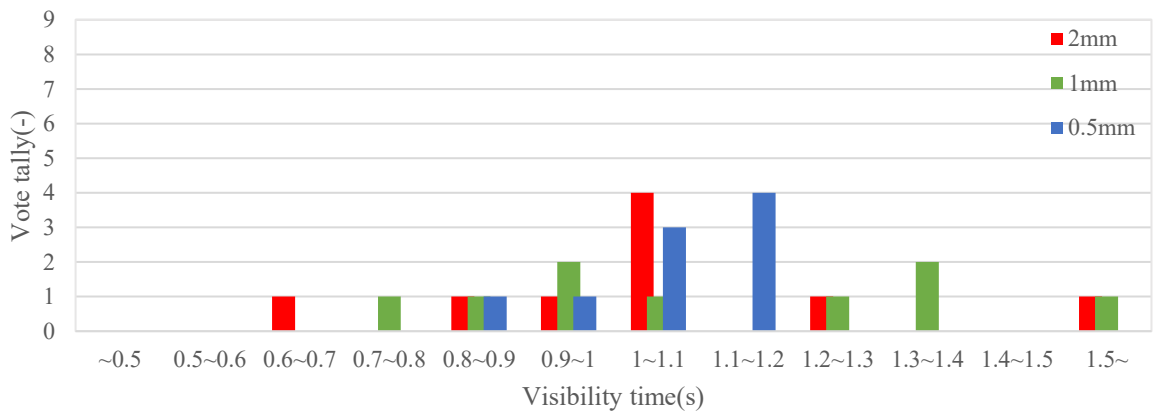
Sample 2



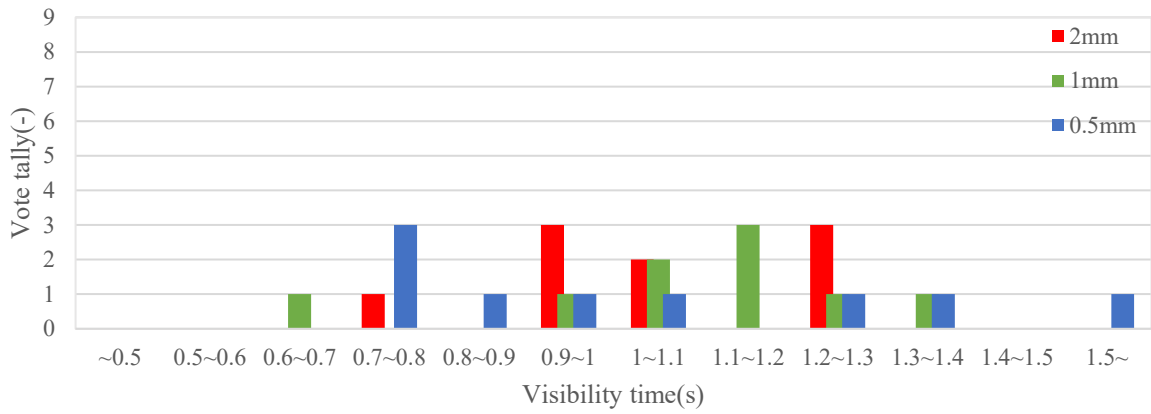
Sample3



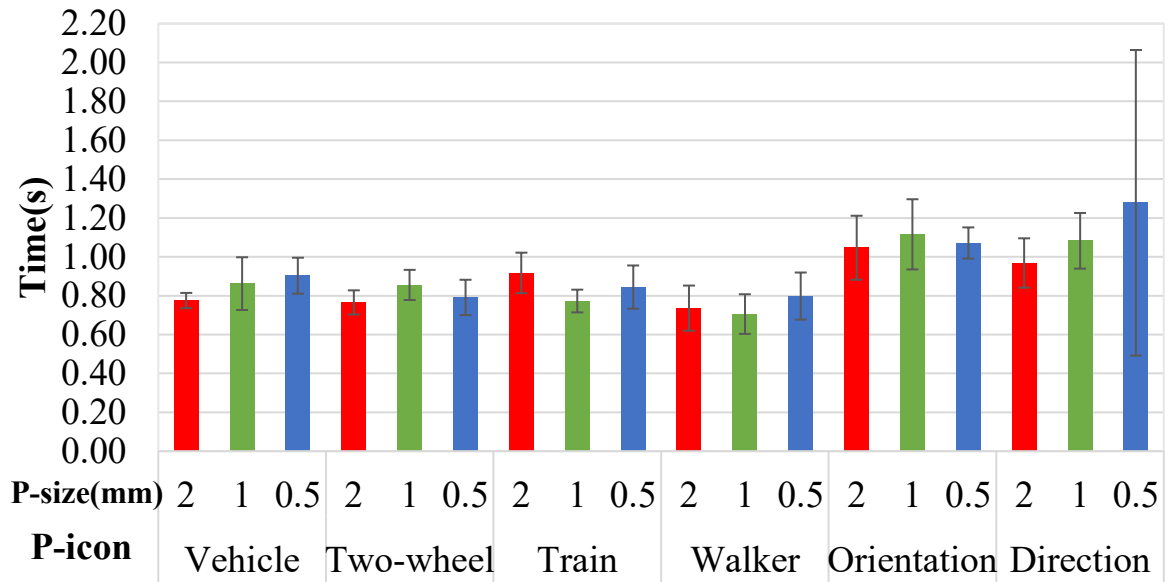
Sample4



Sample5



Sample6



Sample7