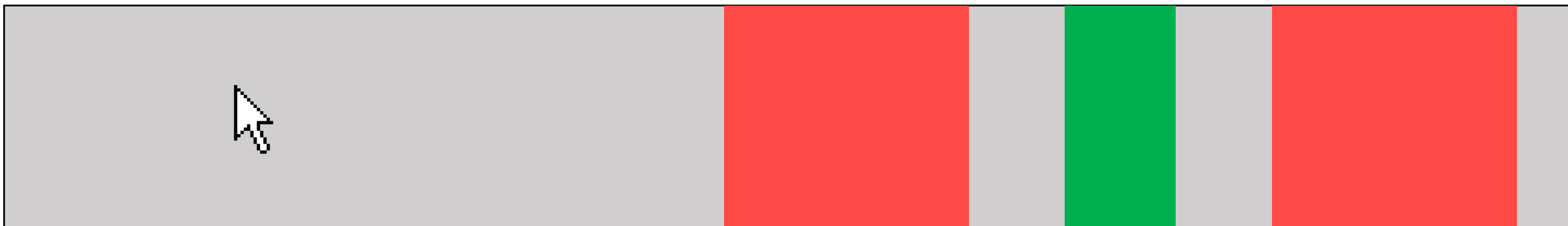


# カーソルの遮蔽の影響を考慮したポインティングのモデル化

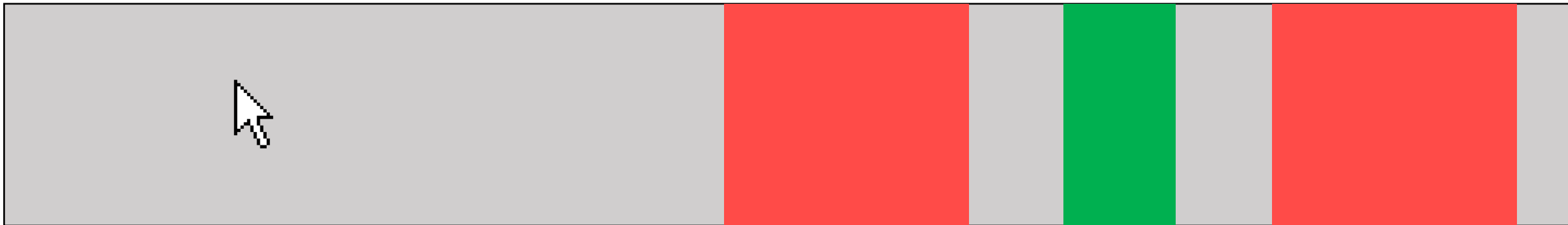
大場洋介, 宮下芳明

明治大学

カーソルを遮蔽しないオブジェクト



カーソルを遮蔽するオブジェクト



# 背景

ディスプレイと重なるように配置されるマイクやカメラによって、ディスプレイの一部が遮蔽されることがある



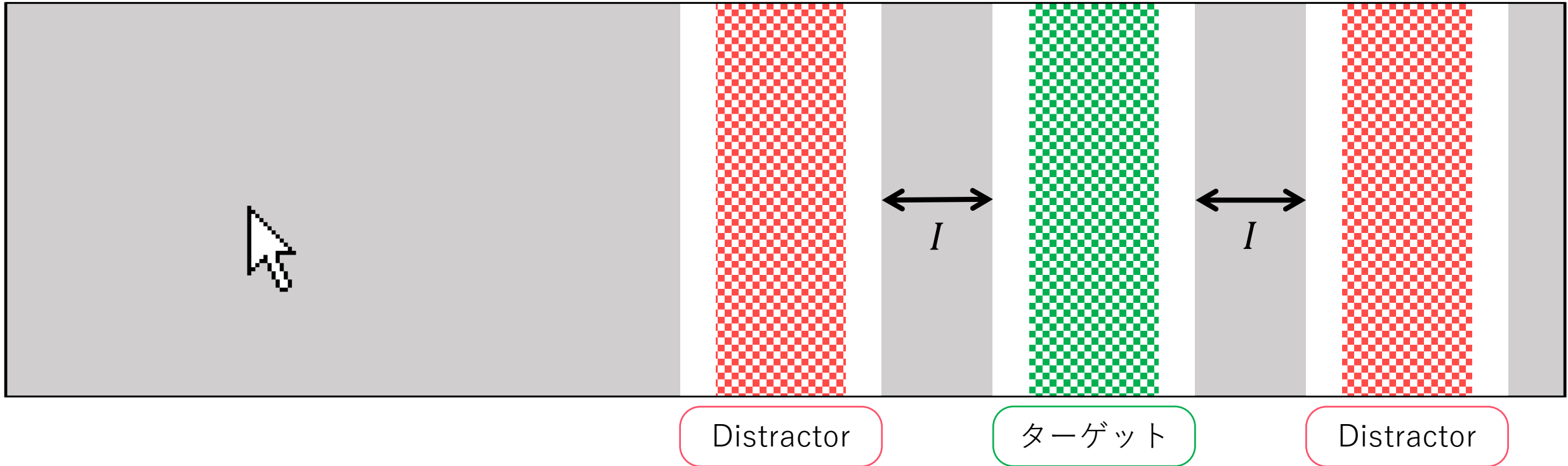
ディスプレイが遮蔽された領域とカーソルが重なった場合  
カーソルの一部 or 全部が遮蔽される

## 関連研究（ターゲット付近のオブジェクトの影響）

他対象物（Distractor）：回避する必要がなく，カーソルを遮蔽しないオブジェクト  
例：ユーザが選択するつもりのないターゲット

Usubaら

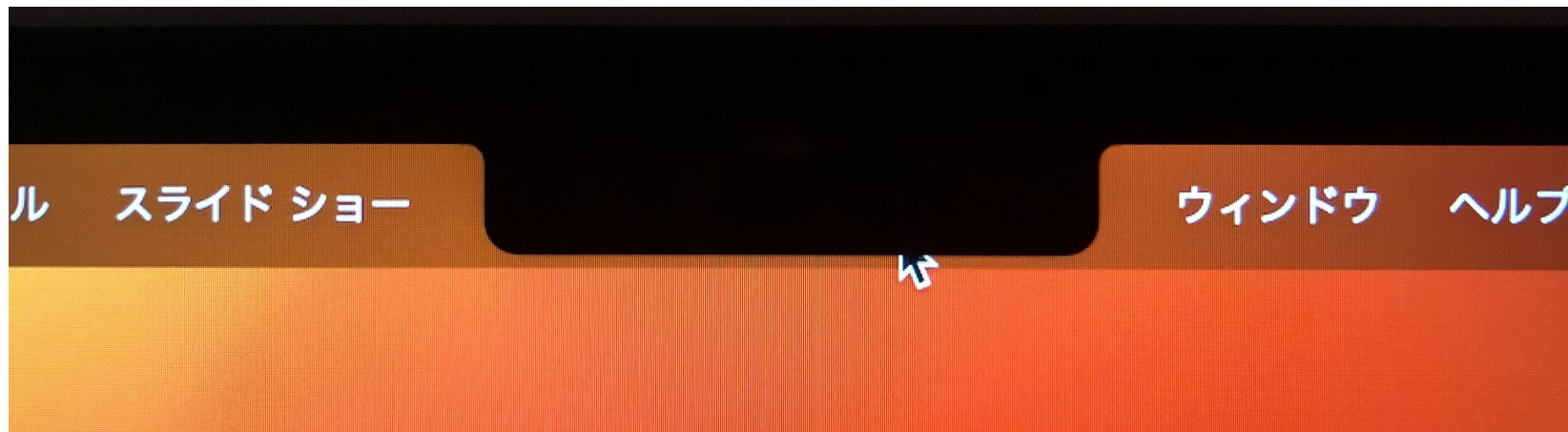
表示領域と選択領域が異なる他対象物とターゲットとの間隔について調査



表示領域と選択領域が異なる他対象物と  
ターゲットの間隔が小さいほど操作時間が増加

## 関連研究（ノッチによるカーソルの遮蔽）

著者ら：MacBookのノッチが特定の状況下で、ポインティングの操作時間を増加させる



ノッチとターゲットの間隔が小さいほど、操作時間が増加する

Zhangらの2次元モデルとUsubaらの間隔( $I$ )を考慮したモデルの組み合わせで操作時間を予測できる

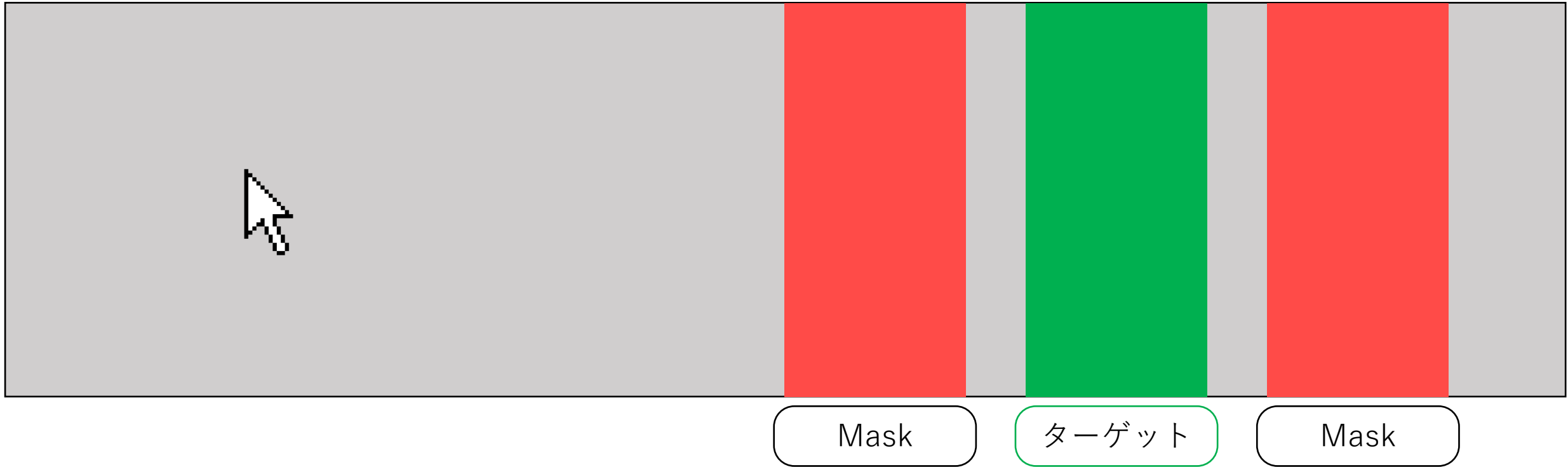
$$MT = a + b_1 \log_2 \left( \sqrt{c \left( \frac{A}{W} \right)^2 + (1 - c) \left( \frac{A}{H} \right)^2 + 1} \right) + b_2 \log_2 \left( \frac{1}{I + 0.0049} + 1 \right)$$

2次元モデル

間隔の影響を示す項

# 目的

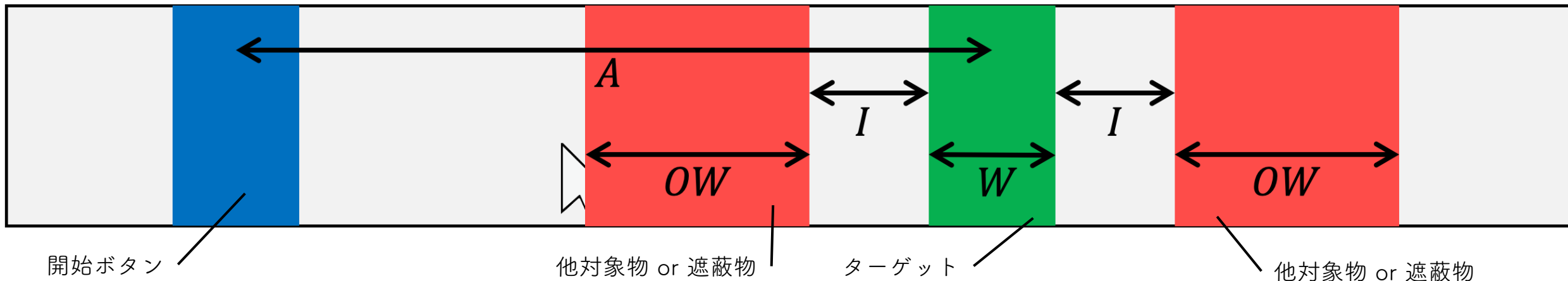
これまでに「カーソルが遮蔽される影響」について調査が行われていない



Mask：回避する必要がなく，カーソルを遮蔽するオブジェクト

カーソルの遮蔽がポインティングに与える影響を明らかにし  
その影響を考慮したモデル化

# 実験



## タスク

青の開始ボタンをクリック → 緑のターゲットを指してクリック

## デザイン

*Object* : ターゲットの左右に配置されるオブジェクト  
*Distractor* (他対象物, カーソルを遮蔽しない)  
*Mask* (遮蔽物, カーソルを遮蔽する)

$OW$  : 他対象物の幅 or 遮蔽物の幅  
0, 20, 60, 129, 180 [pixels]

$I$  : 他対象物とターゲットの間隔 or 遮蔽物とターゲットの間隔  
0, 20, 40, 70 [pixels]

$A$  : ターゲットまでの距離  
600, 800 [pixels]

$W$  : ターゲットの幅  
20 [pixels]

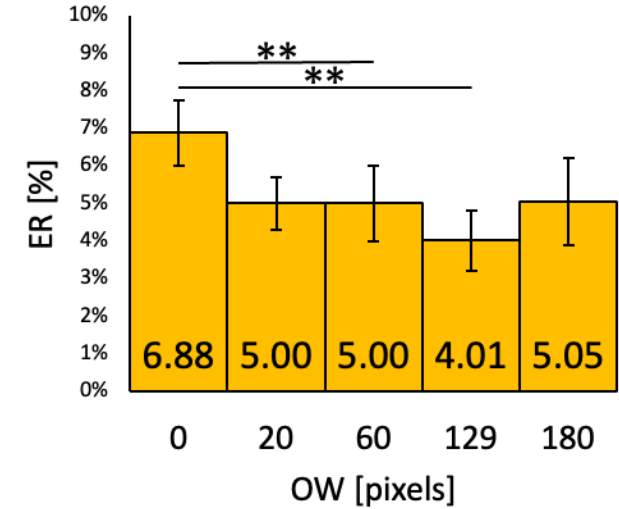
# 結果

## エラー率

OWで主効果 OW = 0でエラー率が高い傾向

「他対象物 or 遮蔽物 があるとターゲットの位置の目安になった」

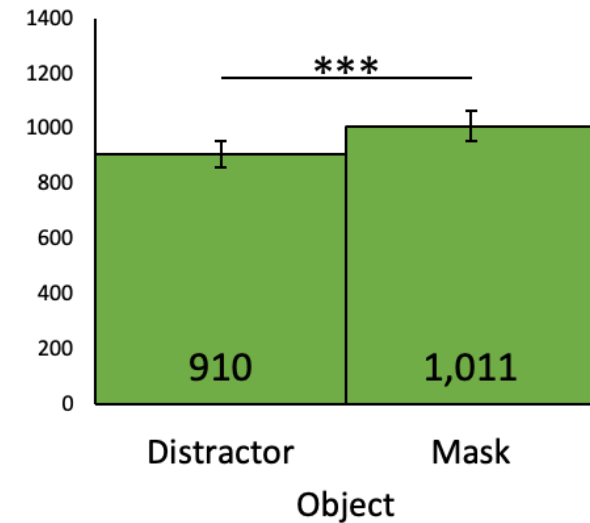
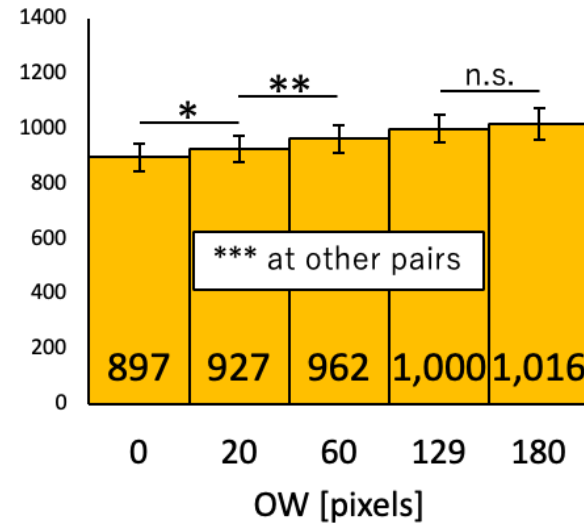
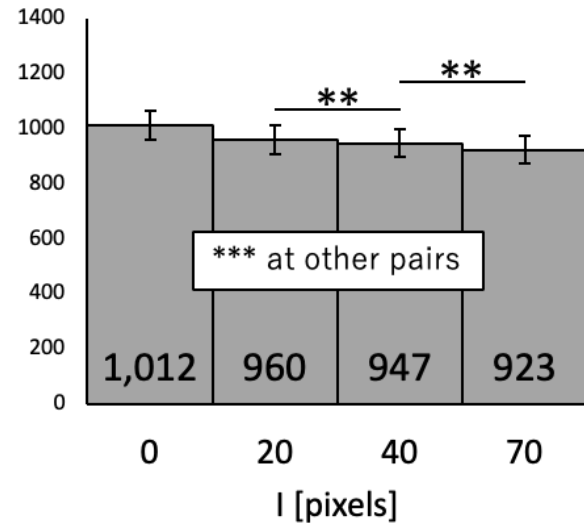
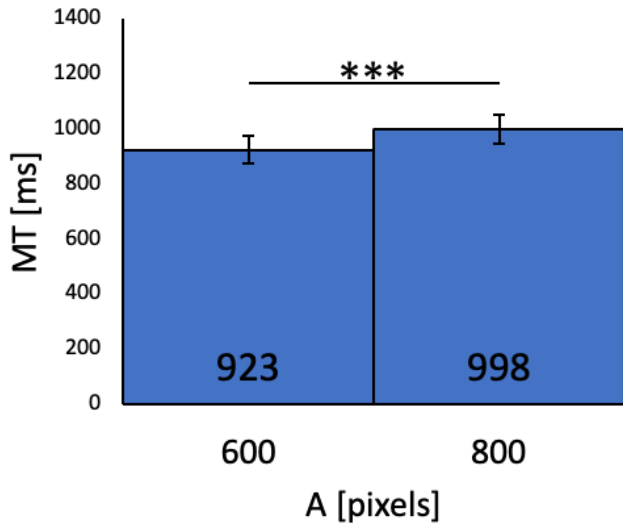
「遮蔽物では, “カーソルが見えてる = 選択できる”の指標になった」



## 操作時間

A, I, OW, Objectで主効果 Maskの方がDistractorより操作時間が長い

I×Object, OW×Object, I×OW, I×OW×Objectで交互作用

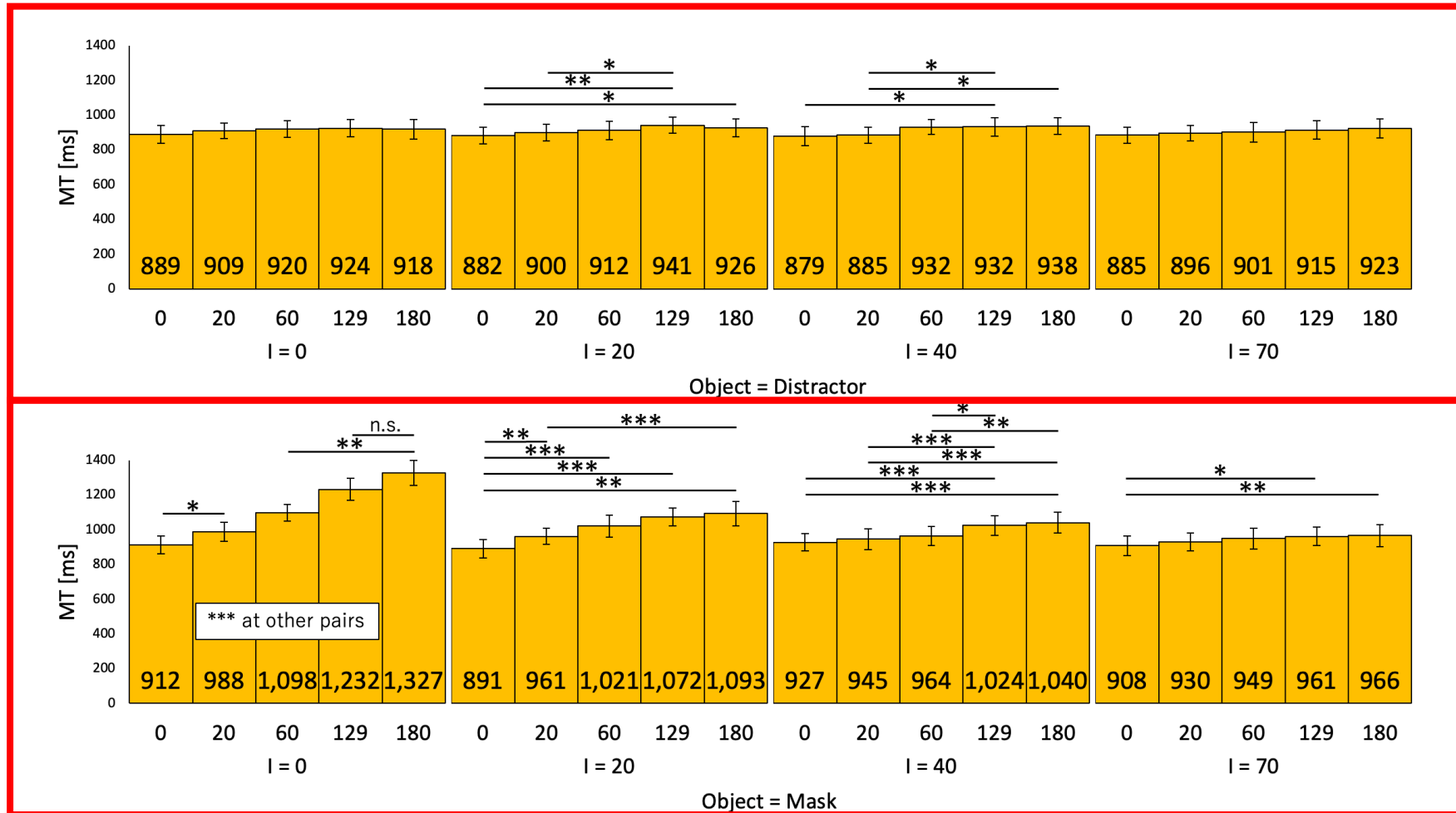


# 結果 (操作時間 $I \times OW \times Object$ )

## Distractor, Maskに対する $OW$ の影響

Distractor :  $OW$ が増加すると, わずかに操作時間が増加

Mask :  $OW$ が増加すると操作時間が増加.  $I$ が小さいほど $OW$ の影響が大きい傾向.



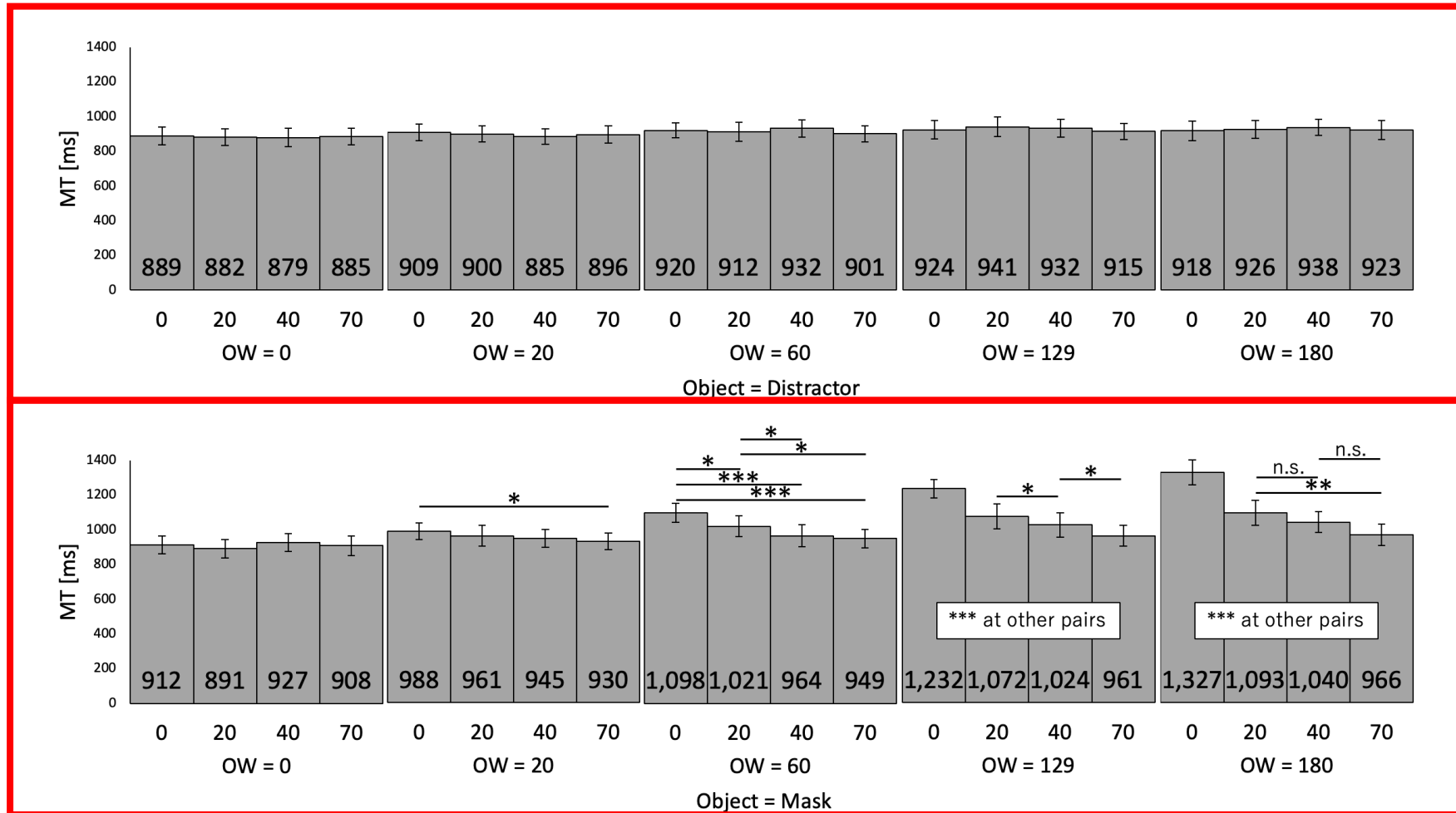


# 結果 (操作時間 $I \times OW \times Object$ )

## Distractor, Maskに対するIの影響

Distractor:  $I$ は操作時間にほとんど影響を与えない

Mask:  $I$ が減少すると操作時間が増加.  $OW$ が大きいほど $I$ の影響が大きい傾向.



# 結果

## 参加者アンケート

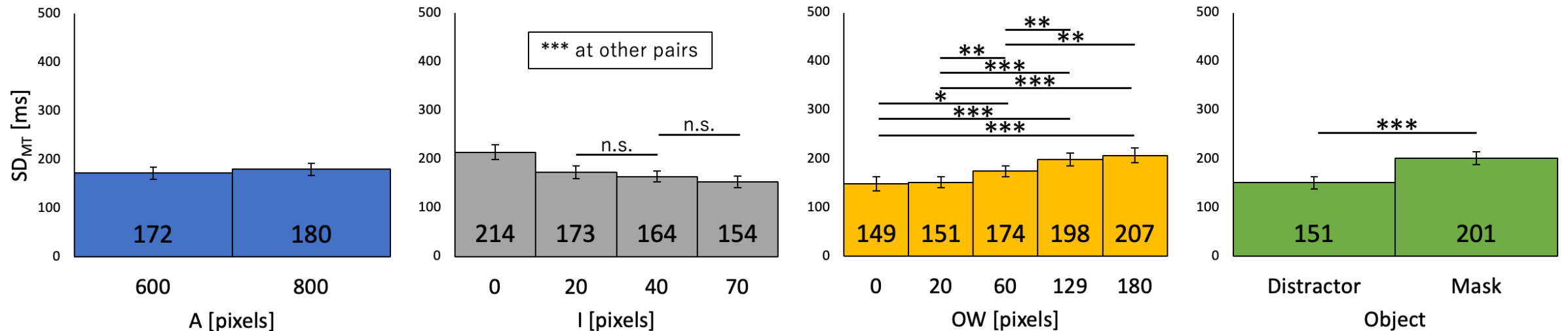
「遮蔽物の時、たまたまカーソルがターゲット上ですぐ発見できた場合は速く選択できたが、カーソルが遮蔽されて見失ってしまった場合は時間がかかってしまった」

「遮蔽物の幅が大きいほどカーソルを見失う確率が高くなった」

## 操作時間の標準偏差 $SD_{MT}$

$I$ ,  $OW$ ,  $Object$ で主効果

$I \times OW$ ,  $I \times Object$ ,  $OW \times Object$ ,  $I \times OW \times Object$ で交互作用

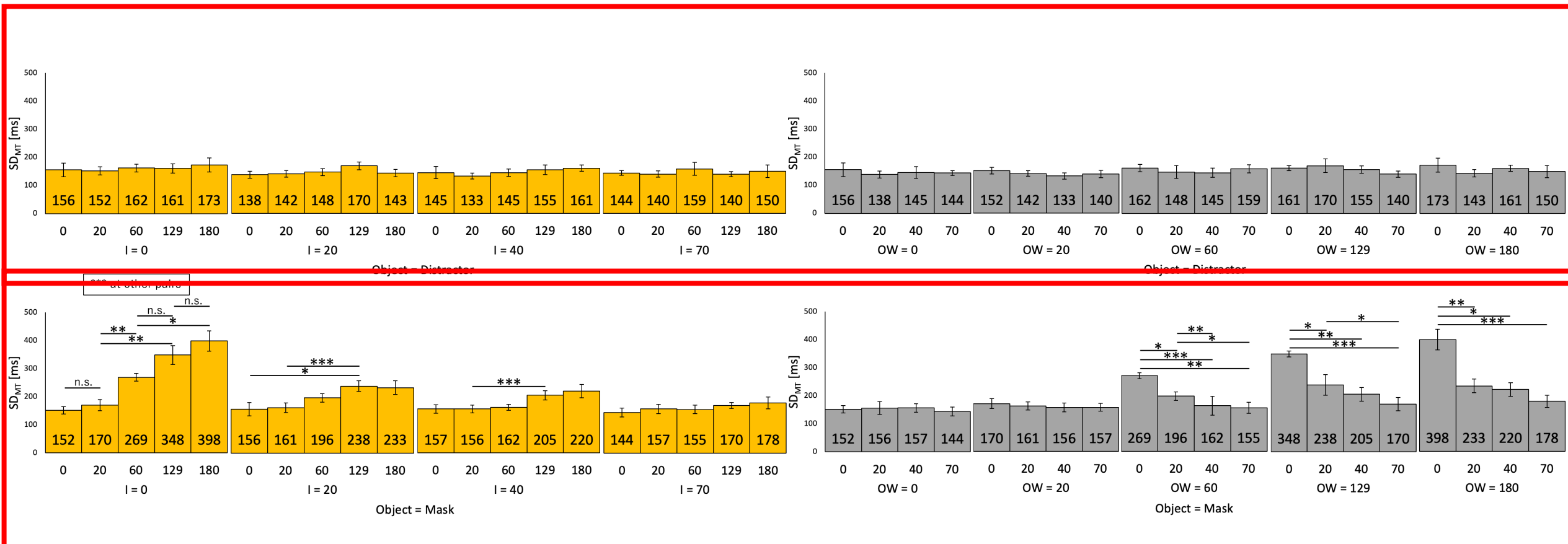


# 結果 (操作時間の標準偏差 $I \times OW \times Object$ )

## Distractor, Maskに対する $I, OW$ の影響

Distractor :  $I, OW$ は $SD_{MT}$ にほとんど影響を与えない

Mask :  $I$ が減少するほど,  $OW$ が増加するほど $SD_{MT}$ が増加



## 他対象物 (Distractor)

間隔の影響をほとんど受けない Usubaらと異なる結果

Usubaらの実験：

「表示領域と選択領域が異なる条件があり，事前にターゲットとDistractorの間隔がわからない」  
「選択領域を示すため，カーソルホバー時に色が変わるターゲット」

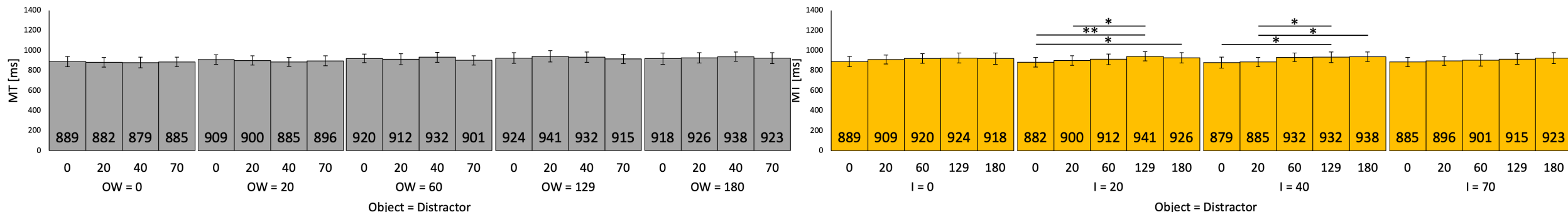
本実験：

「事前に間隔がわかり，視覚フィードバックのないターゲット」

➡ 間隔の影響を受けない可能性

遮蔽物の幅が増加すると操作時間が増加する傾向

- ・ 遮蔽物が配置されていることで操作時間が増加する
- ・ 間隔に関わらず遮蔽物の幅の増加に対してほとんど同じ傾向で操作時間が増加



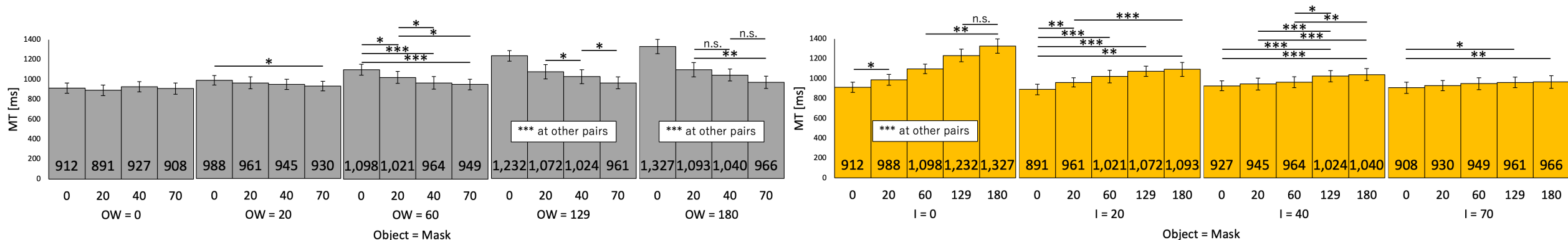
## 遮蔽物 (Mask)

操作時間 $MT$ ： 間隔が減少するほど，遮蔽物の幅が増加するほど増加

- ・遮蔽物が配置されていることで操作時間が増加
- ・間隔と遮蔽物の幅が相互に操作時間に対して影響を与える

操作時間の標準偏差 $SD_{MT}$ ： 間隔が減少するほど，遮蔽物の幅が増加するほど増加

間隔や遮蔽物の幅の影響でカーソルを見失う確率が上がることで $SD_{MT}$ が増加している可能性



## フィッツの法則

$MT = a + b \log_2 \left( \frac{A}{W} + 1 \right)$	Distractor	adj. $R^2 = .739$	$AIC = 187$
	Mask	adj. $R^2 = .052$	$AIC = 243$

## Usubaらのモデル (他対象物とターゲットの間隔を考慮できるモデル)

$MT = a + b_1 \log_2 \left( \frac{A}{W} + 1 \right) + b_2 \log_2 \left( \frac{1}{I + 0.0049} + 1 \right)$	Distractor	adj. $R^2 = .731$	$AIC = 189$
	Mask	adj. $R^2 = .308$	$AIC = 237$

### Distractor

- ・フィッツの法則で少し低い適合度 ( $OW$ の影響を考慮できないため)
- ・Usubaらのモデルで向上せず ( $I$ による影響がほとんどなかったため)

### Mask

- ・フィッツの法則で低い適合度
- ・Usubaらのモデルで少し改善されるも、高くないadj.  $R^2$

## Usubaらのモデル

$$MT = a + b_1 \log_2 \left( \frac{A}{W} + 1 \right) + b_2 \log_2 \left( \frac{1}{I + 0.0049} + 1 \right)$$

Maskでは $I \times OW$ の影響が大きかったことが、低い適合度の要因である可能性

$OW$ ごとに適合度を調査

$$OW = 0 \quad R^2 = .823$$

$$OW = 20 \quad R^2 = .923$$

$$OW = 60 \quad R^2 = .846$$

$$OW = 129 \quad R^2 = .876$$

$$OW = 180 \quad R^2 = .894$$

$I$ を考慮できることで全体に高い適合度 → Usubaらのモデルに $OW$ を考慮したモデルを考える

$OW$ が $I$ ごとに対して、操作時間に線形に影響すると仮定

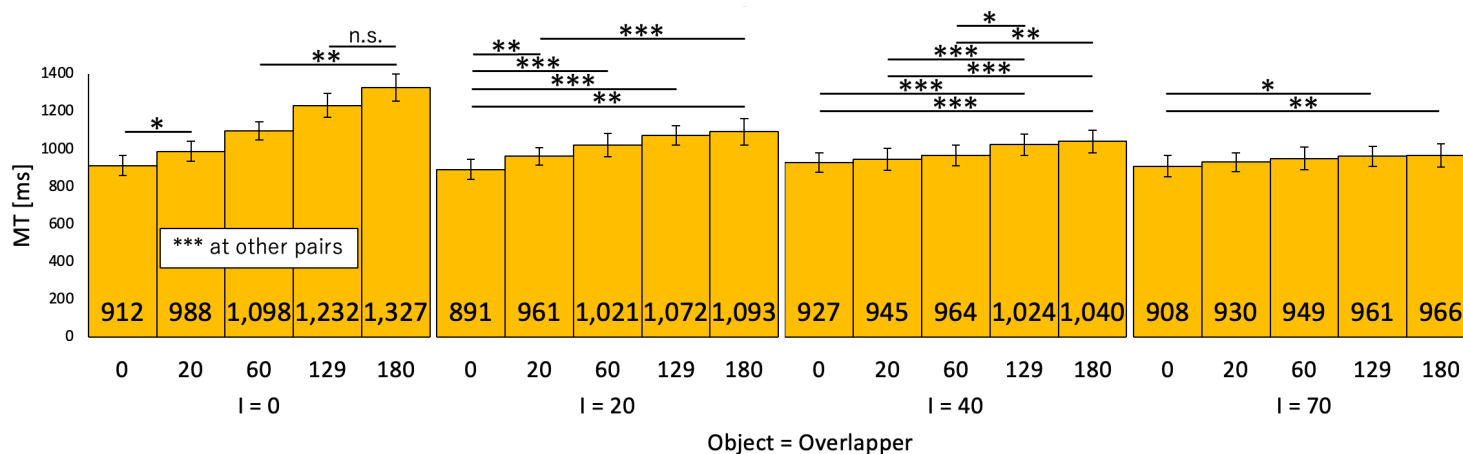
$$MT = a + b_1 \log_2 \left( \frac{A}{W} + 1 \right) + b_2 \cdot \underline{OW} \cdot \log_2 \left( \frac{1}{I + 0.0049} + 1 \right)$$

Mask adj.  $R^2 = .773$  AIC = 220

モデルに数値を代入

全ての $OW$ ごとのペアで、 $b_2$ 項が推定する操作時間が実際の操作時間より常に小さい

➡  $I$ と独立して $OW$ が操作時間に影響を与えている可能性





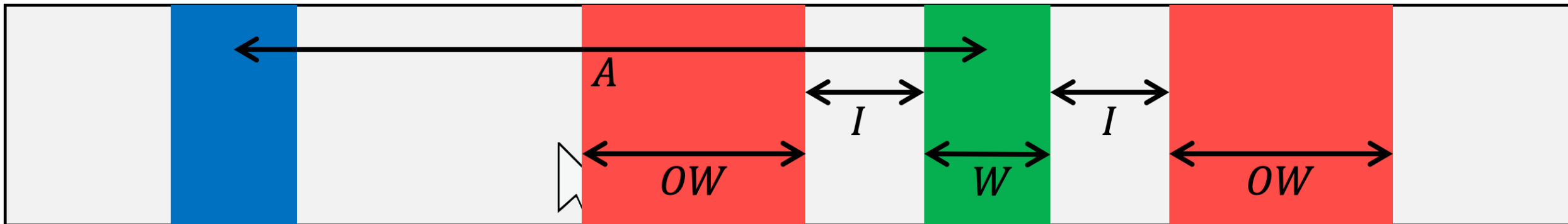
## OWがIの影響と独立して操作時間に与える影響を考慮したモデル

$$MT = a + b_1 \log_2 \left( \frac{A}{W} + 1 \right) + b_2 \cdot OW \cdot \log_2 \left( \frac{1}{I + 0.0049} + 1 \right) + \underline{c \cdot OW}$$

Mask      adj.  $R^2 = .899$       AIC = 207

最も高いadj.  $R^2$ と最も低いAIC

*Object = Mask*



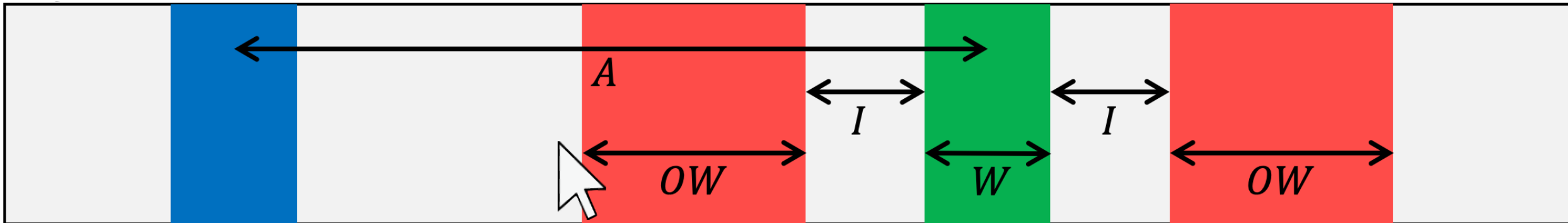
## OWのみの影響を考慮したモデル

$$MT = a + b_1 \log_2 \left( \frac{A}{W} + 1 \right) + \underline{c \cdot OW}$$

Distractor     $\text{adj. } R^2 = .870$      $AIC = 176$

最も高い $\text{adj. } R^2$ と最も低い $AIC$

*Object = Distractor*



## 今後の予定

カーソルを遮蔽するオブジェクトが操作時間に与える影響が明らかになった

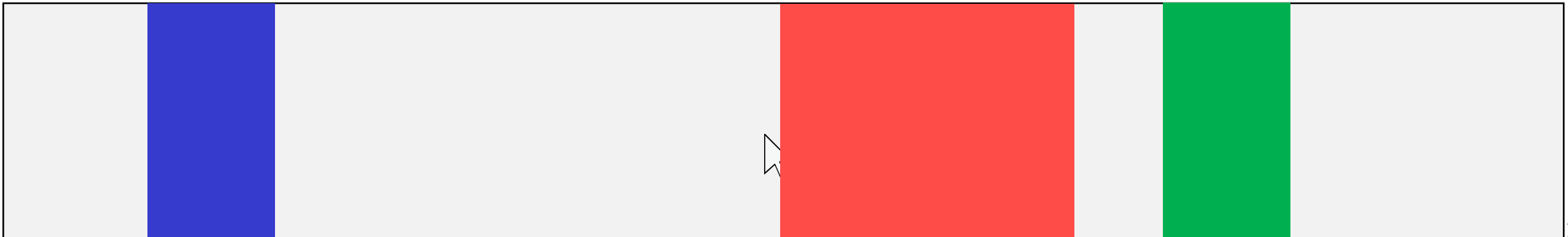
$$MT = a + b_1 \log_2 \left( \frac{A}{W} + 1 \right) + b_2 \cdot OW \cdot \log_2 \left( \frac{1}{I + 0.0049} + 1 \right) + c \cdot OW$$

本実験の制約：カーソルの遮蔽の有無を比較すること、その影響のモデル化が目的。  
ターゲットの両側に遮蔽物があることはなかなか現実でない

HCI206：遮蔽物の位置がポインティングに与える影響



- ・遮蔽物の位置による影響，多様な操作の戦略による影響の調査
- ・提案モデルのロバストさの検証 or 提案モデルの改良



**目的** カーソルの遮蔽がポインティングに与える影響を調査

**実験** 他対象物, 遮蔽物の比較  
オブジェクトの幅, オブジェクトとターゲットの間隔の影響も調査

**結果** 他対象物より遮蔽物の方が操作時間に与える影響が大きい

他対象物 (Distractor)

エラー率:  $OW = 0$ で高い

操作時間:  $I$ にほとんど影響されない  $OW$ が増加すると増加

操作時間の標準偏差:  $I$ ,  $OW$ にほとんど影響されない

遮蔽物 (Mask)

エラー率:  $OW = 0$ で高い

操作時間:  $I$ ,  $OW$ が相互に影響.  $OW$ が大きいほど増加,  $I$ が小さいほど増加

操作時間の標準偏差:  $I$ ,  $OW$ が相互に影響.  $I$ が小さいほど増加,  $OW$ が大きいほど増加

**議論** 他対象物 (Distractor)

$I$ の影響が見られなかったためUsubaらのモデルで向上せず  $OW$ を考慮することで向上

遮蔽物 (Mask)

Fitts, Usubaらのモデルで低い適合. Usubaらのモデルをベースに $OW$ を考慮することで向上

**今後** 遮蔽物の位置による影響, 多様な操作の戦略の影響を調査する