

2024.X.吉日

OFFICIAL
PRESENTATION:

Masuda Engineering
Consultant Office, Inc.

制御因子を割り付ける「列」を入れ替えて
要因効果図の傾向を観察してみた

L9直交表で火縄銃のシミュレーション

有限会社 増田技術事務所

増田 雪也

研究の目的

▼
ありません！

▼
「好奇心で、やってみた」というだけ

▼
皆さんの話の種になれば
嬉しいです



火縄銃の事例でシミュレーション



$$y = \frac{\left(\frac{F}{m}\right)^2 \sin 2\theta}{g}$$

仰角： $\theta = 20\text{deg}$

打出力(火薬の量)： $F = 10\text{N}$

砲弾の質量： $m = 0.21\text{kg}$

重力加速度： $g = 9.807\text{m/s}^2$

L9直交表

制御因子：4つ

列	制御因子	1	2	3	
A	打出力	5	10	15	3水準
B	仰角	5	15	25	3水準
C	砲弾質量	0.15	0.2	0.25	3水準
D	【無】	-	-	-	3水準

L9直交表では
9条件にサボる

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81



1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81

総当たり
 $3^4=81$ 通り

L9直交表に割り付ける「列」を入れ替えてみる

列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	仰角	5	15	25
C	砲弾質量	0.15	0.2	0.25
D	【無】	-	-	-



列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	仰角	5	15	25
C	砲弾質量	0.15	0.2	0.25
D	【無】	-	-	-

列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	仰角	5	15	25
C	【無】	-	-	-
D	砲弾質量	0.15	0.2	0.25

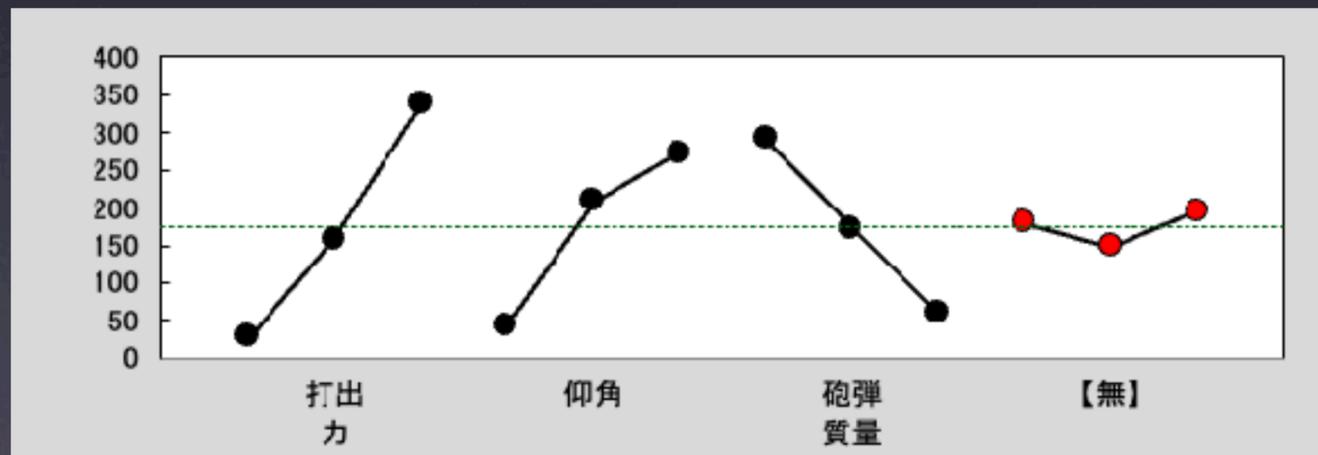
列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	【無】	-	-	-
C	仰角	5	15	25
D	砲弾質量	0.15	0.2	0.25

列	制御因子	1	2	3
A	【無】	-	-	-
B	打出力	5	10	15
C	仰角	5	15	25
D	砲弾質量	0.15	0.2	0.25

要因効果図は、どう変わる？、変わらない？

L9直交表 (その1)

列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	仰角	5	15	25
C	砲弾質量	0.15	0.2	0.25
D	【無】	-	-	-



L9直交表 (その2)

列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	仰角	5	15	25
C	【無】	-	-	-
D	砲弾質量	0.15	0.2	0.25



割り付けが変わると、何が変わる？



実験する (9つの) 条件が変わる

L9直交表 (その1)

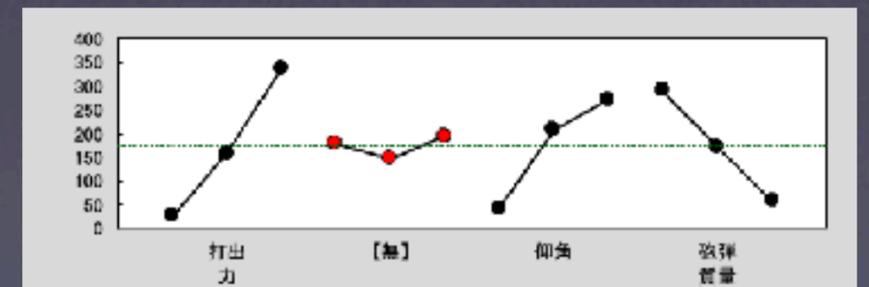
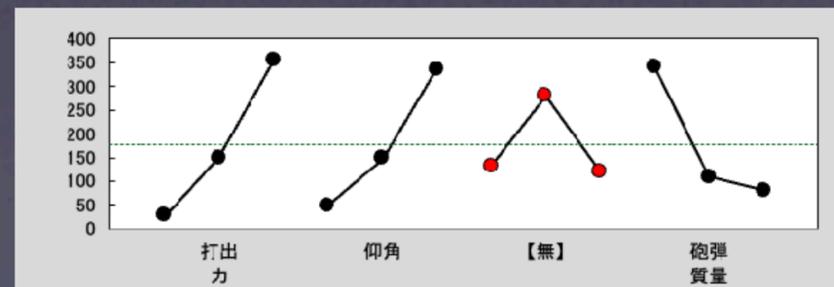
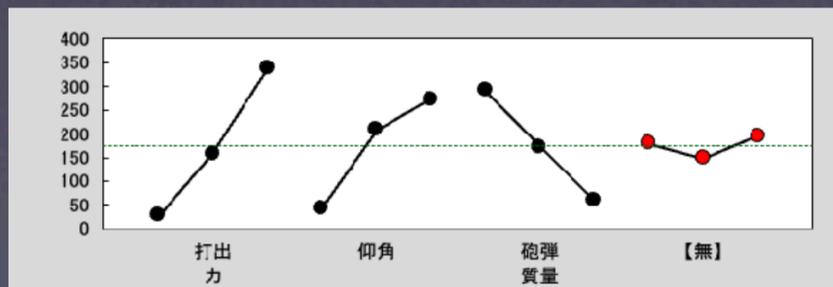
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81

L9直交表 (その2)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81

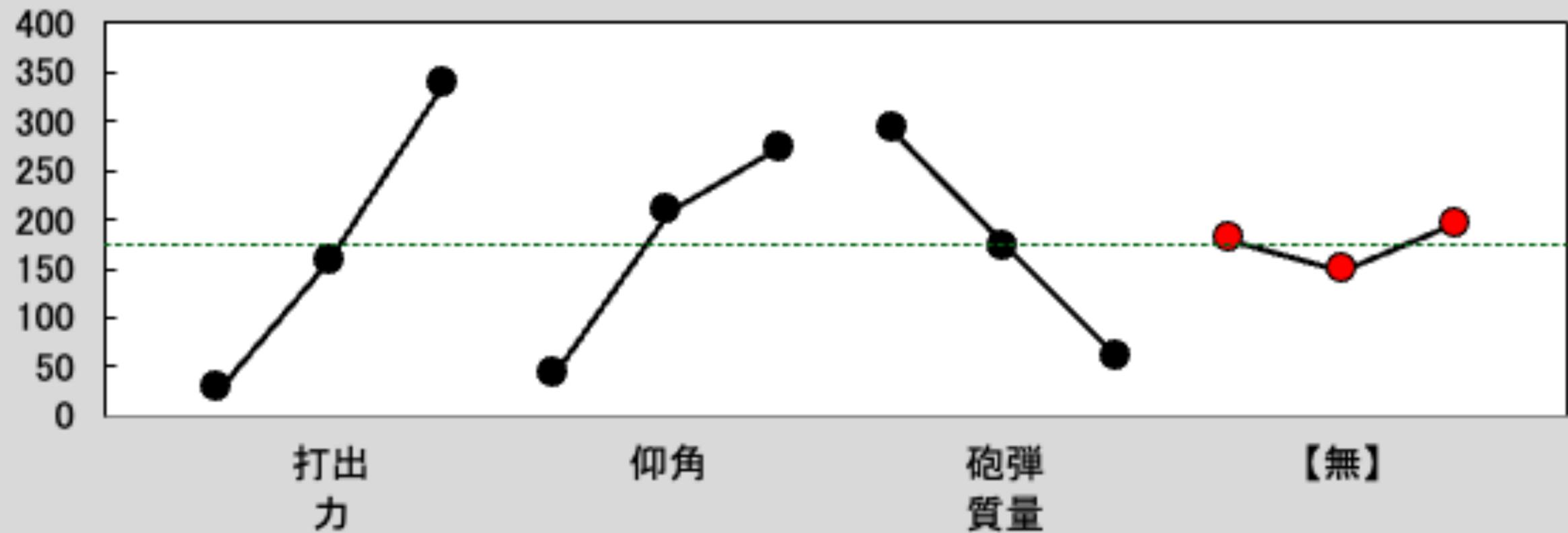
L9直交表 (その3)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81



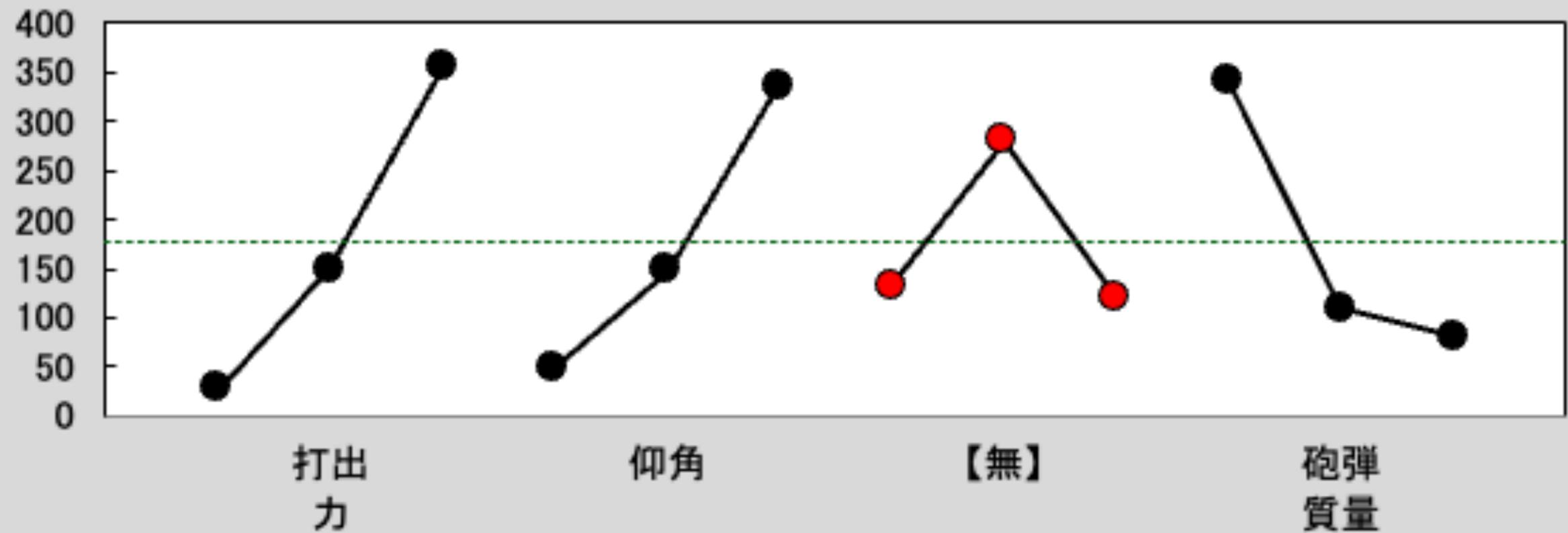
L9直交表 (その1)

列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	仰角	5	15	25
C	砲弾質量	0.15	0.2	0.25
D	【無】	-	-	-



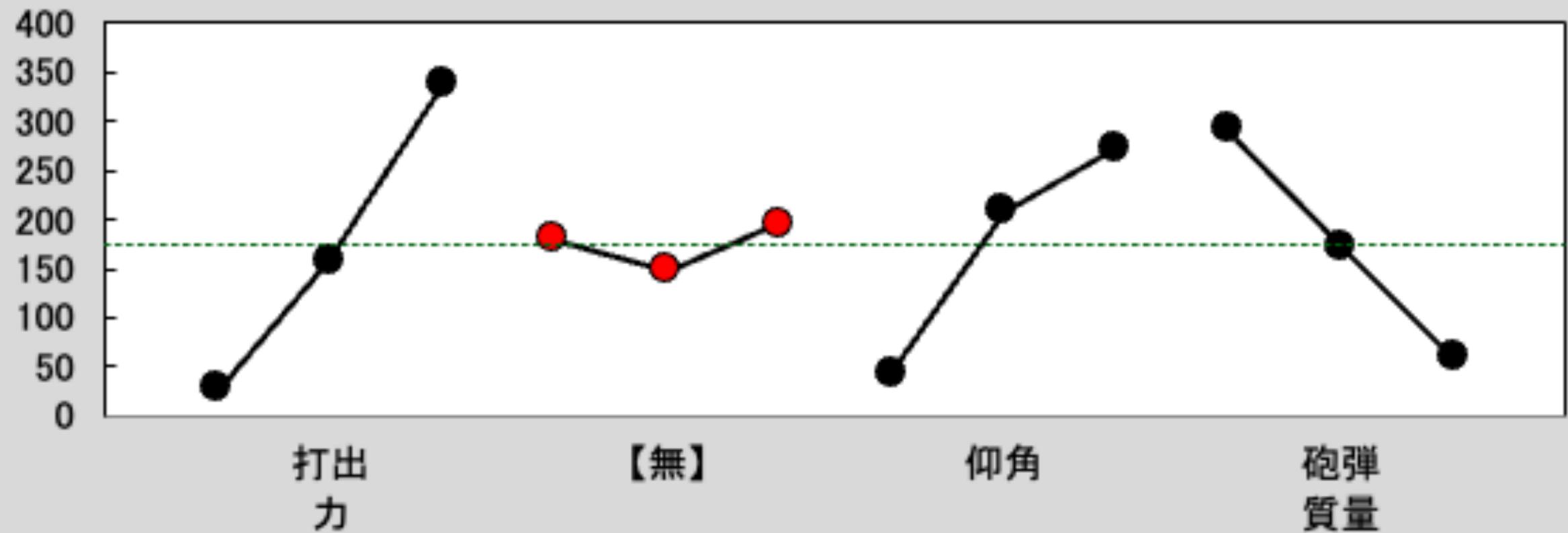
L9直交表 (その2)

列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	仰角	5	15	25
C	【無】	-	-	-
D	砲弾質量	0.15	0.2	0.25



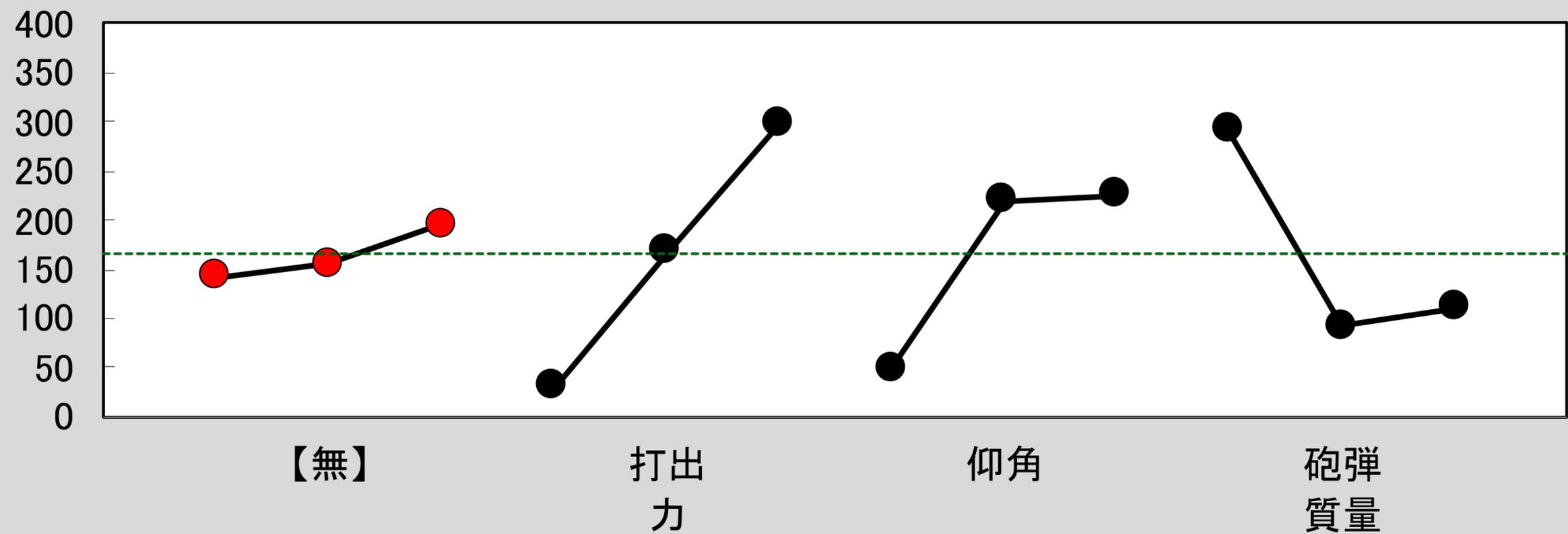
L9直交表 (その3)

列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	【無】	-	-	-
C	仰角	5	15	25
D	砲弾質量	0.15	0.2	0.25



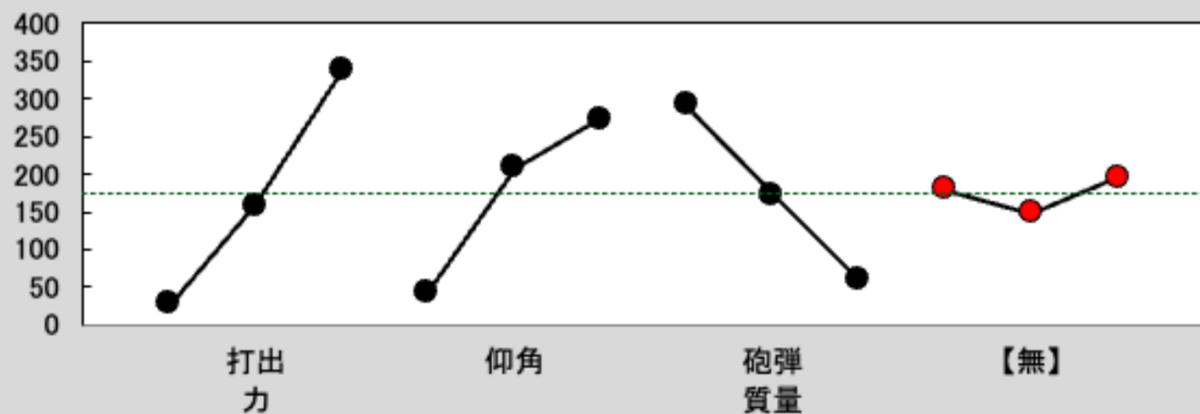
L9直交表 (その4)

列	制御因子	1	2	3
A	【無】	-	-	-
B	打出力	5	10	15
C	仰角	5	15	25
D	砲弾質量	0.15	0.2	0.25



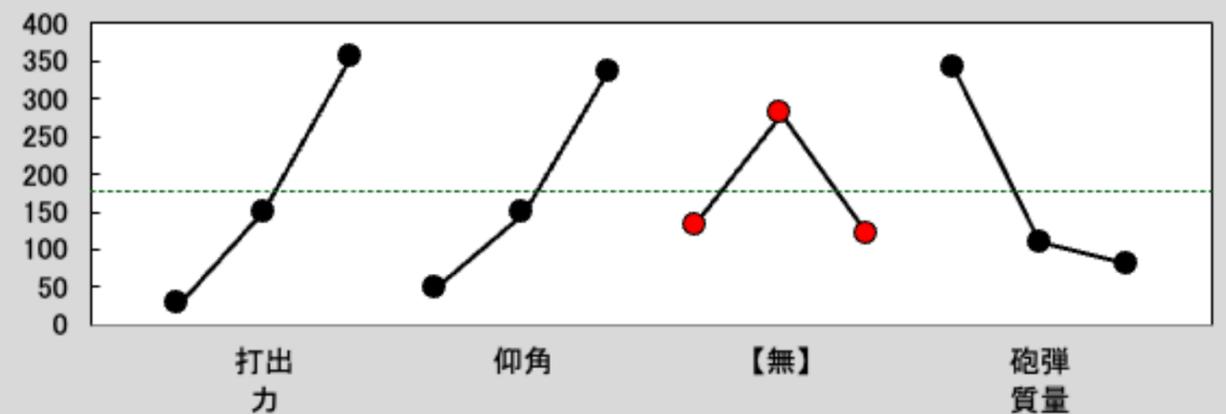
L9直交表 (その1)

列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	仰角	5	15	25
C	砲弾質量	0.15	0.2	0.25
D	【無】	-	-	-



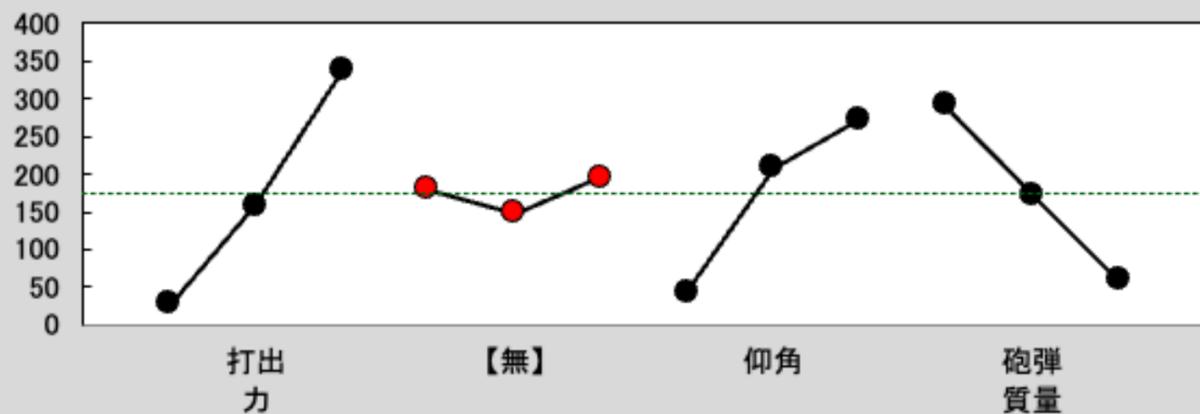
L9直交表 (その2)

列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	仰角	5	15	25
C	【無】	-	-	-
D	砲弾質量	0.15	0.2	0.25



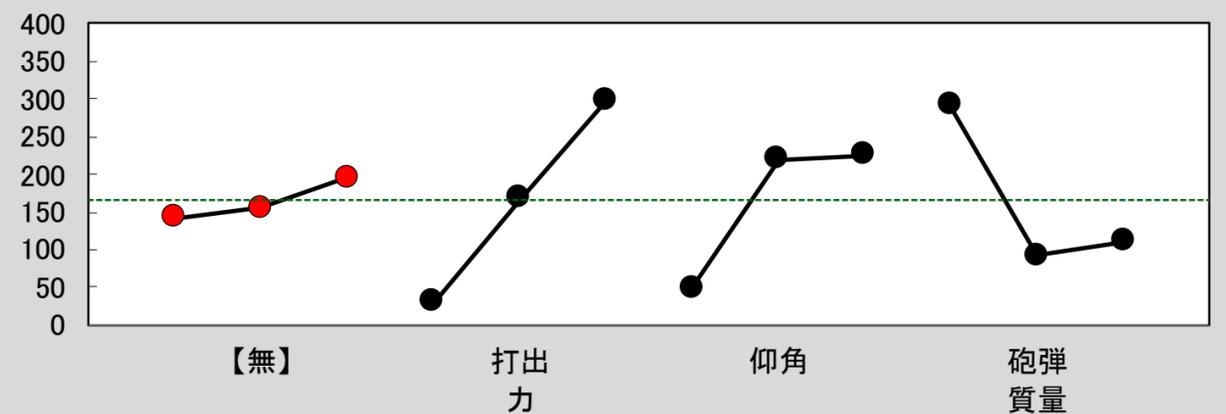
L9直交表 (その3)

列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	【無】	-	-	-
C	仰角	5	15	25
D	砲弾質量	0.15	0.2	0.25



L9直交表 (その4)

列	制御因子	1	2	3
A	【無】	-	-	-
B	打出力	5	10	15
C	仰角	5	15	25
D	砲弾質量	0.15	0.2	0.25



L9直交表の組合せ

列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	仰角	5	15	25
C	砲弾質量	0.15	0.20	0.25
D	【無】	-	-	-

列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	仰角	5	15	25
C	砲弾質量	0.15	0.2	0.25
D	【無】	-	-	-

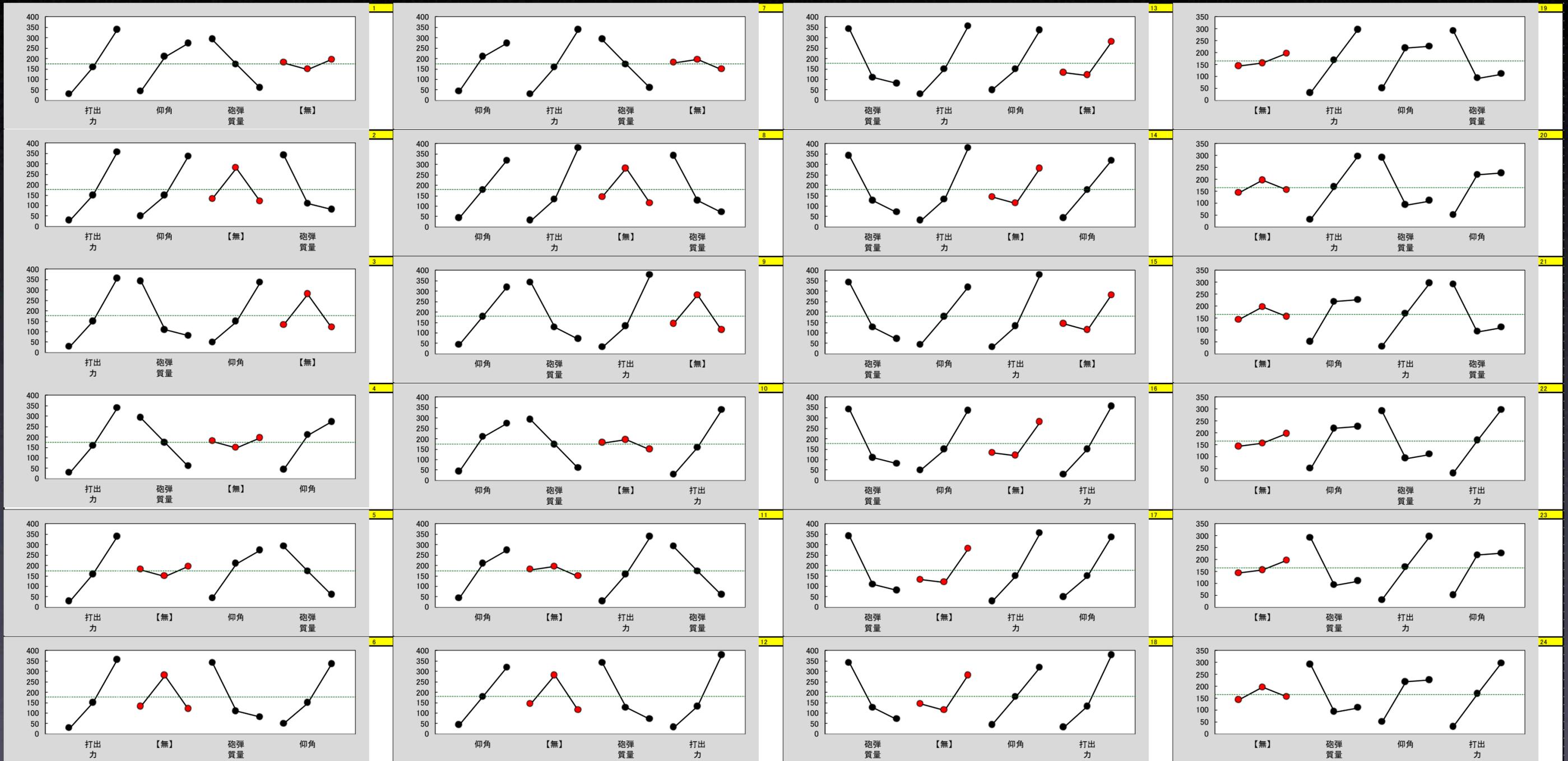
列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	仰角	5	15	25
C	【無】	-	-	-
D	砲弾質量	0.15	0.2	0.25

全部で24パターンある
($4P_4=24$ 通り)

列	制御因子	1	2	3
A	打出力	5	10	15
B	【無】	-	-	-
C	仰角	5	15	25
D	砲弾質量	0.15	0.2	0.25

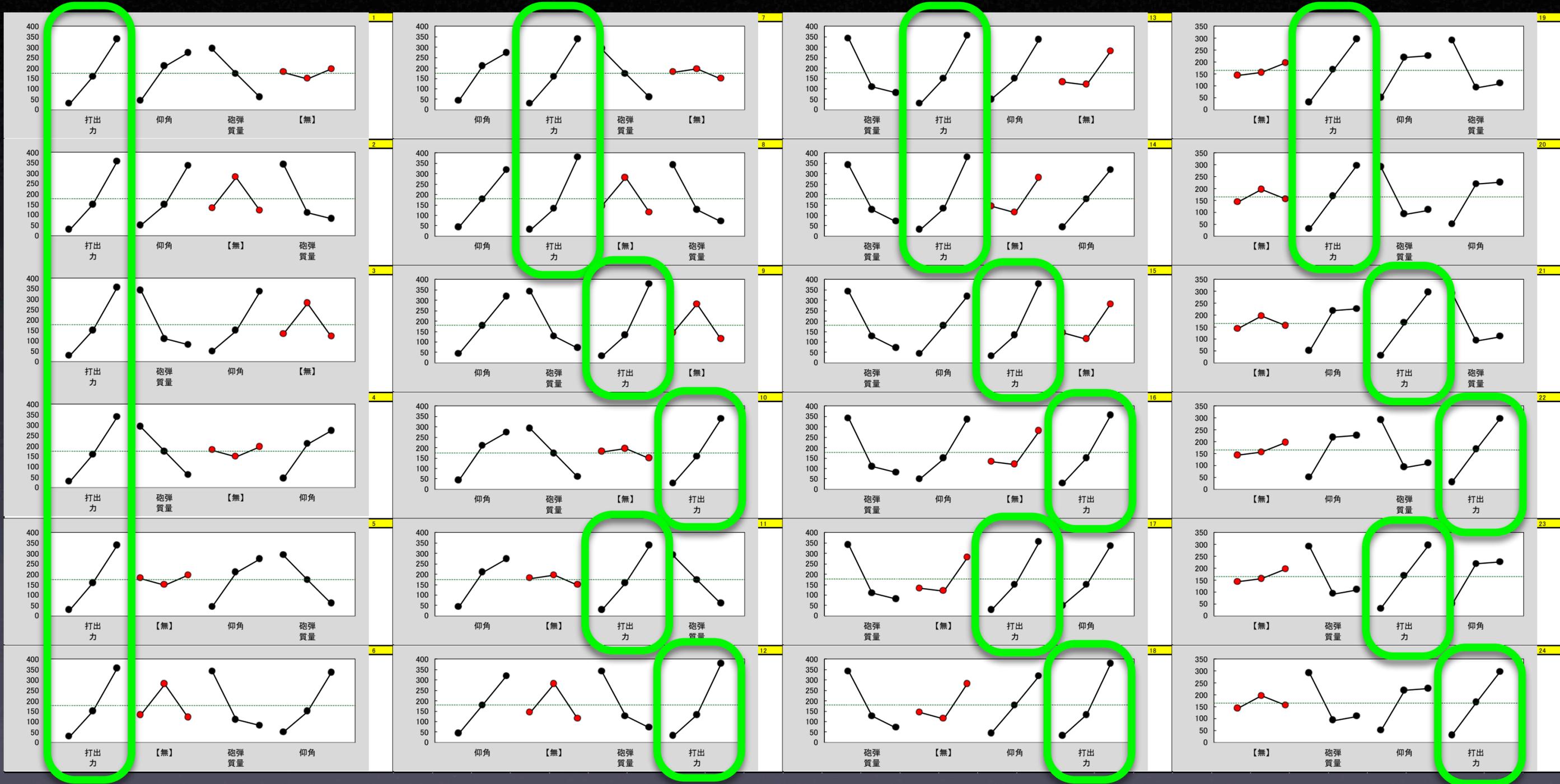
列	制御因子	1	2	3
A	【無】	-	-	-
B	打出力	5	10	15
C	仰角	5	15	25
D	砲弾質量	0.15	0.2	0.25

全部で24パターンある



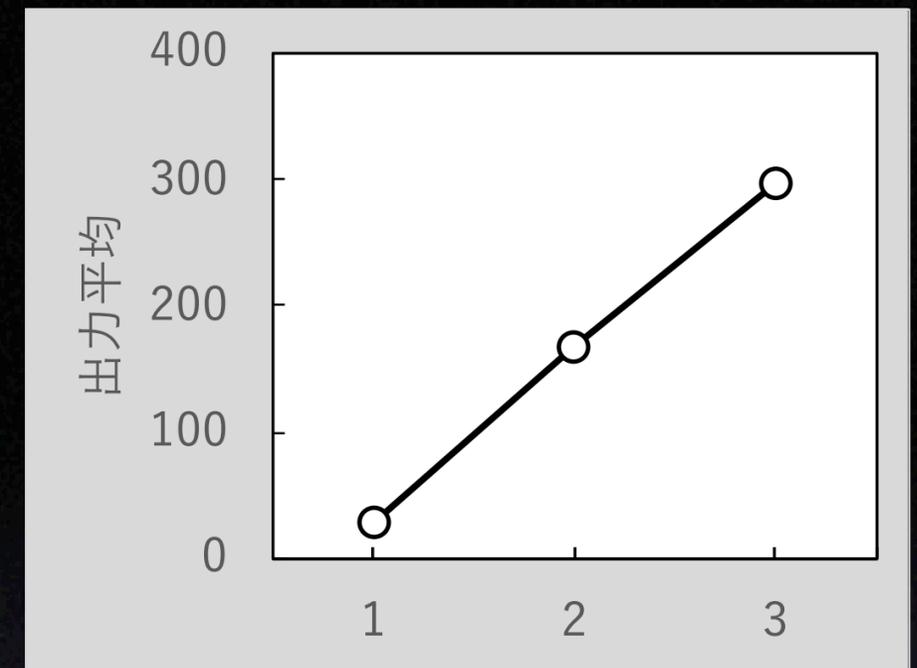
全部で24パターンある

打出力

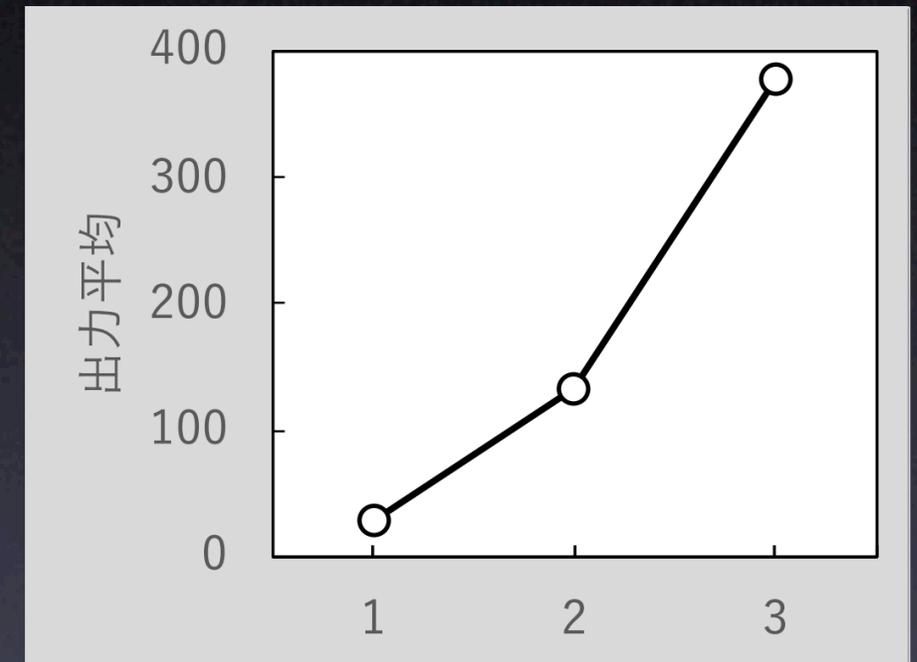


各「制御因子」毎に24パターンを重ねてプロットしてみると

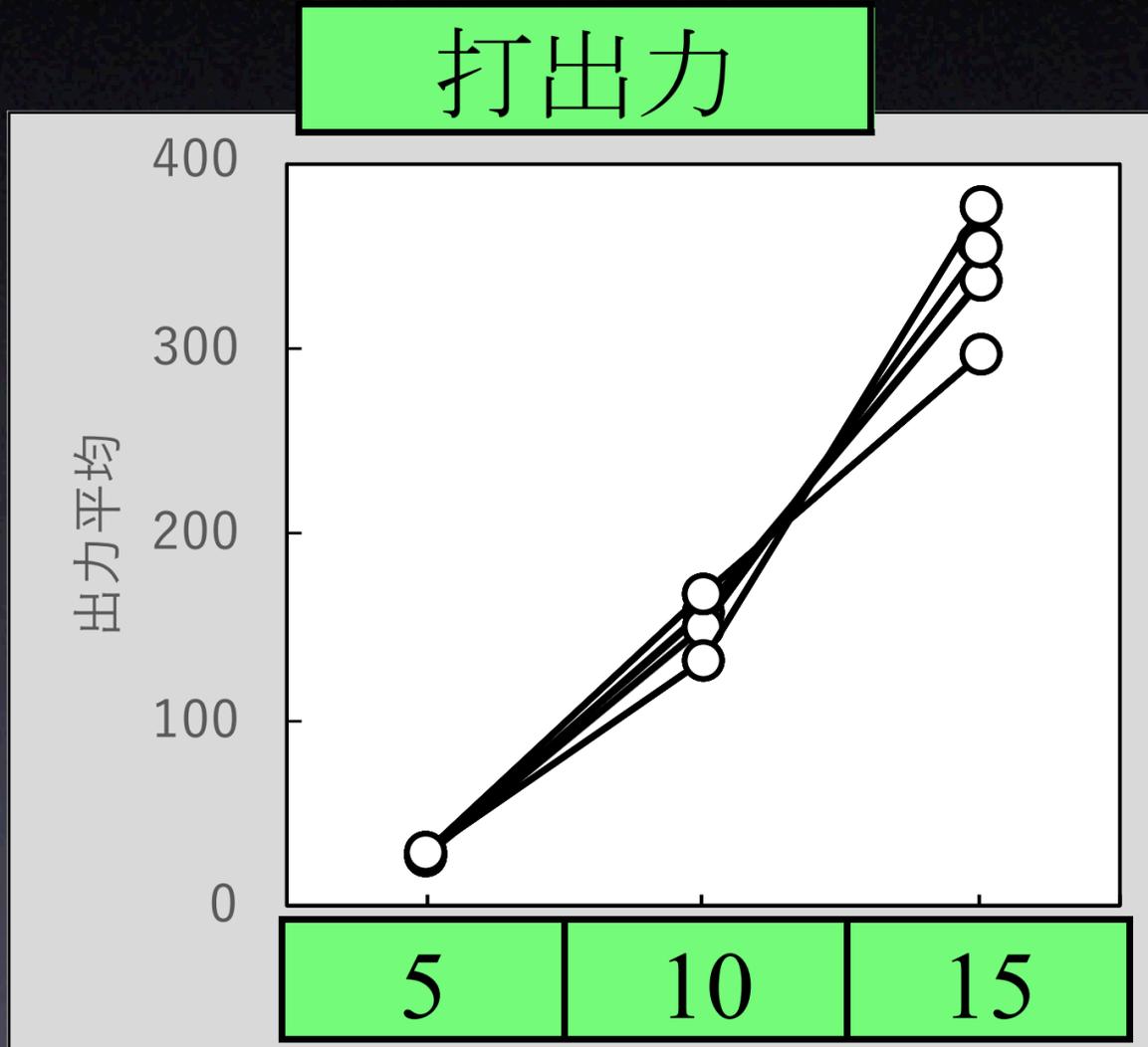
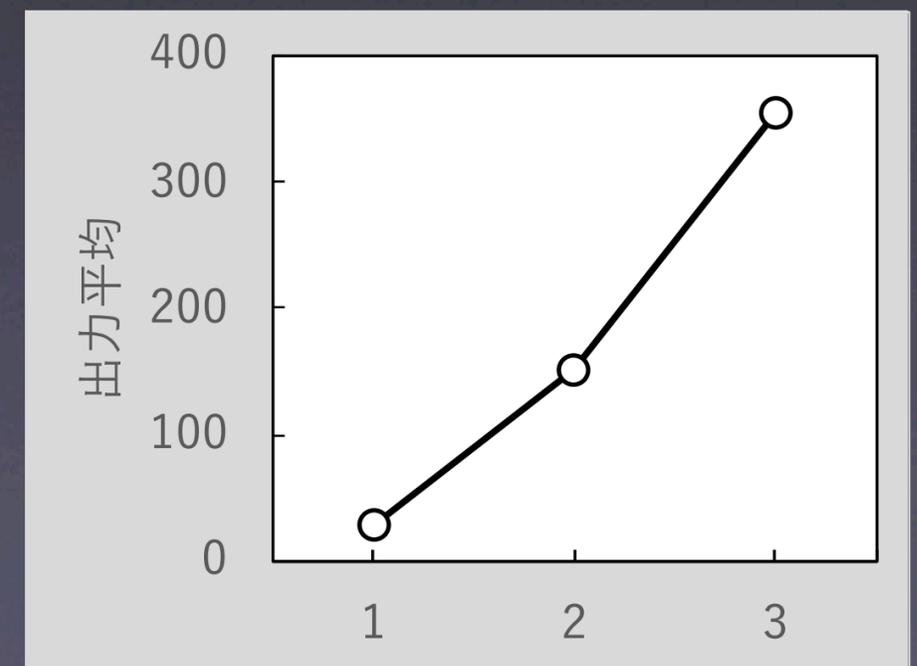
代表例1



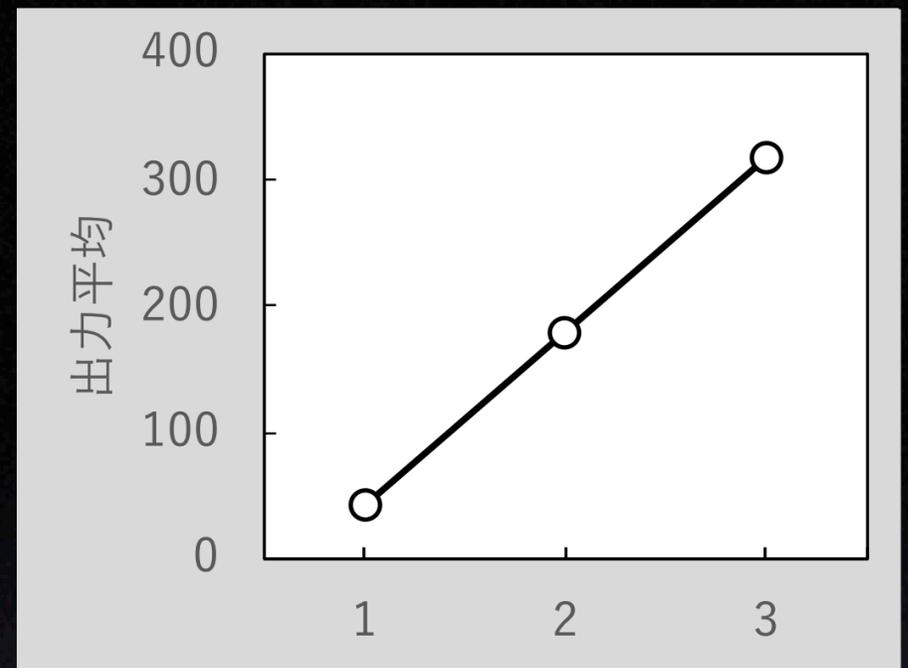
代表例2



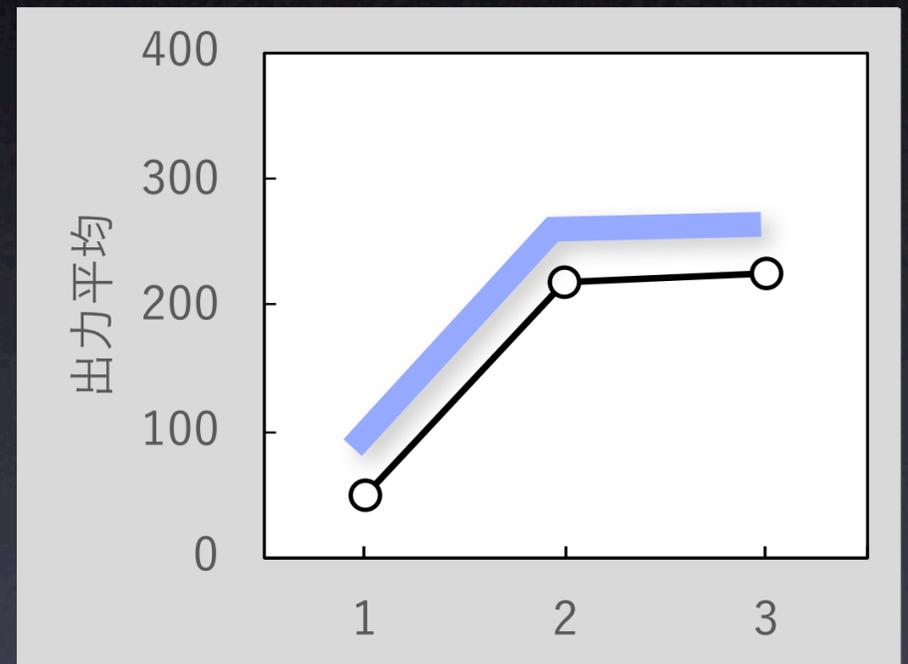
代表例3



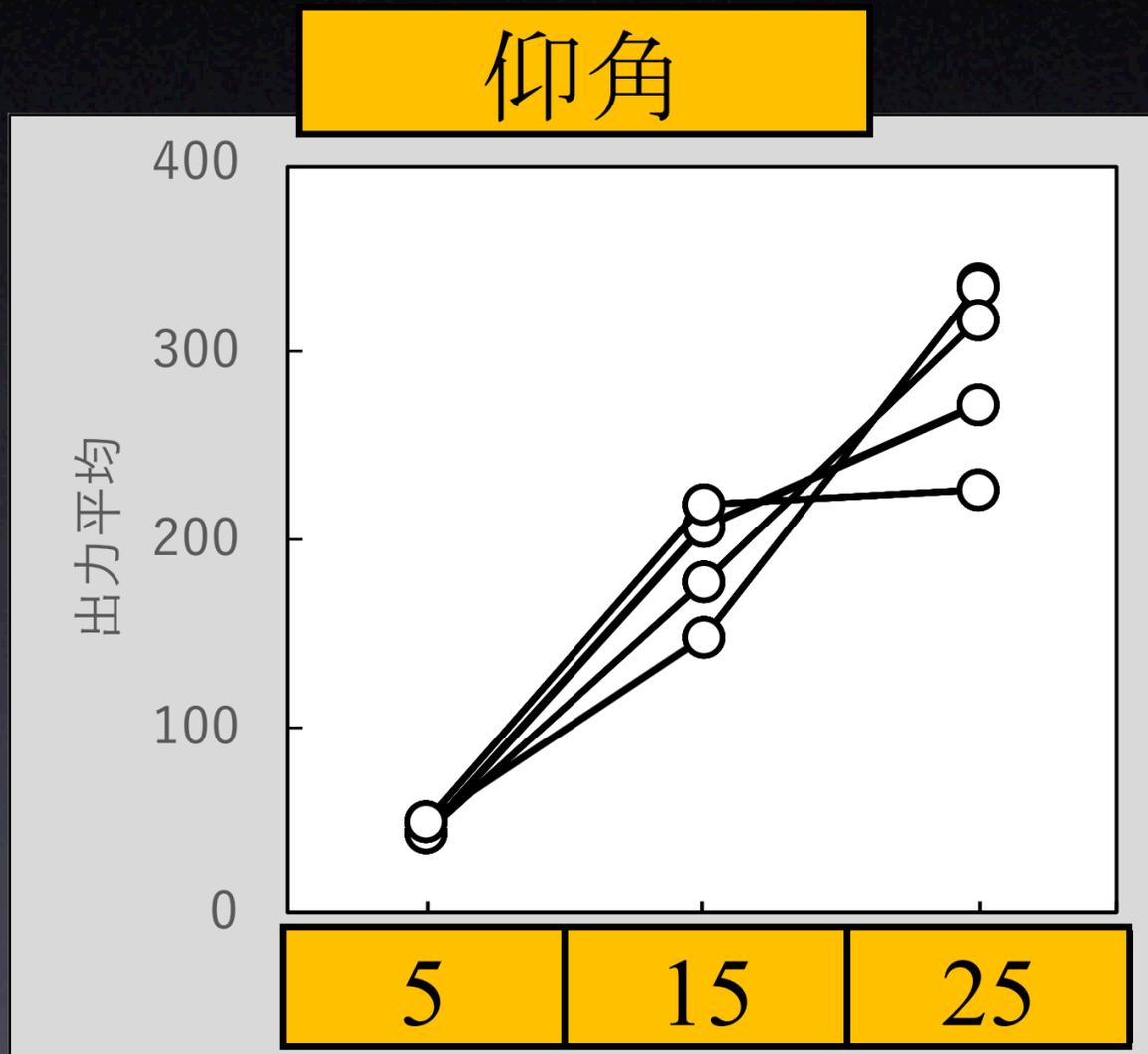
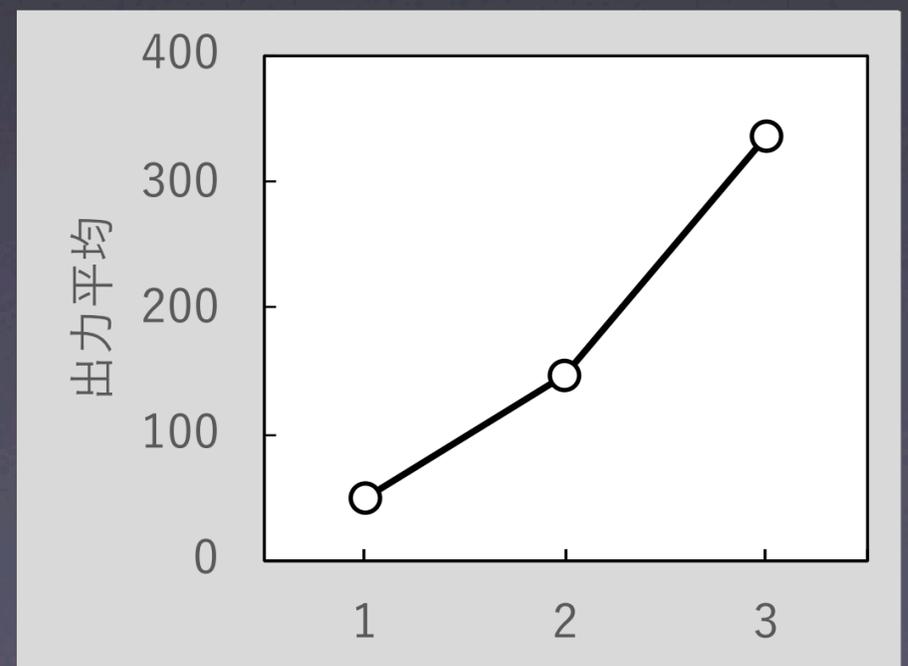
代表例1



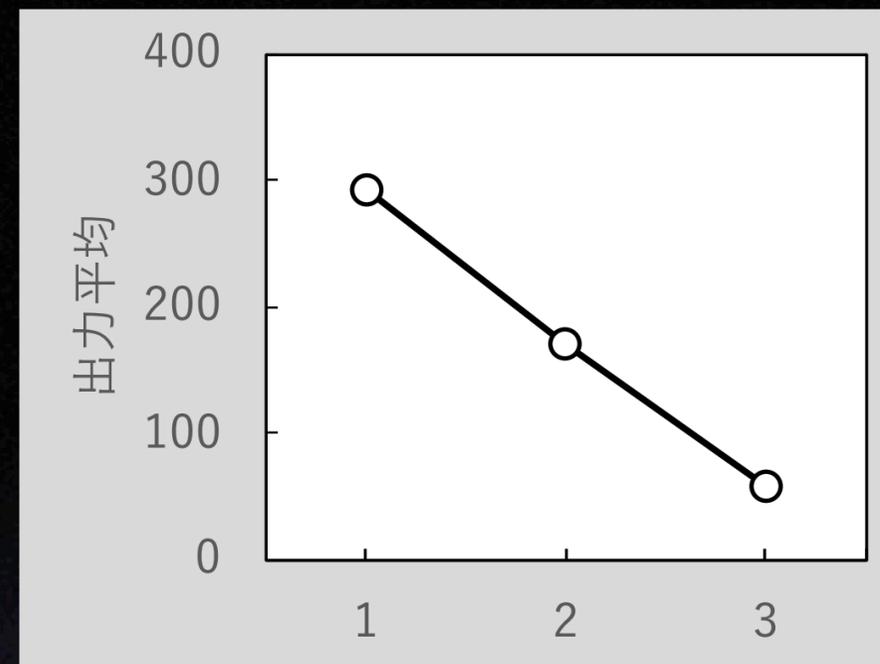
代表例2



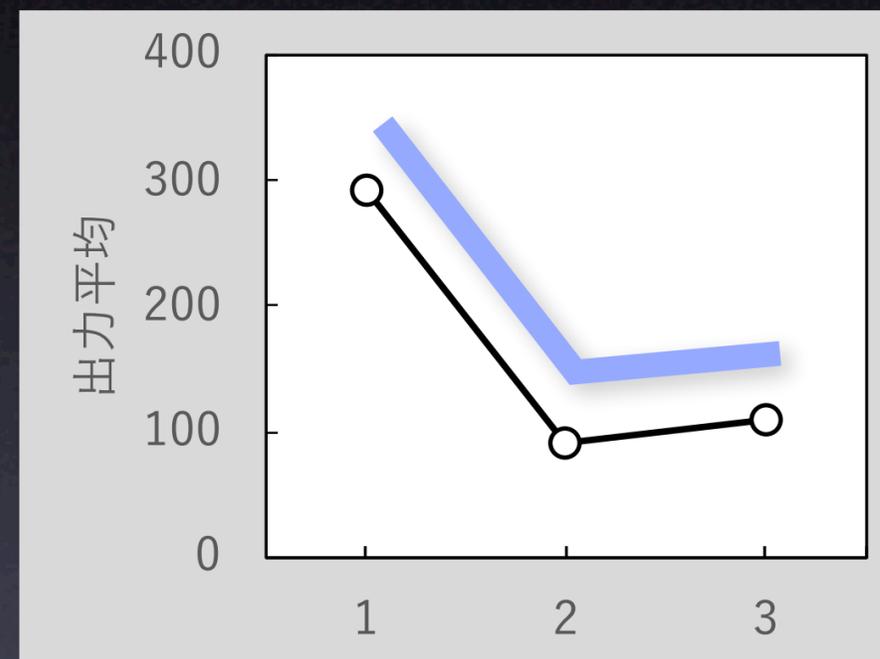
代表例3



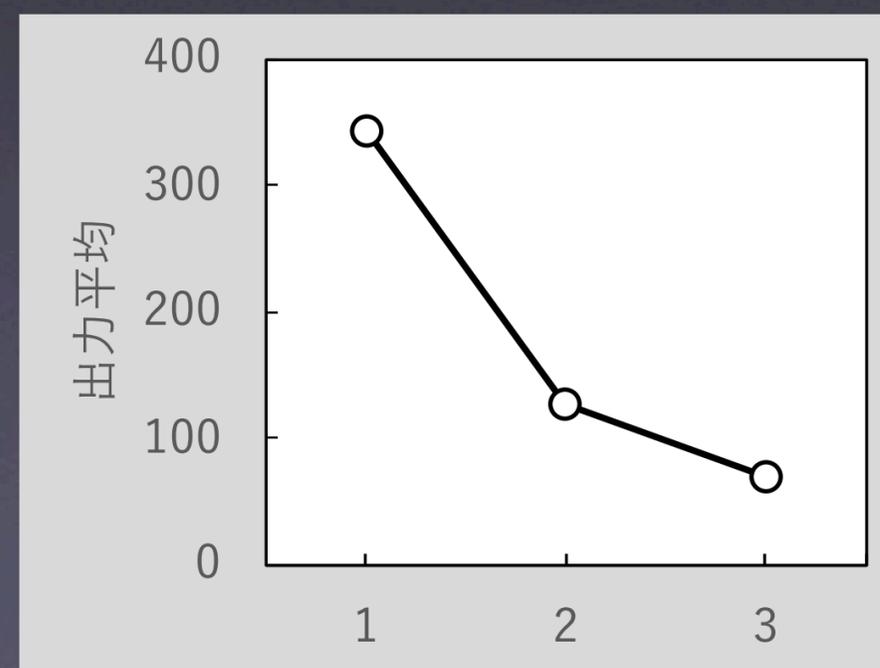
代表例1



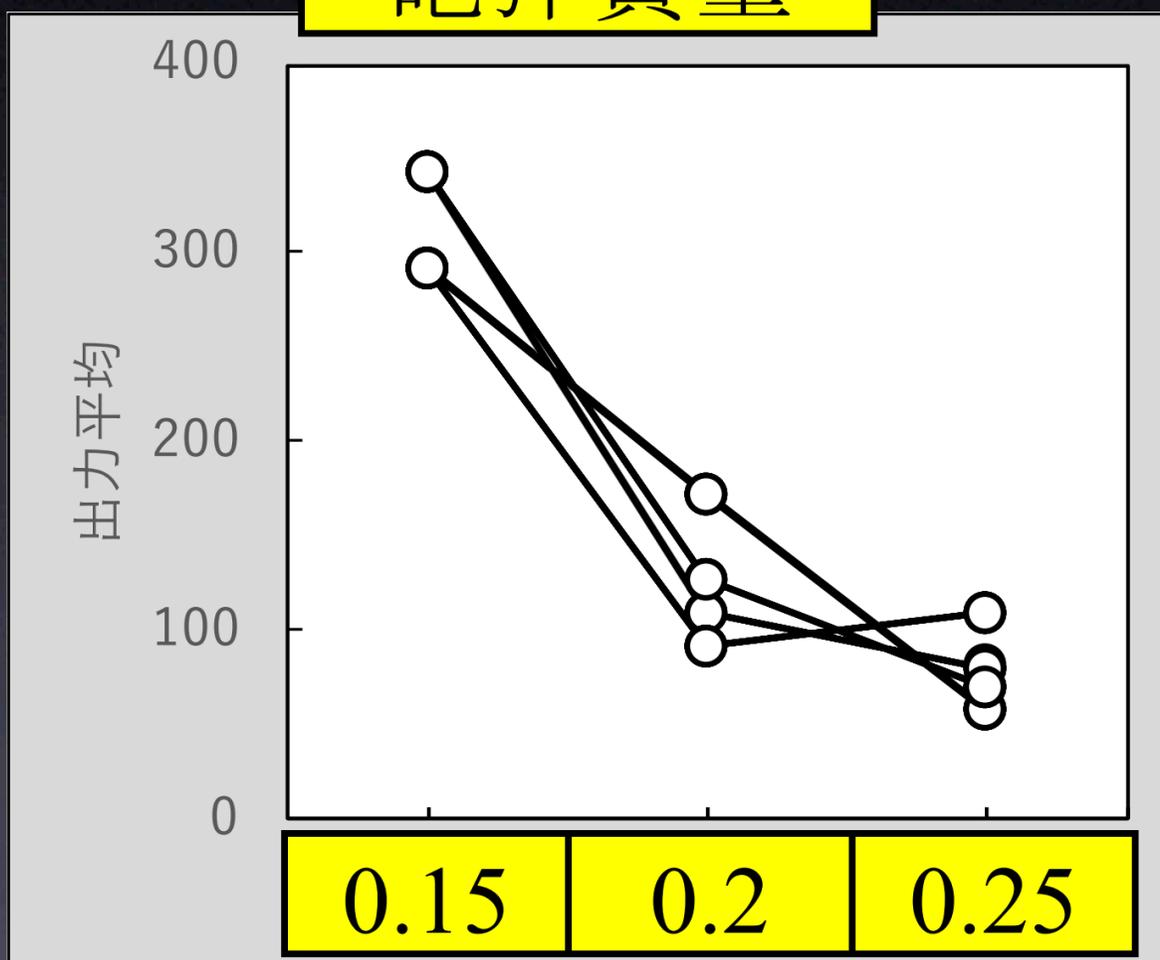
代表例2



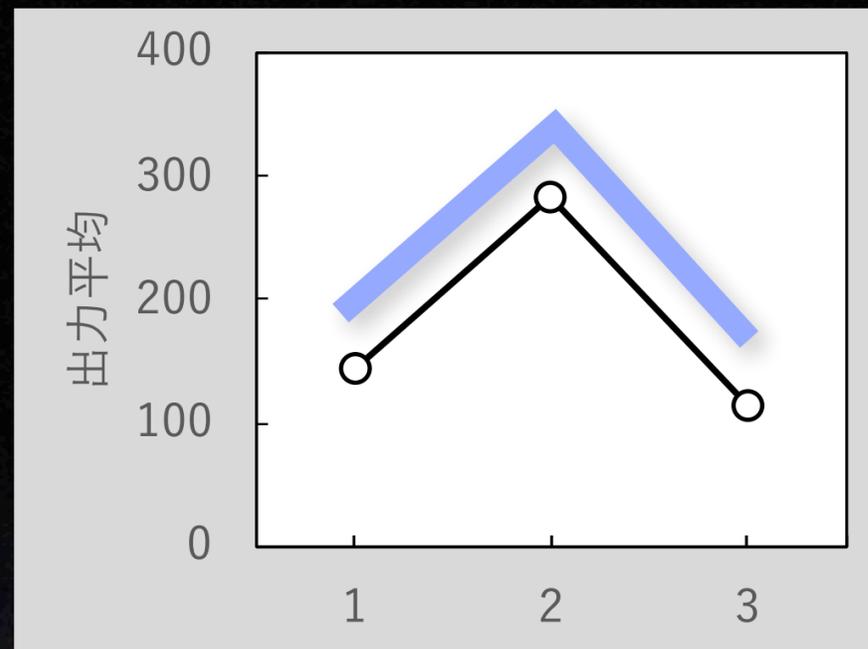
代表例3



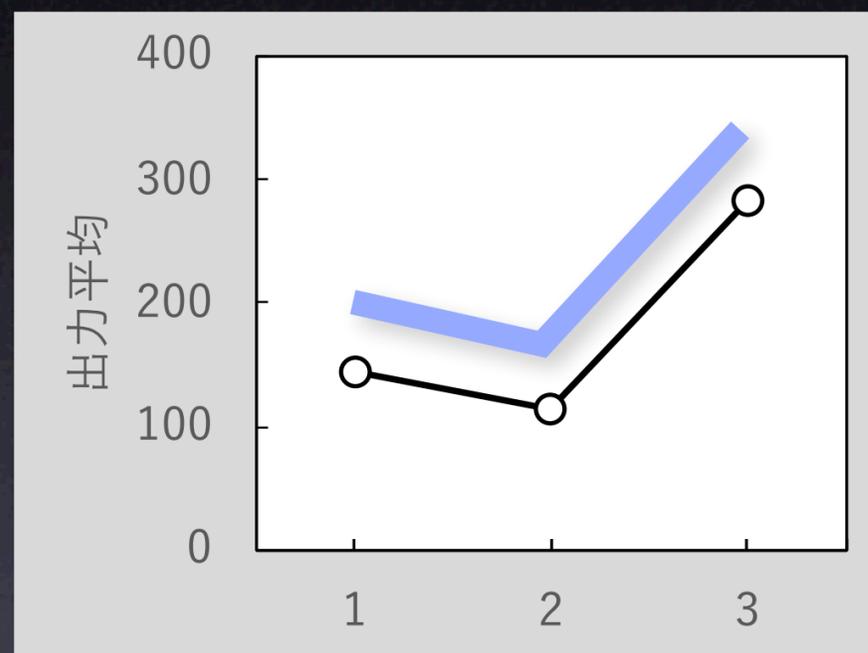
砲弾質量



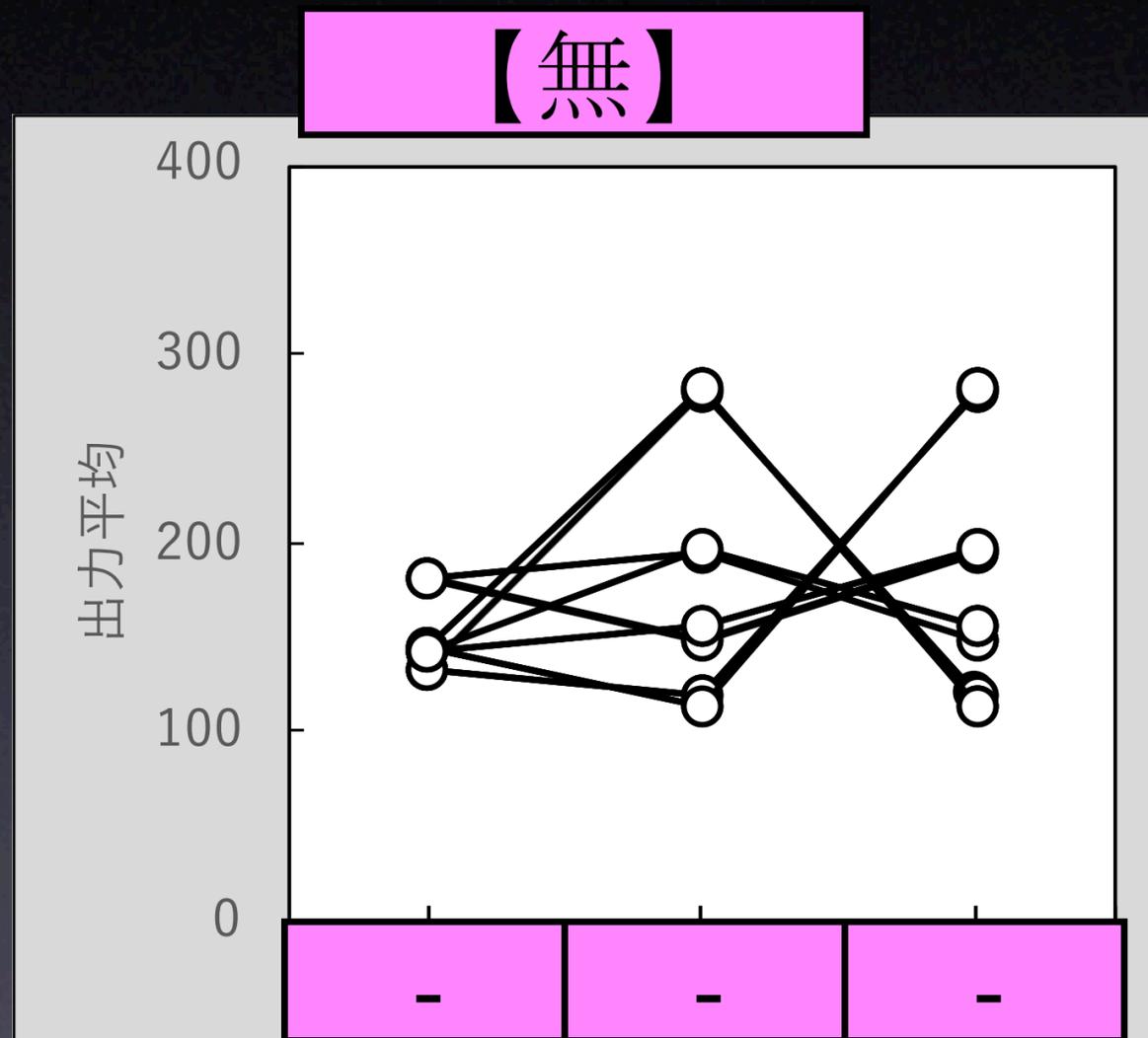
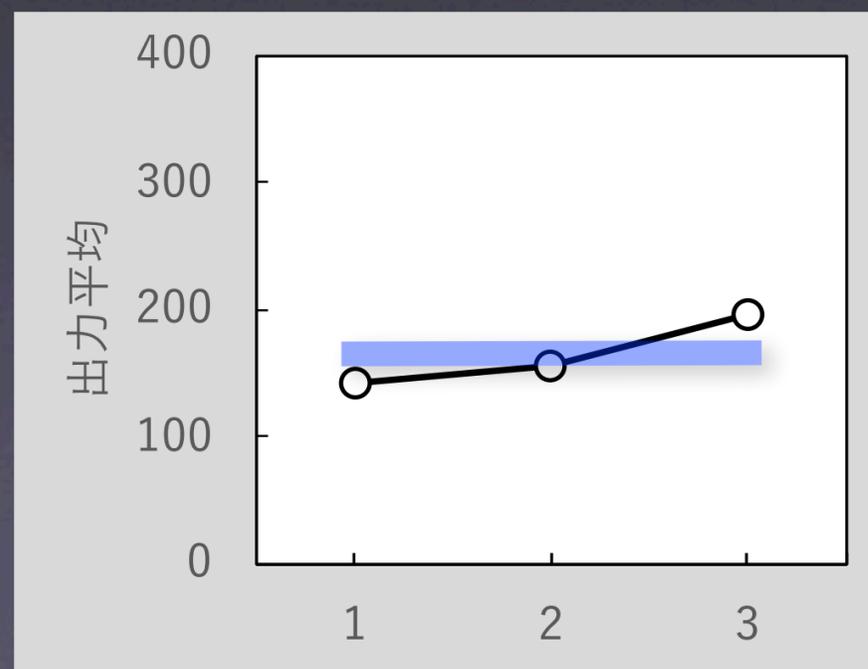
代表例1



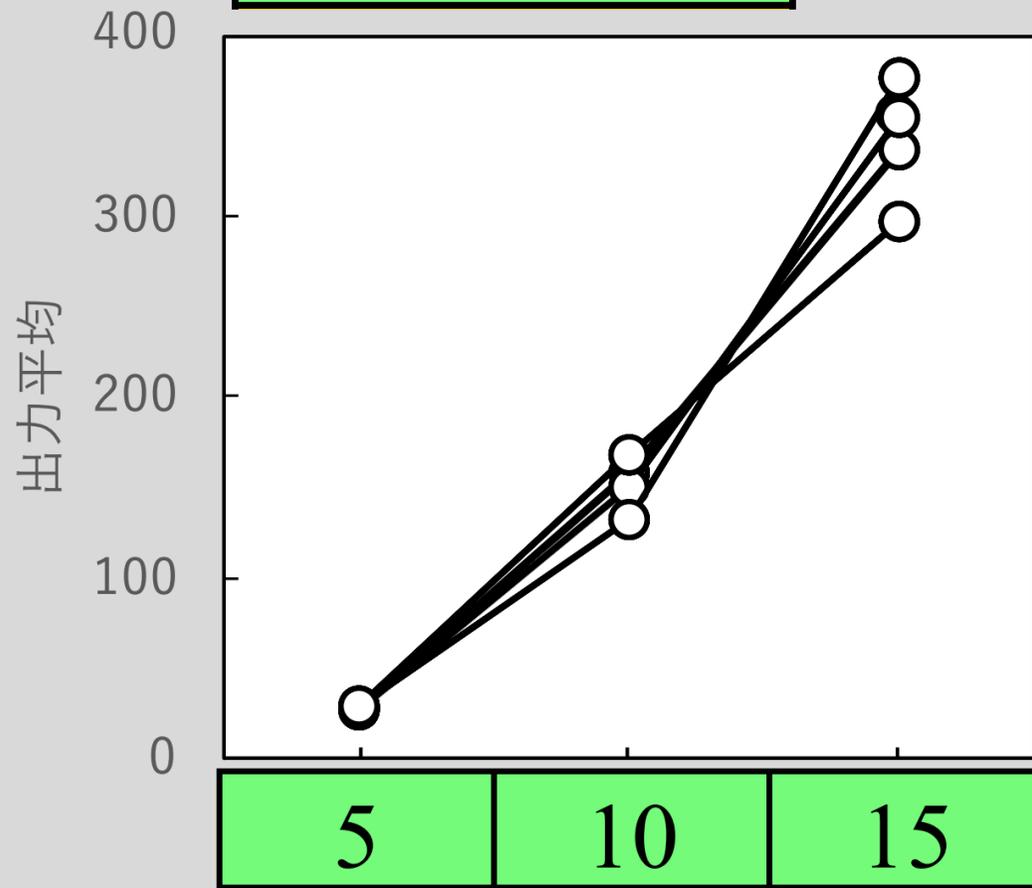
代表例2



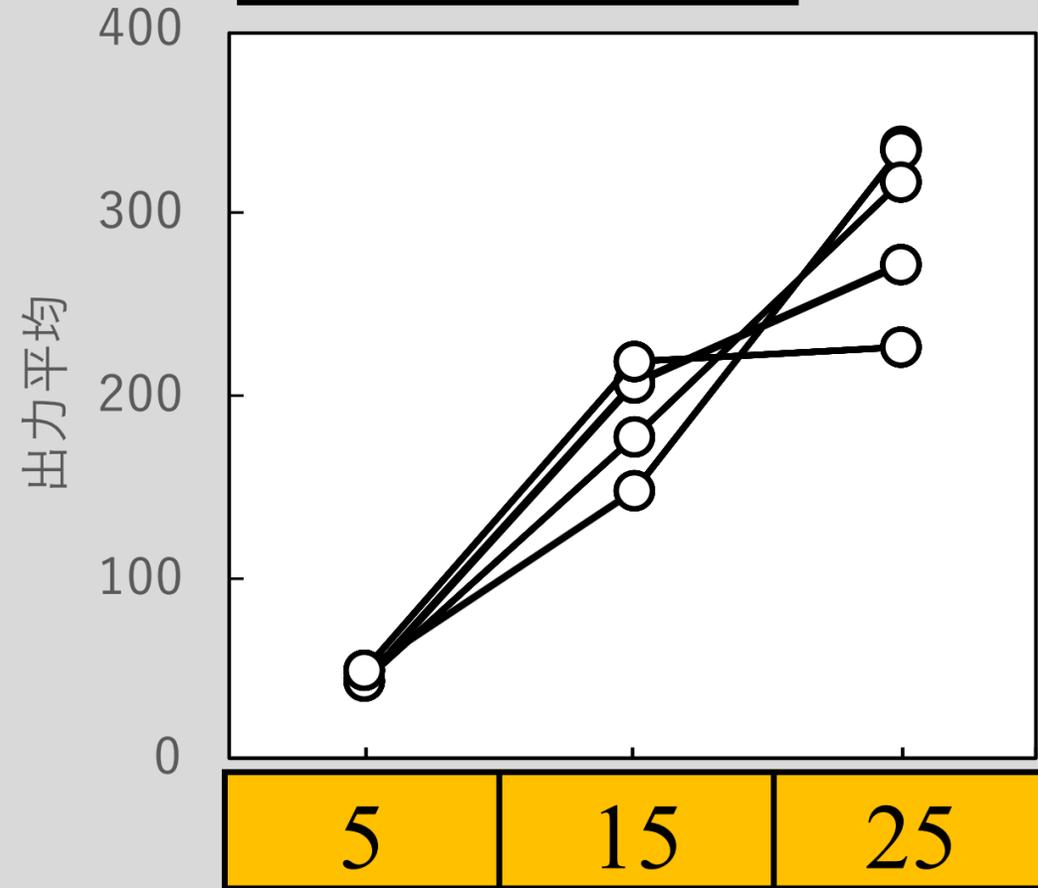
代表例3



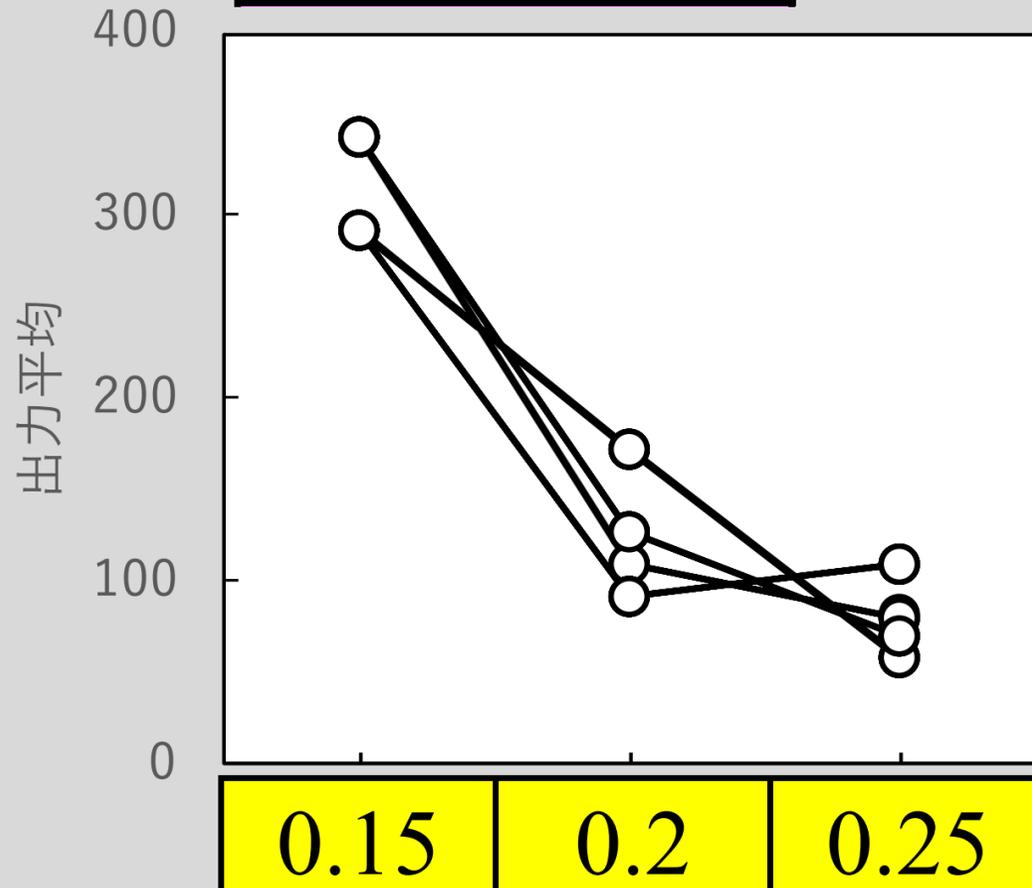
打出力



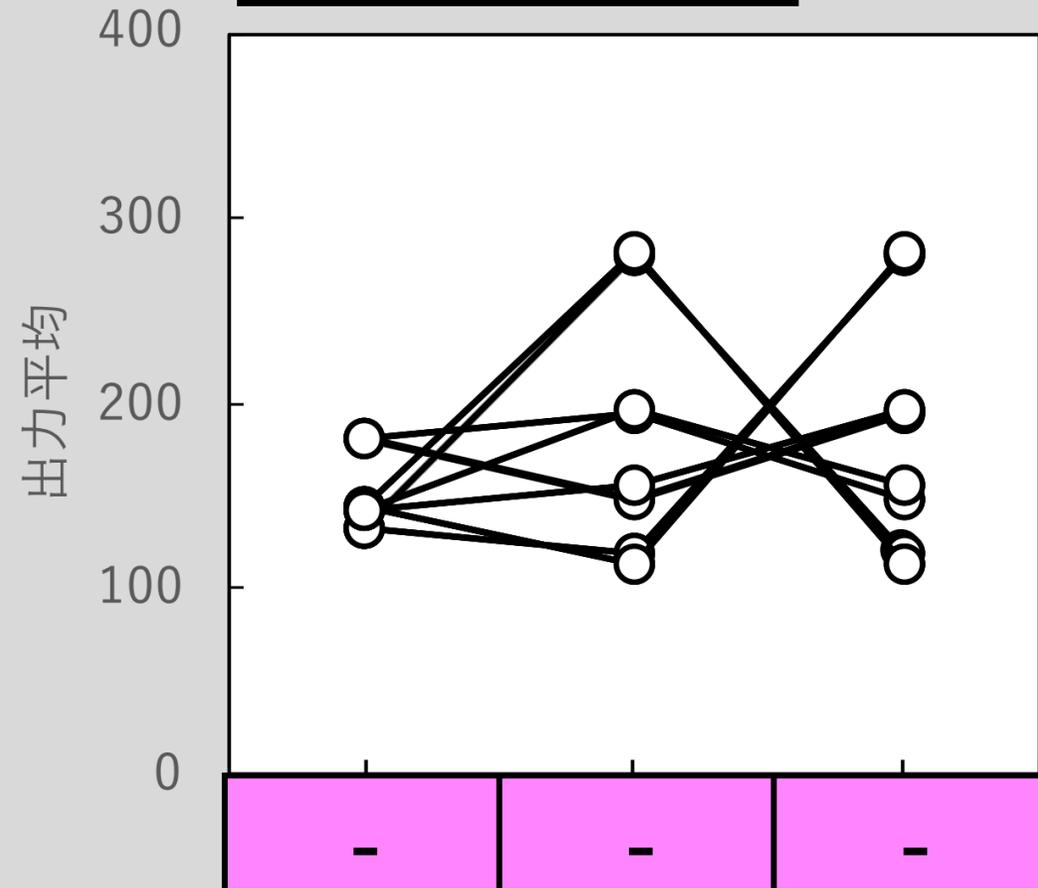
仰角



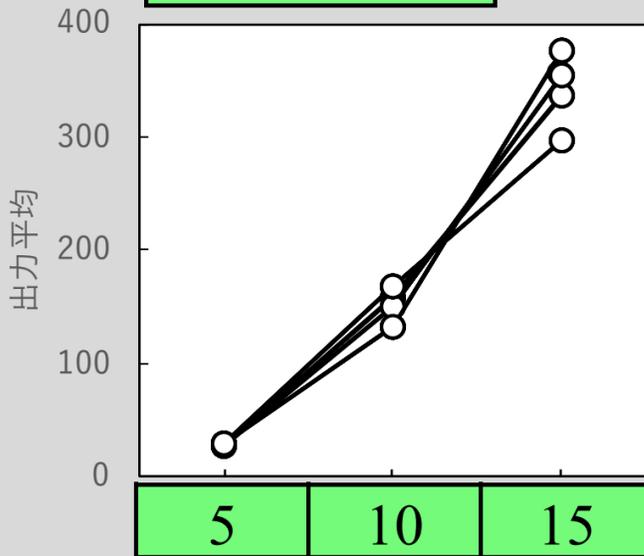
砲弾質量



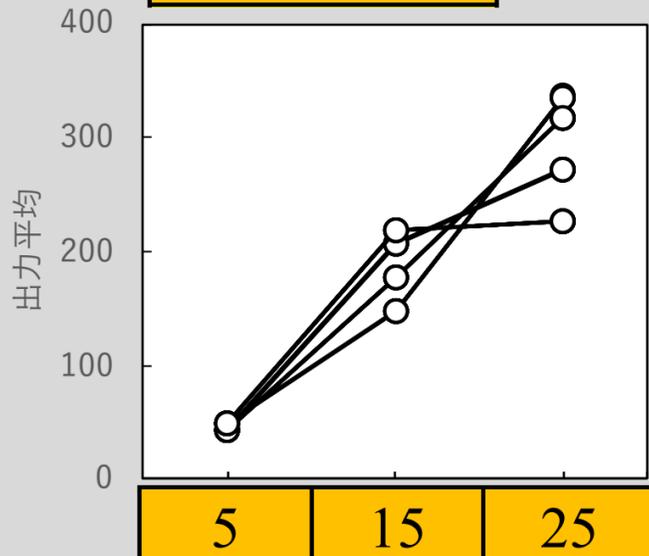
【無】



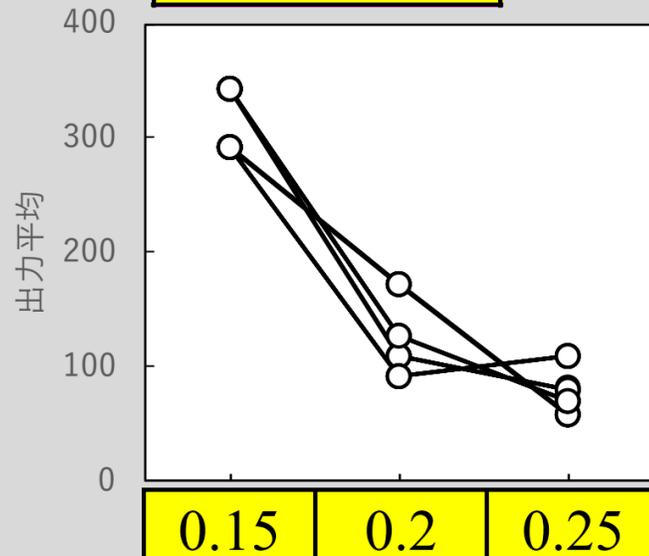
打出力



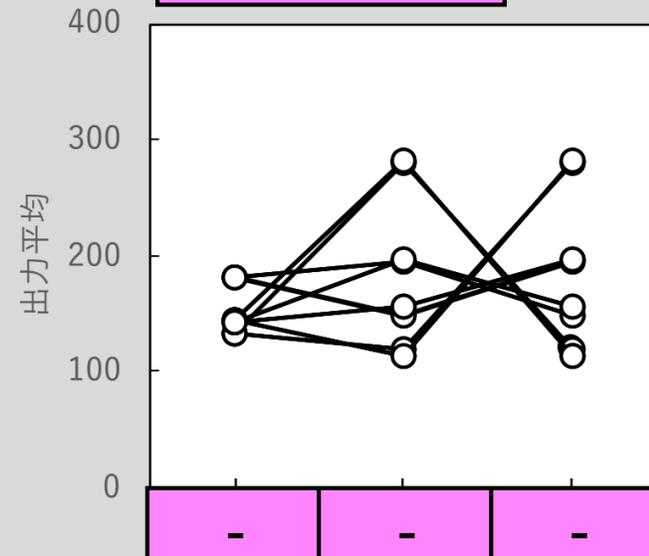
仰角



砲弾質量



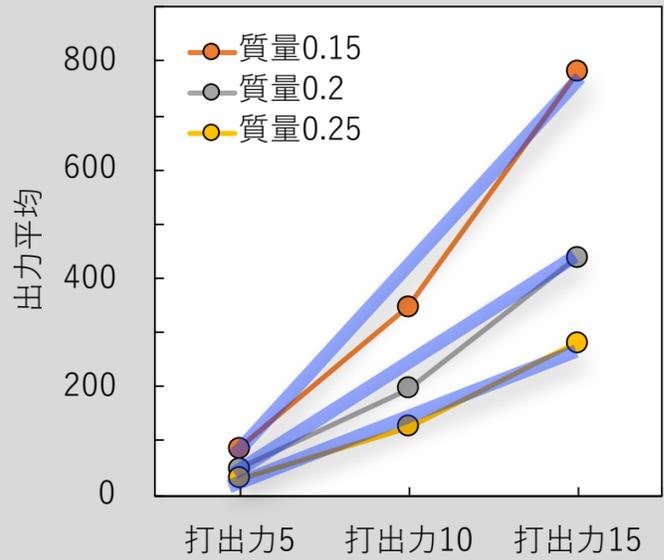
【無】



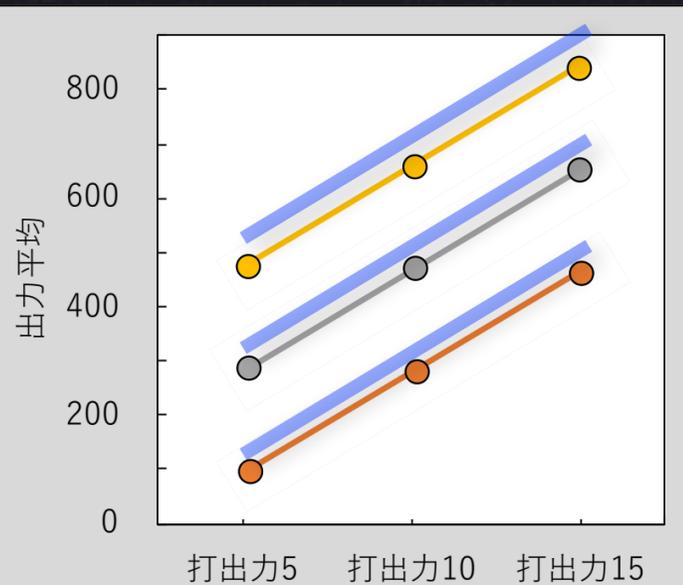
打出力

質量

交互作用



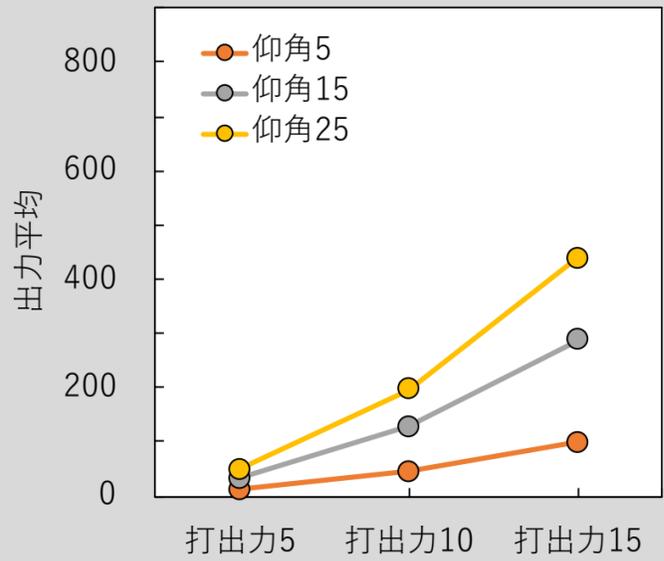
交互作用が無い場合



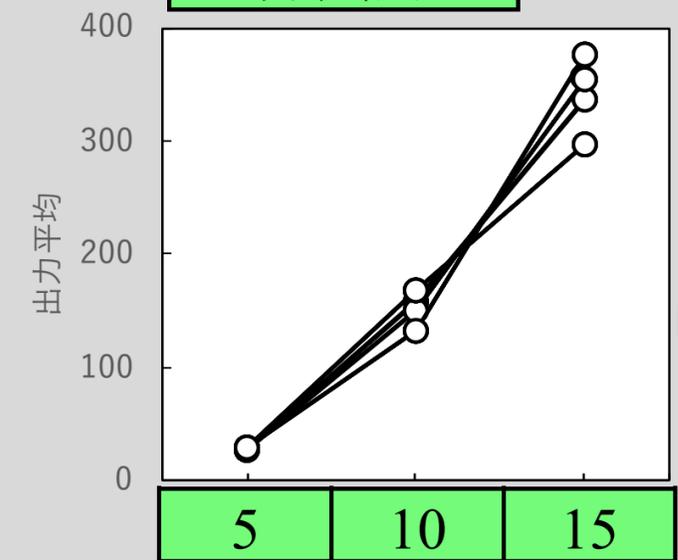
打出力

仰角

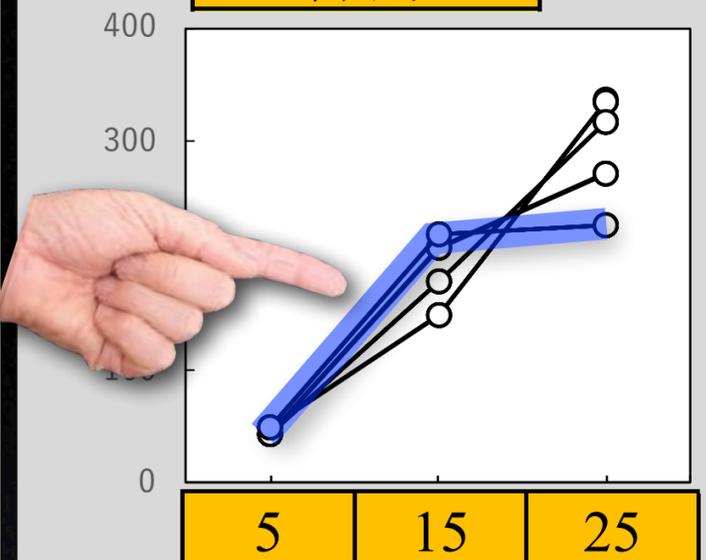
交互作用



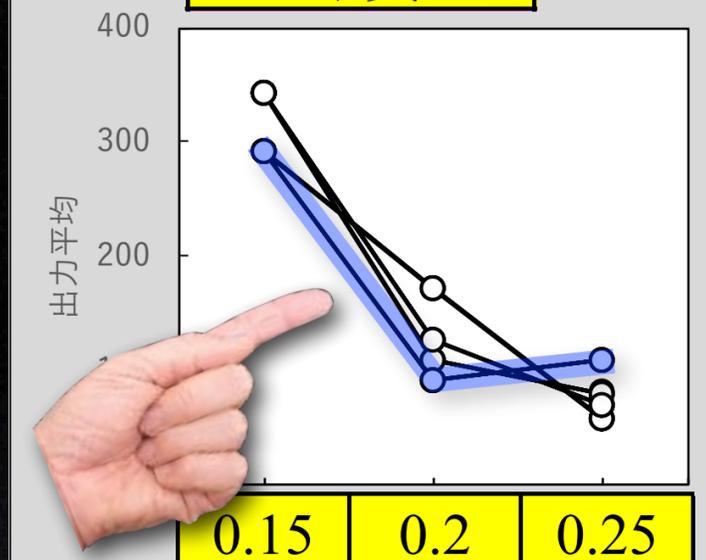
打出力



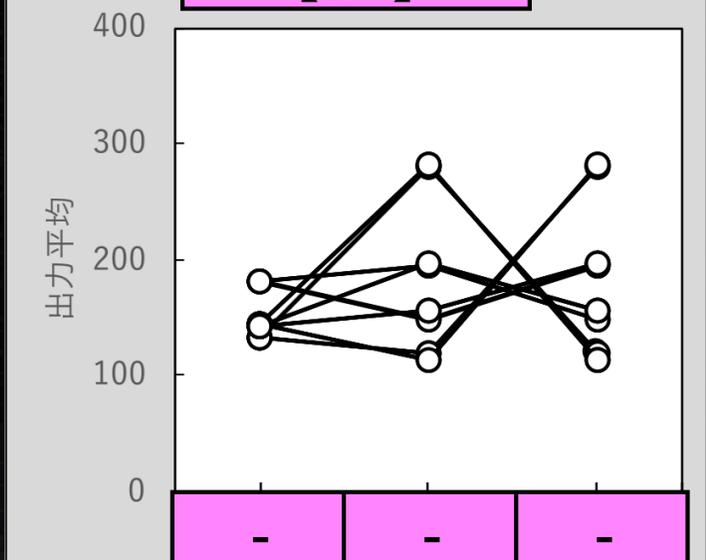
仰角



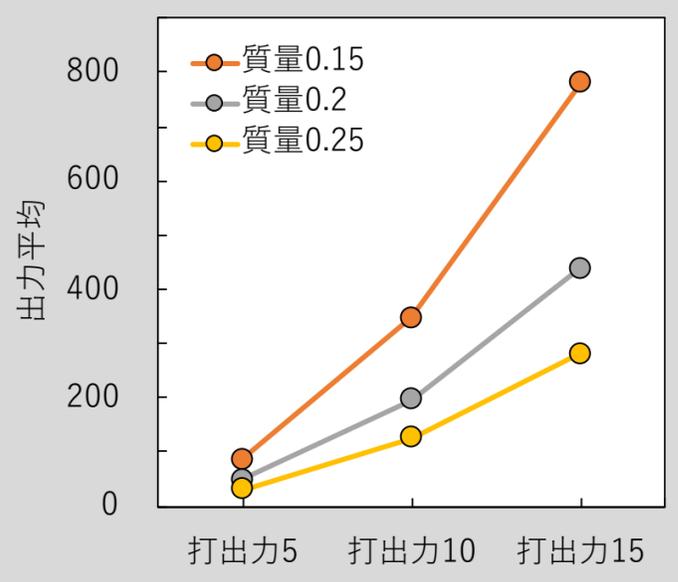
砲彈質量



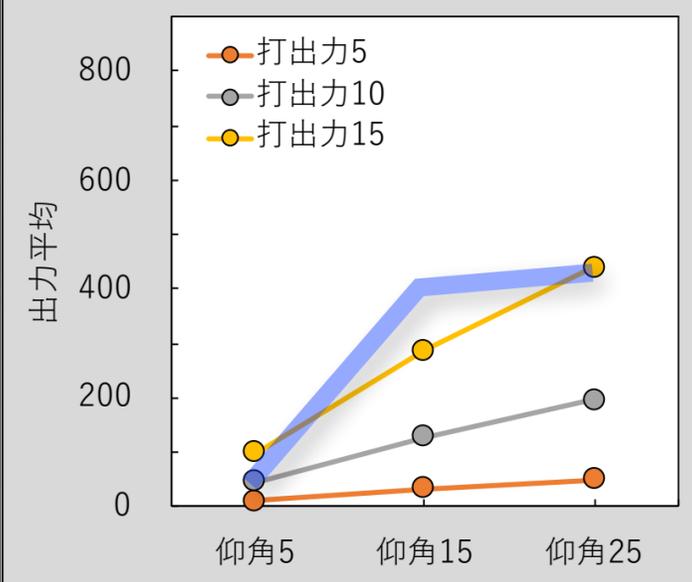
【無】



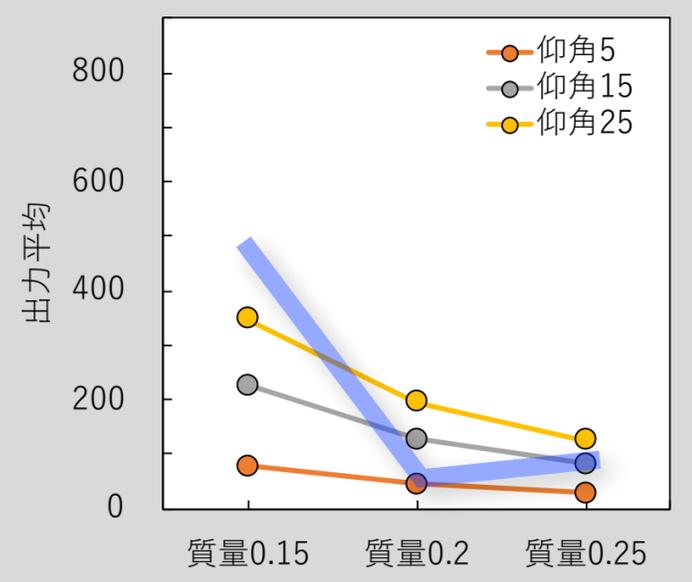
打出力 質量 交互作用



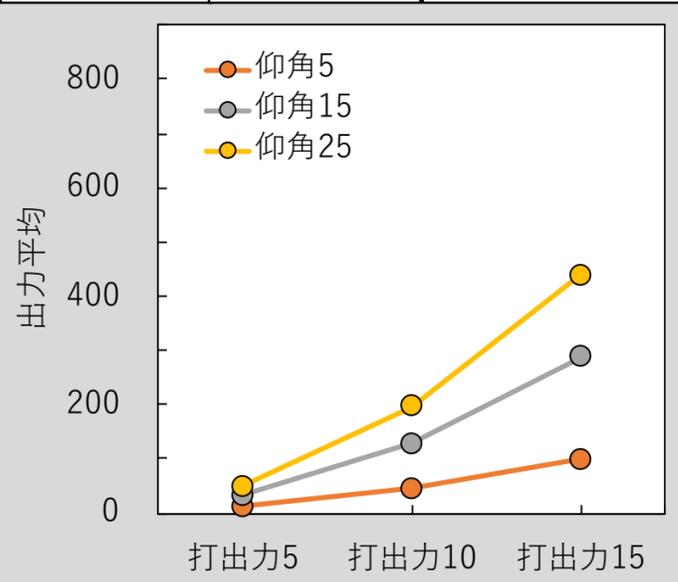
仰角 打出力 交互作用



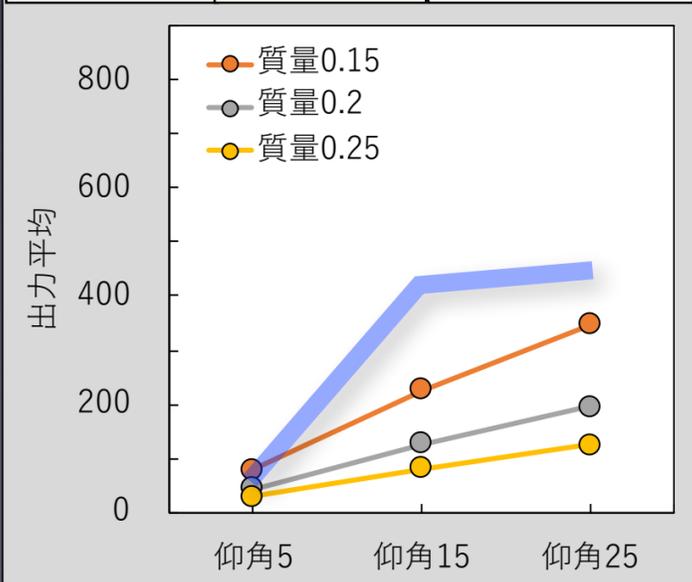
質量 仰角 交互作用



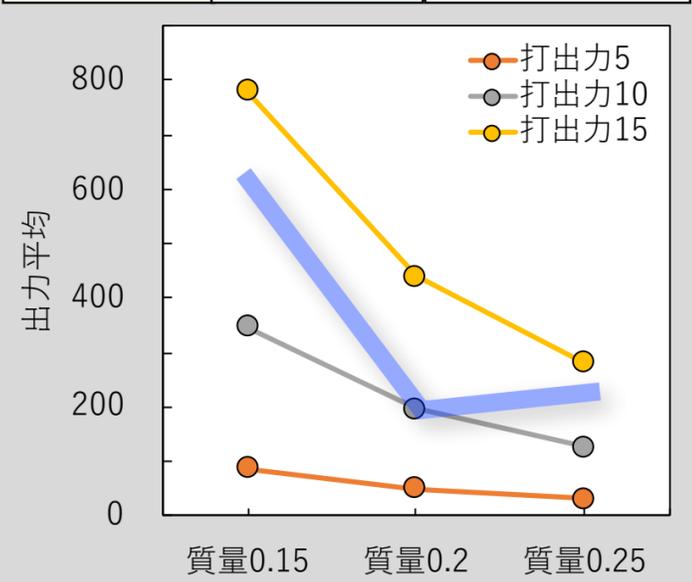
打出力 仰角 交互作用



仰角 質量 交互作用



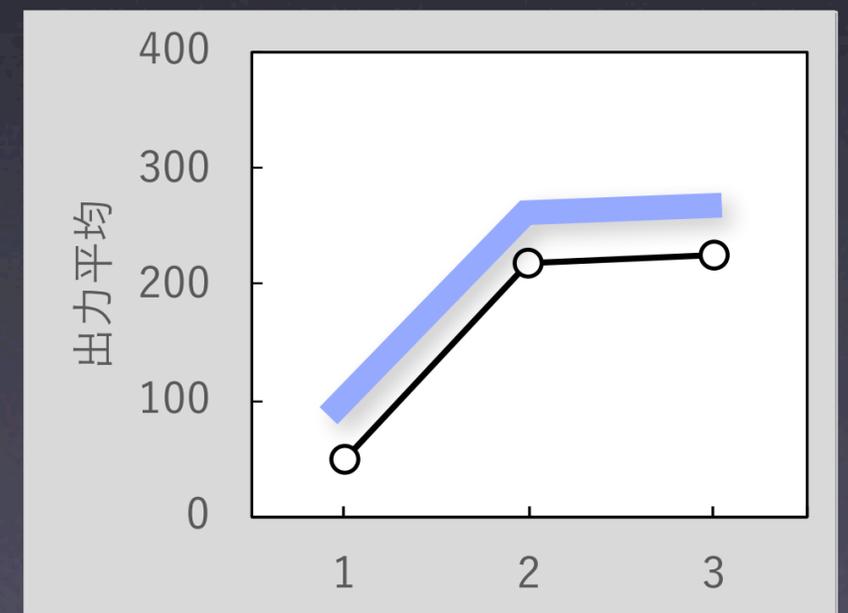
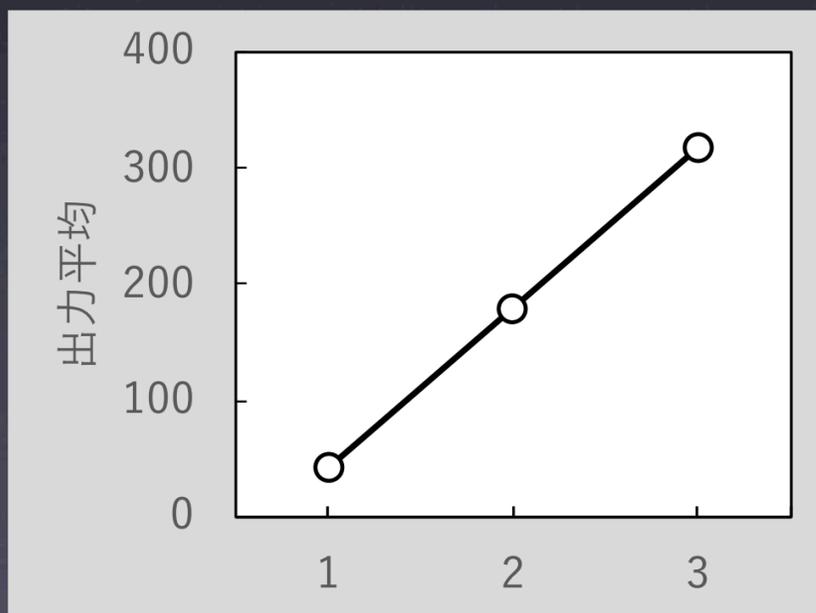
質量 打出力 交互作用



要因効果の非線形成分

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81

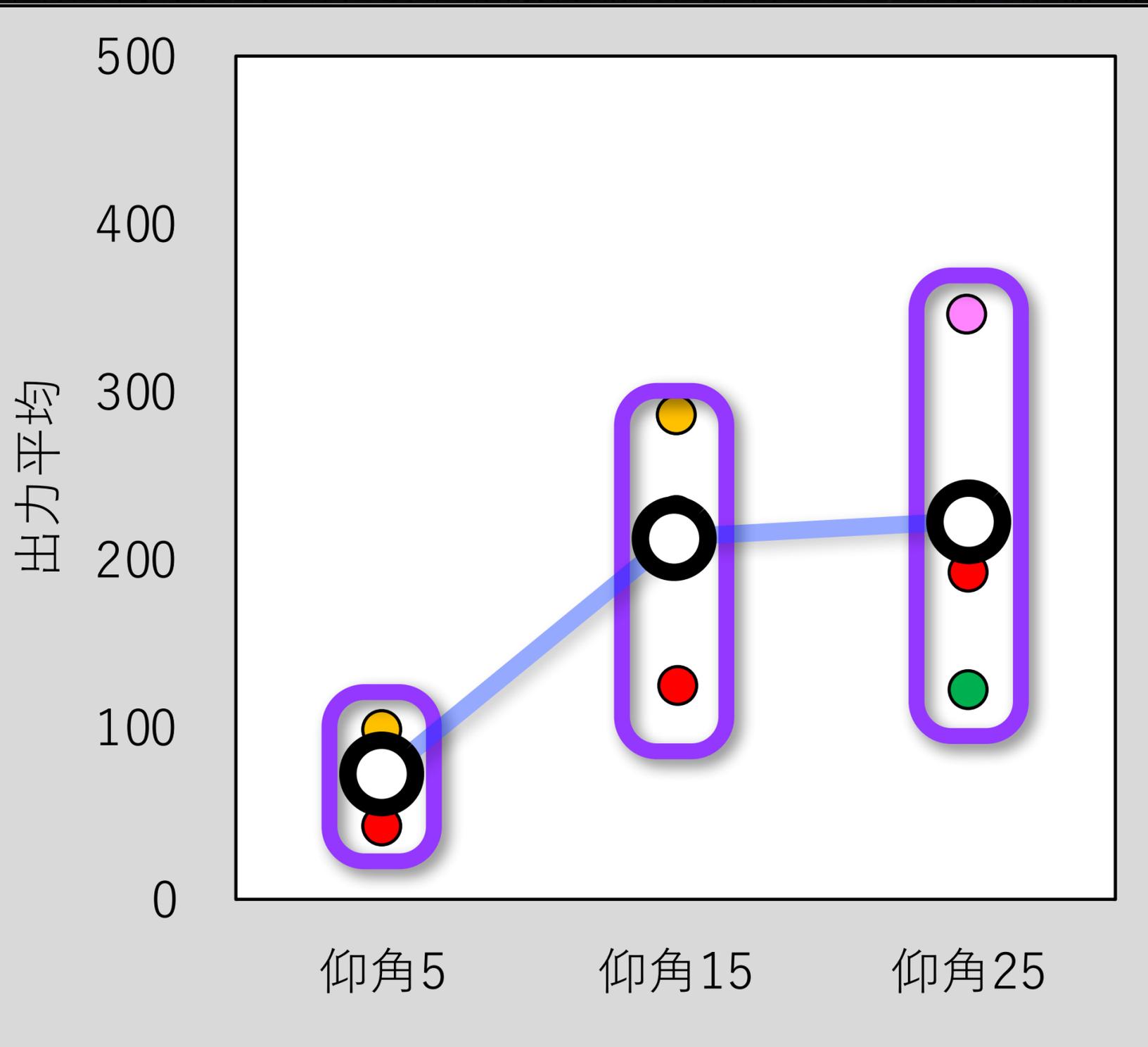
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81



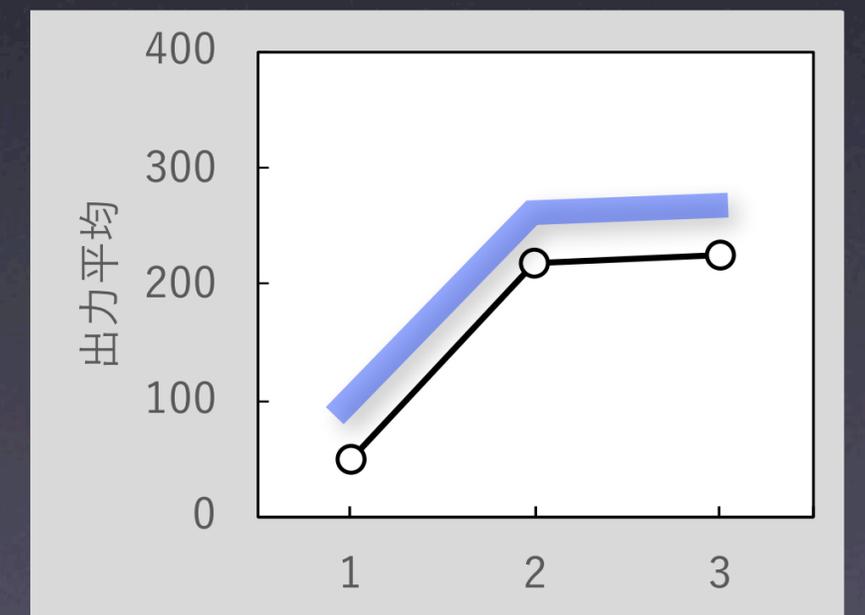
ある組合せだと
非線形成分が現れる？

ある組合せとは？

要因効果図の各水準の結果は
3つの平均値

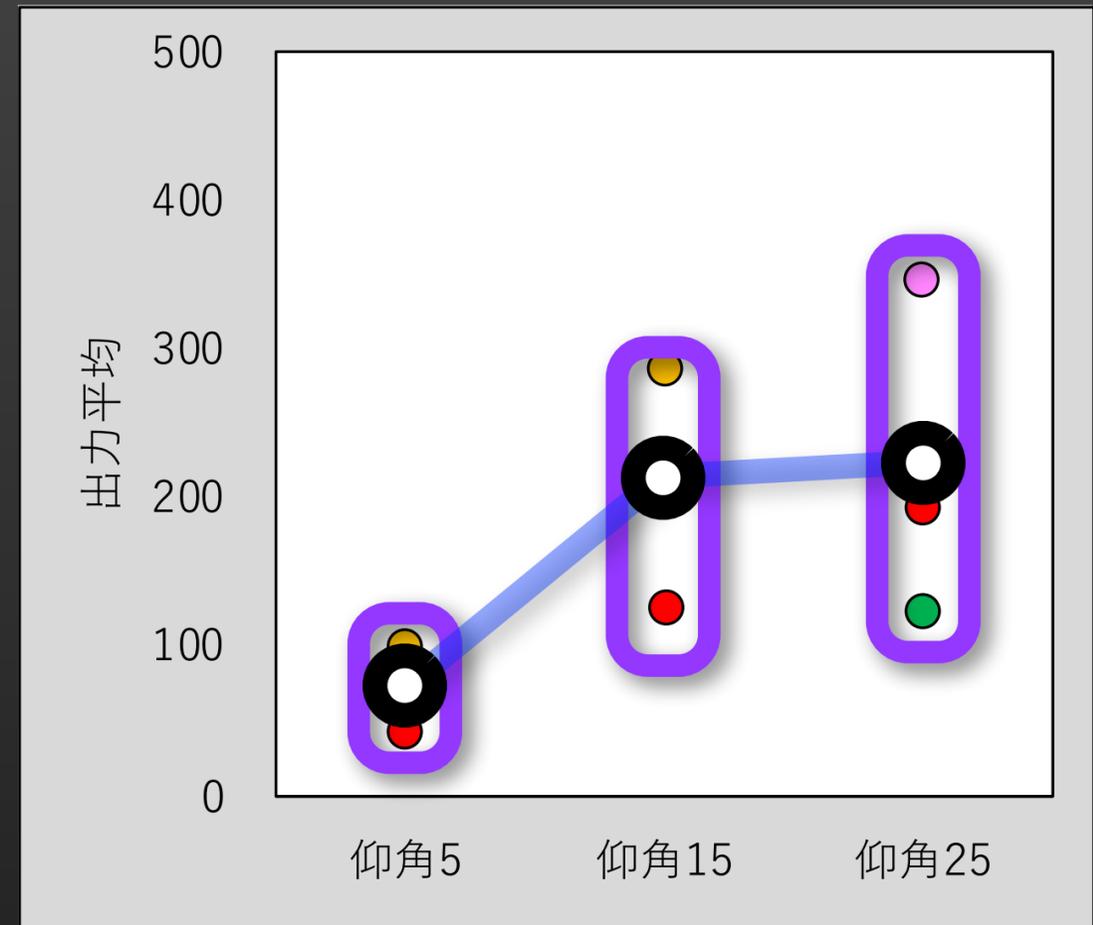
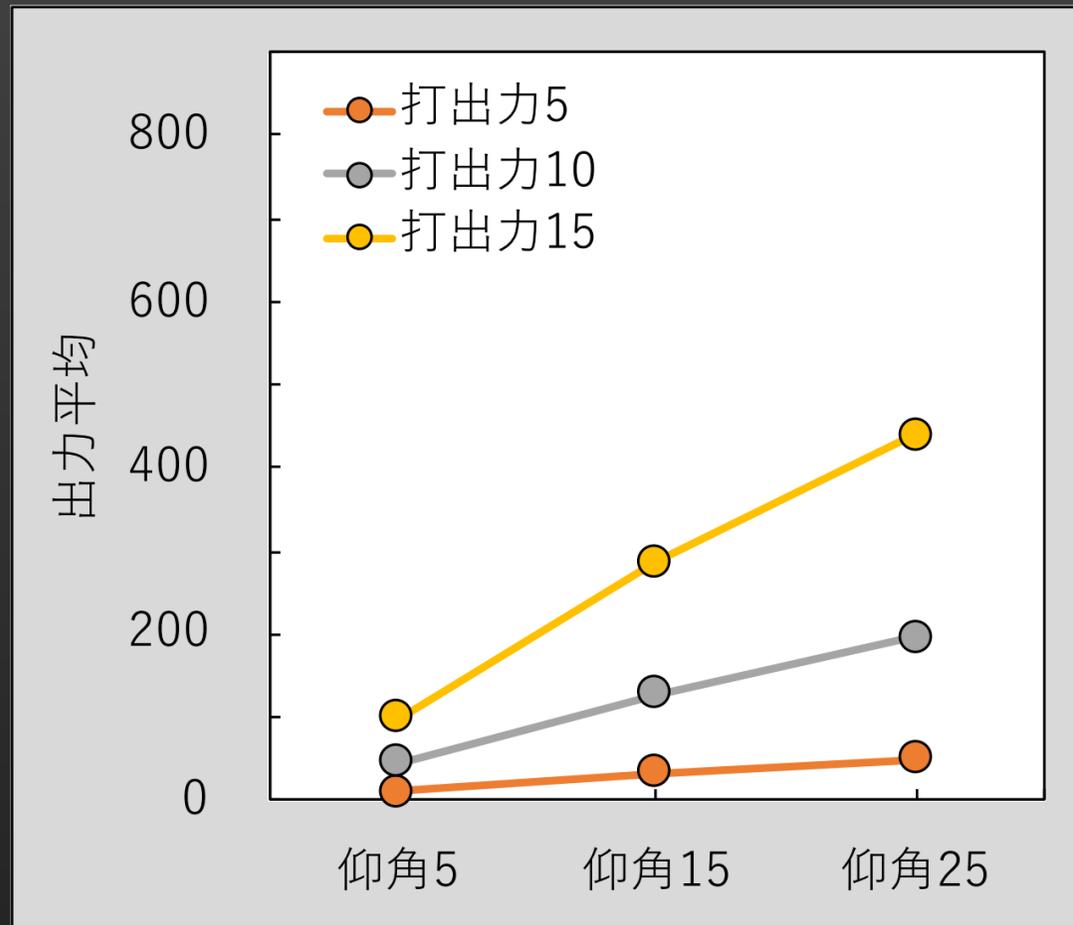


1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81



ある組合せだと
非線形成分が現れる？

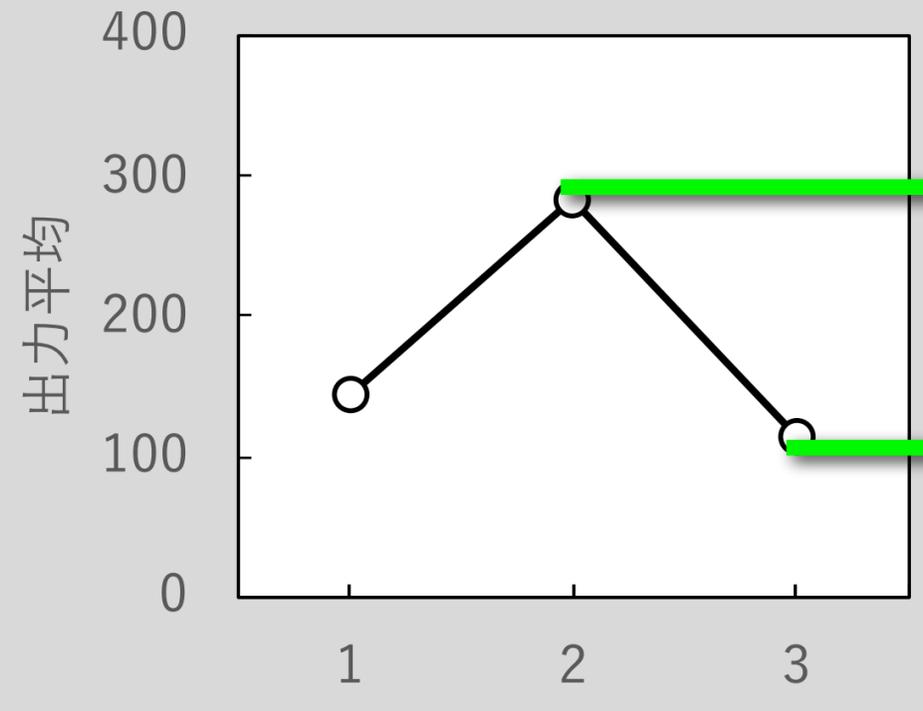
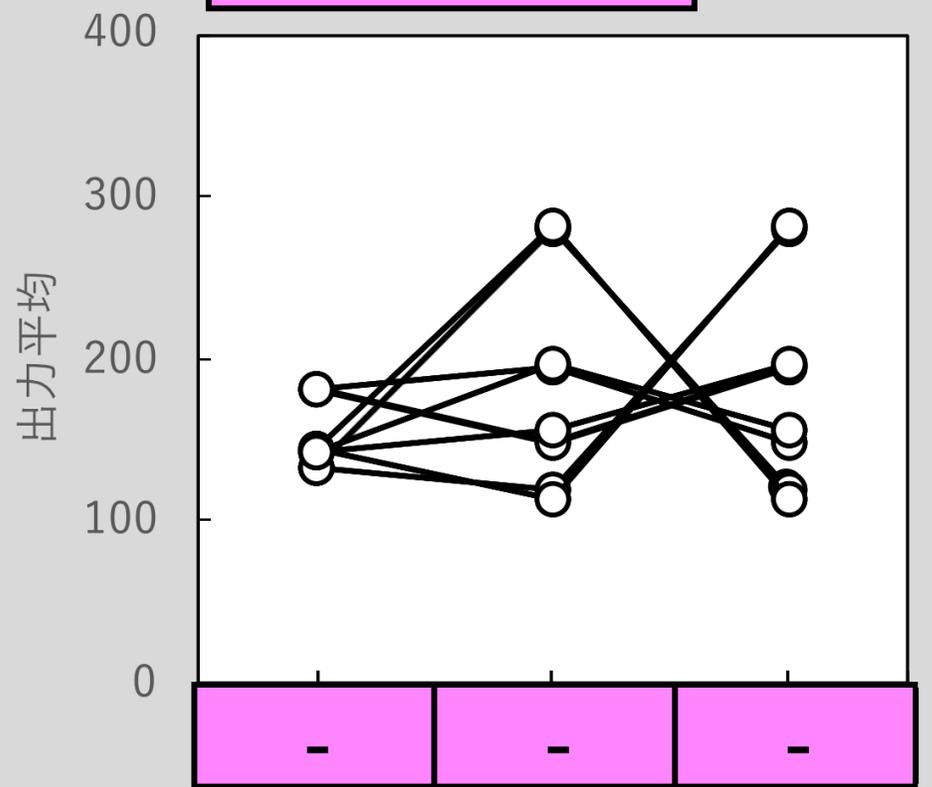
今回の検討で分かったこと (その1)



非線形成分が無くても
要因効果図には非線形成分が現れる場合がある

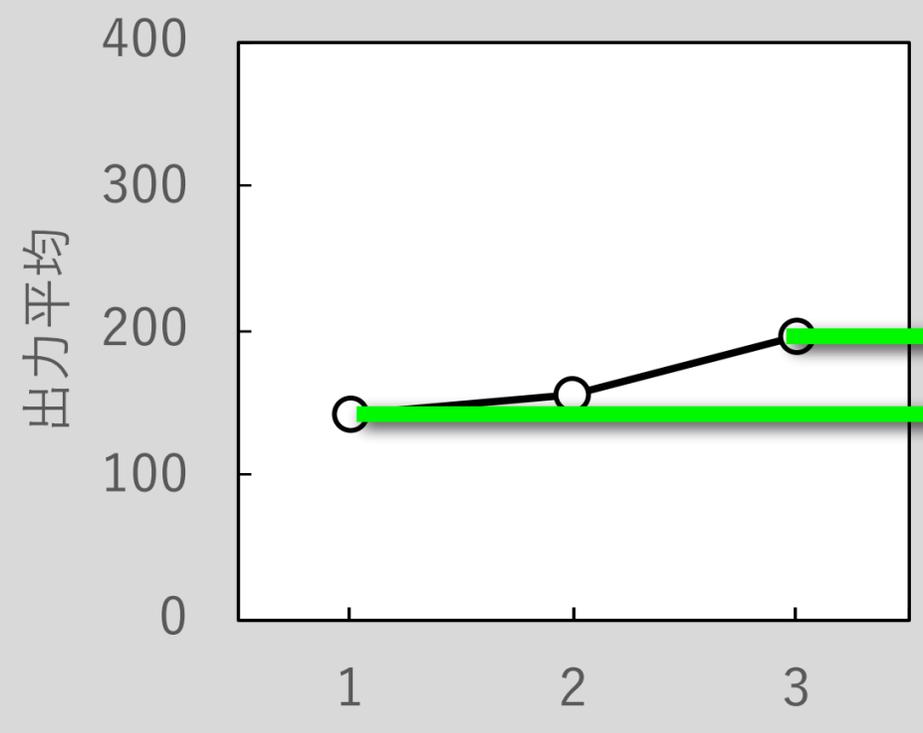
ワタシのこれまでの解釈

【無】



この差の分だけ
他の要因効果の
傾向が怪しい

交互作用：大

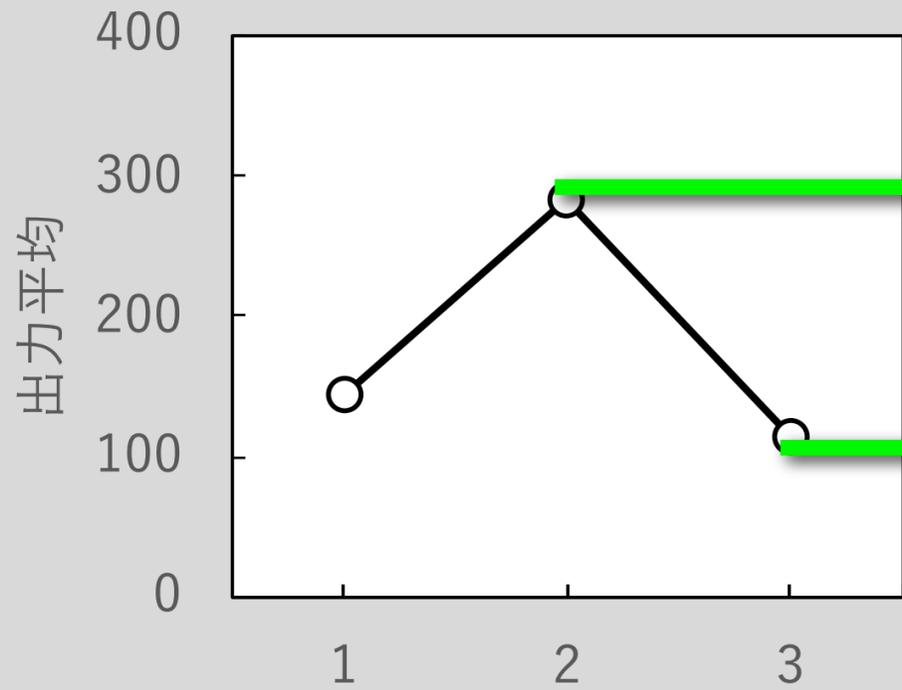
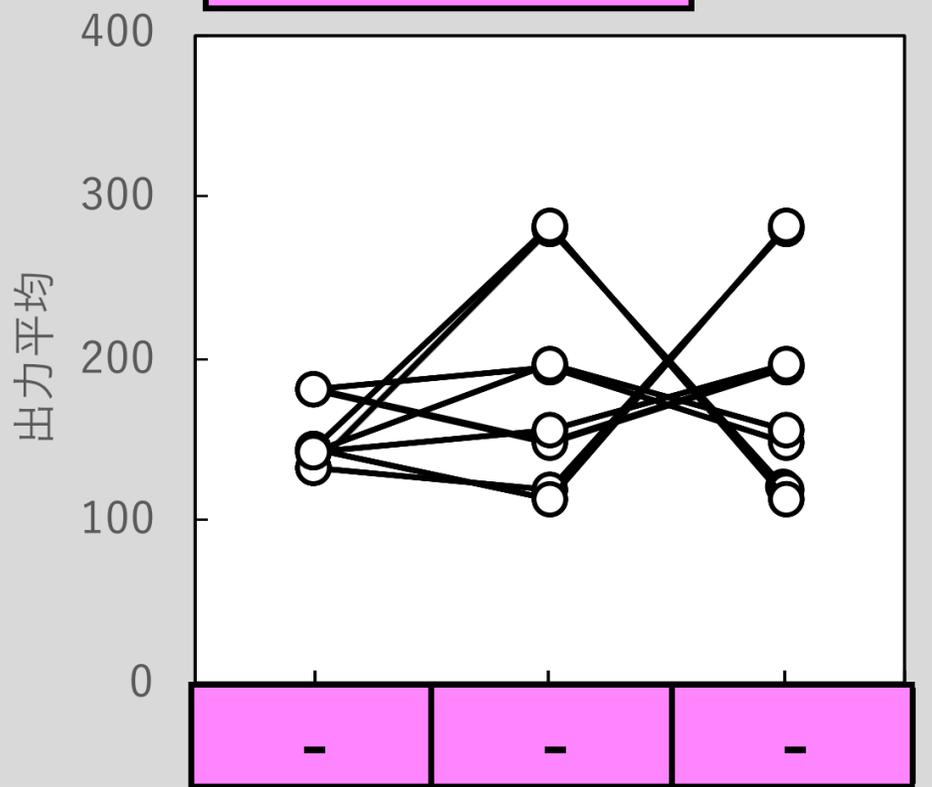


この差が小さい
場合は、他の要
因効果の傾向は
信頼できる

交互作用：小

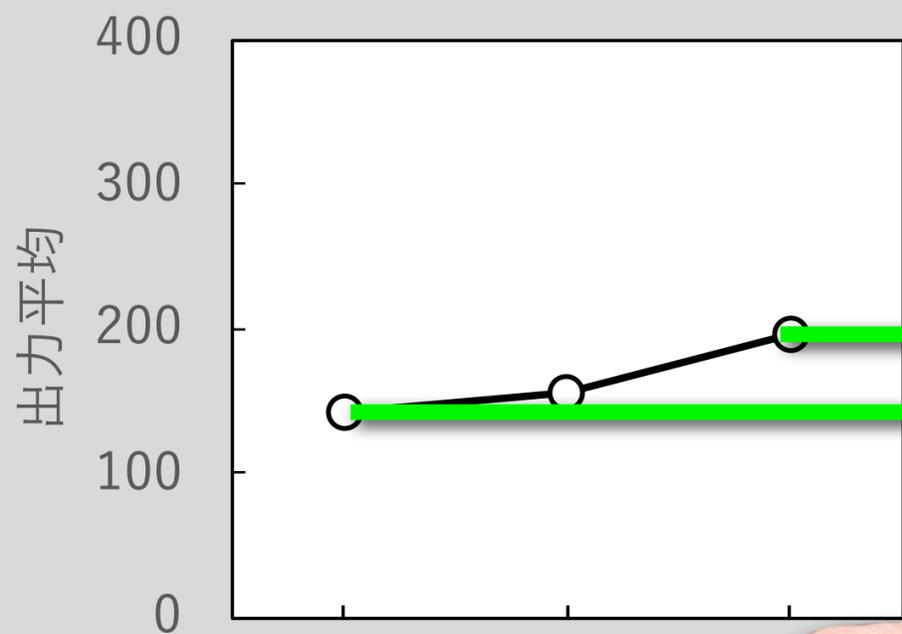
今回の検討で分かったこと (その2)

【無】



この差の分だけ
他の要因効果の
傾向が怪しい

交互作用：大



この差が小さい
場合は、他の要
因効果の傾向は
信頼できる

交互作用：小

安易に信じてはいけない



おわり

皆さんの話の種になれば
嬉しいです



いかがでしたか？



この動画が

品質工学の議論のきっかけになってくれれば

私は嬉しいです。



有限会社
増田技術事務所
(公式チャンネル)

もっといい 品質工学



有限会社増田技術事務所 (公式チャンネル)



終わり

