

実験計画 (Design of experiments)

Minitabに搭載の機能

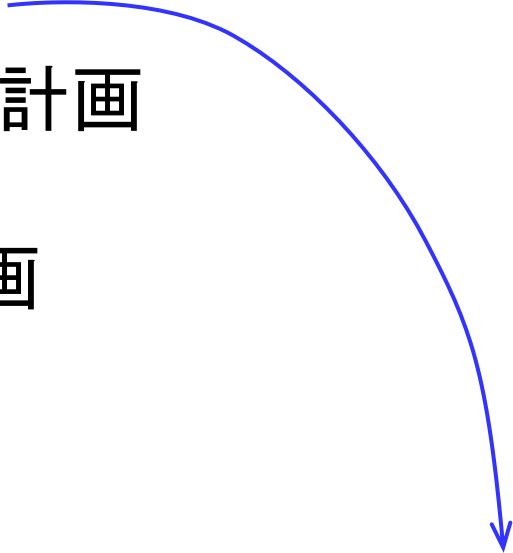
スクリーニング計画

要因計画

応答曲面計画

混合計画

タグチ計画



注文品の配送準備に要する時間を短縮できる可能性のある2つの因子(注文処理システムと梱包工程)について実験計画法により実験して効果を確認する

②7セッションウィンドウ出力結果

因子回帰: 時間対注文処理システムA, 梱包

分散分析

要因	自由度	調整平方和	調整平均平方	F値	p値
モデル	3	53.894	17.9646	40.25	0.000
線形	2	44.915	22.4576	50.32	0.000
注文処理システムA	1	28.768	28.7680	64.46	0.000
梱包	1	16.147	16.1472	36.18	0.000
2元交互作用	1	8.979	8.9787	20.12	0.002
注文処理システムA*梱包	1	8.979	8.9787	20.12	0.002
誤差	8	3.571	0.4463		
合計	11	57.464			

モデル要約

S	R二乗	自由度調整済みR二乗	R二乗(予測)
0.668069	93.79%	91.46%	86.02%

コード化係数

項	効果	係数	係数の標準誤差	t値	p値	VIF
定数		12.573	0.193	65.20	0.000	
注文処理システムA	3.097	1.548	0.193	8.03	0.000	1.00
梱包	-2.320	-1.160	0.193	-6.01	0.000	1.00
注文処理システムA*梱包	1.730	0.865	0.193	4.49	0.002	1.00

非コード化単位の回帰式

時間 = 12.573 + 1.548 注文処理システムA - 1.160 梱包 + 0.865 注文処理システムA*梱包

多重回帰式

交絡構造

因子	名前
A	注文処理システムA
B	梱包

別名

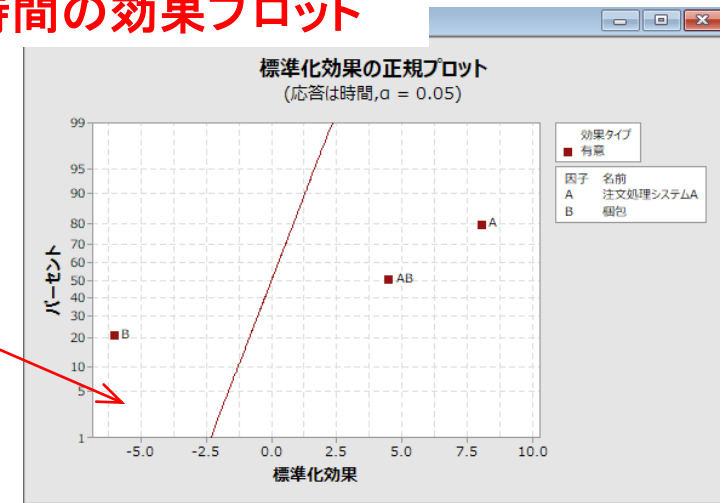
I
A
B
AB

有意($\alpha 0.05$ より小さいので)

- ・ 注文処理システム(注文処理システム)と梱包工程(梱包)の主効果
- ・ 注文処理システムと梱包工程(注文処理システム*梱包)の交互作用効果

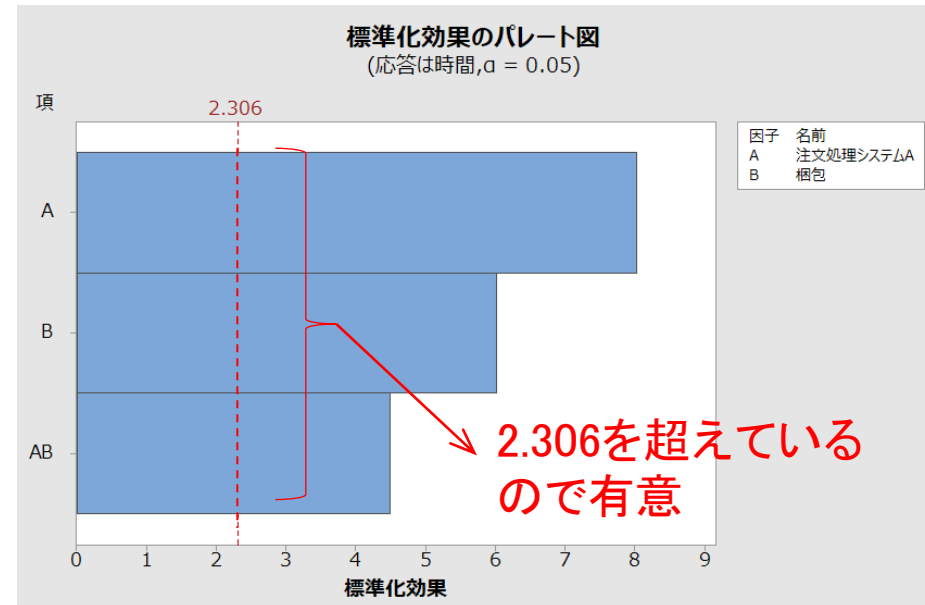
②8ウィンドウ→時間の効果プロット

■は有意



効果が0であるという帰無仮説を検定するt統計量

②9ウィンドウ→時間の効果パレート図



Minitab 実行結果

因子回帰: 時間対注文処理システムA, 梱包

分散分析

要因	自由度	調整平方和	調整平均平方	F値	p値
モデル	3	53.894	17.9646	40.25	0.000
線形	2	44.915	22.4576	50.32	0.000
注文処理システムA	1	28.768	28.7680	64.46	0.000
梱包	1	16.147	16.1472	36.18	0.000
2元交互作用	1	8.979	8.9787	20.12	0.002
注文処理システムA*梱包	1	8.979	8.9787	20.12	0.002
誤差	8	3.571	0.4463		
合計	11	57.464			

モデル要約

S	R二乗	自由度調整済みR二乗	R二乗 (予測)
0.668069	93.79%	91.46%	86.02%

Excel 実行結果

分散分析: 繰り返しのある二元配置

	A	B	合計
上限側			
n	3	3	6
	43.25	41.48	84.73
	14.41667	13.82667	14.12167
	0.209633	0.003233	0.189577
下限側			
n	3	3	6
	39.15	27	66.15
	13.05	9	11.025
	0.7657	0.8067	5.54971
合計			
n	6	6	
	82.4	68.48	
	13.73333	11.41333	
分散	0.950467	7.312987	

	梱包	
注文処理システム	A	B
新規	14.72	13.81
新規	14.64	13.78
新規	13.89	13.89
現行	12.52	9.62
現行	12.57	7.97
現行	14.06	9.41

分散分析表

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F 境界値
注文処理システム	28.768	1	28.7680	64.46	4.26E-05	5.318
梱包	16.147	1	16.1472	36.18	0.000318	5.318
交互作用	8.979	1	8.9787	20.12	0.002042	5.318
繰り返し誤差	3.571	8	0.4463			
合計	57.464	11				

Minitab 実行結果

因子回帰: 時間対注文処理システムA, 梱包

分散分析

要因	自由度	調整平方和	調整平方均	F値	p値
モデル	3	53.894	17.9646	40.25	0.000
線形	2	44.915	22.4576	50.32	0.000
注文処理システムA	1	28.768	28.7680	64.46	0.000
梱包	1	16.147	16.1472	36.18	0.000
2元交互作用	1	8.979	8.9787	20.12	0.002
注文処理システムA*梱包	1	8.979	8.9787	20.12	0.002
誤差	8	3.571	0.4463		
合計	11	57.464			

モデル要約

S	R二乗	自由度調整済みR二乗	R二乗(予測)
0.668069	93.79%	91.46%	86.02%

コード化係数

項	効果	係数	係数の標準誤差	t値	p値	VIF
定数		12.573	0.193	65.20	0.000	
注文処理システムA	3.097	1.548	0.193	8.03	0.000	1.00
梱包	-2.320	-1.160	0.193	-6.01	0.000	1.00
注文処理システムA*梱包	1.730	0.865	0.193	4.49	0.002	1.00

非コード化単位の回帰式

時間 = 12.573 + 1.548 注文処理システムA - 1.160 梱包 + 0.865 注文処理システムA*梱包

Excel 実行結果

概要

回帰統計	
重相関 R	0.968434
重決定 R2	0.937865
補正 R2	0.914565
標準誤差	0.668069
観測数	12

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	3	53.89393	17.96464	40.25089311	3.58E-05
残差	8	3.570533	0.446317		
合計	11	57.46447			

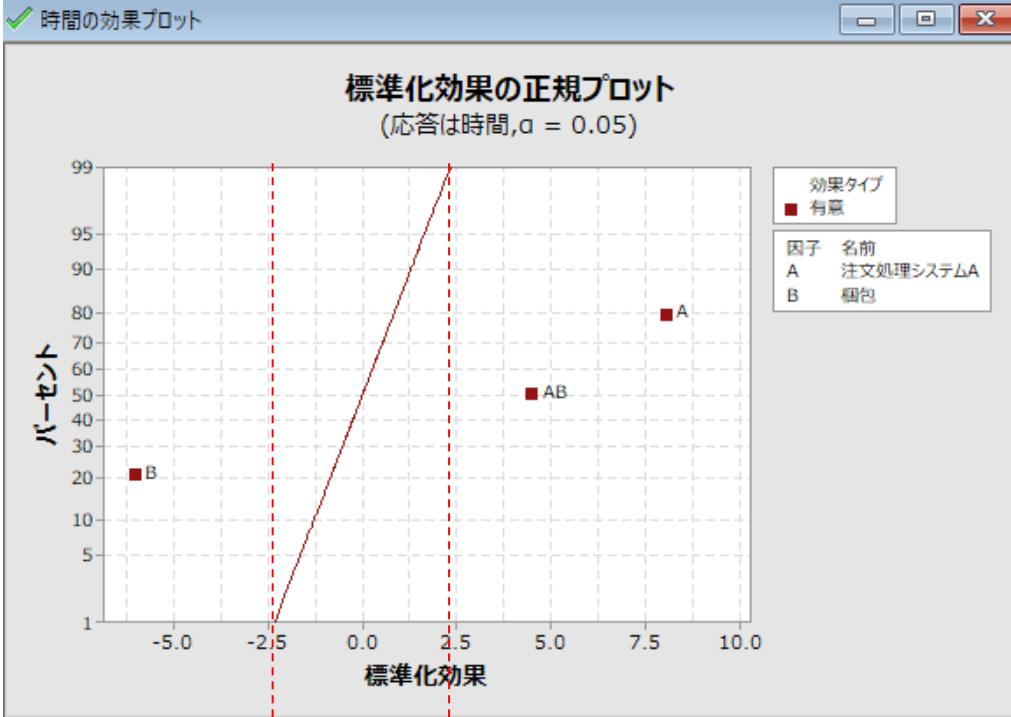
	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
切片	12.573	0.193	65.20	3.40818E-12	12.12861	13.01806	12.128609	13.0180578
システム上	1.548	0.193	8.03	4.25648E-05	1.103609	1.993058	1.1036089	1.99305779
梱包A	-1.160	0.193	-6.01	0.000318079	-1.60472	-0.71528	-1.604724	-0.7152755
交互作用	0.865	0.193	4.49	0.00204159	0.420276	1.309724	0.4202755	1.30972445

注文処理システム	梱包	
	A	B
新規	14.72	13.81
新規	14.64	13.78
新規	13.89	13.89
現行	12.52	9.62
現行	12.57	7.97
現行	14.06	9.41

時間	新規システム	梱包A	交互作用
14.72	1	-1	-1
14.64	1	-1	-1
13.89	1	-1	-1
12.52	-1	-1	1
12.57	-1	-1	1
14.06	-1	-1	1
13.81	1	1	1
13.78	1	1	1
13.89	1	1	1
9.62	-1	1	-1
7.97	-1	1	-1
9.41	-1	1	-1

新規: 1
現行: -1
梱包A: -1
梱包B: 1

交互作用
 $1 \times 1 = 1$
 $-1 \times (-1) = 1$
 $1 \times (-1) = -1$
 $-1 \times 1 = -1$



ME

この領域が正規分布内
この領域外は有意ありとなる

分散分析表						
変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F 境界値
注文処理システム	28.768	1	28.7680	64.457	4.26E-05	5.318
梱包	16.147	1	16.1472	36.179	0.000318	5.318
交互作用	8.979	1	8.9787	20.117	0.002042	5.318
繰り返し誤差	3.571	8	0.4463			
合計	57.464	11				

パレート図

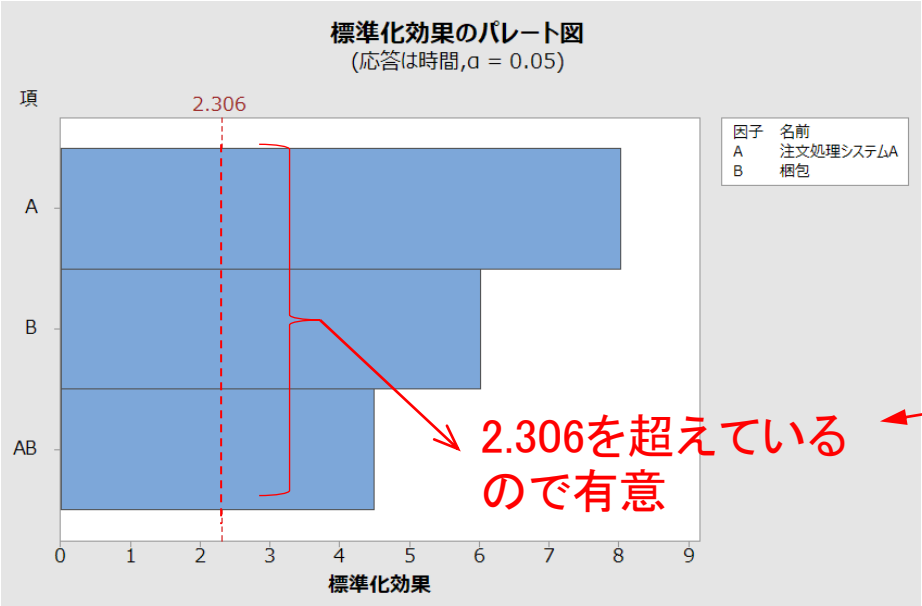
Minitabで効果のパレート図を作成する際に使用される方法は、誤差項の自由度によって異なります。

誤差項に1つ以上の自由度がある場合、パレート図の赤い線がtに描画されます。tは、自由度が誤差項の自由度に等しいt分布の(1 - α / 2)分位数です。このグラフはMinitabでは標準化効果のパレート図と呼ばれます。

誤差項が自由度を持たない場合、Minitabでは重要な効果がレンスの擬似標準誤差(PSE)によって特定されます。パレート図の赤い線は次の計算で得られる誤差幅に描画されます。

$$ME = t * PSE$$

ここで、tは自由度が(効果の数/3)に等しいt分布の(1 - α / 2)分位数です。このグラフはMinitabでは効果のパレート図と呼ばれます。



2.306を超えている
ので有意

片側検定 α	
自由度	0.05
1	12.70620474
2	4.30265273
3	3.182446305
4	2.776445105
5	2.570581836
6	2.446911851
7	2.364624252
8	2.306004135
9	2.262157163
10	2.228138852
11	2.20098516
12	2.17881283

訂正

非コード化単位の回帰式

時間 = 12.573 + 1.548 注文処理システムA - 1.160 梱包 + 0.865 注文処理システムA*梱包

効果計算時に
切片は無視

時間 = 1.548 × 注文処理システム新規 - 1.160 × 梱包A + 0.865 × 注文処理システム新規・梱包A相互作用

効果の絶対値並び替え

時間	システム上	梱包A	交互作用	効果
14.72	1	-1	-1	1.84
14.64	1	-1	-1	1.84
13.89	1	-1	-1	1.84
12.52	-1	-1	1	0.48
12.57	-1	-1	1	0.48
14.06	-1	-1	1	0.48
13.81	1	1	1	1.25
13.78	1	1	1	1.25
13.89	1	1	1	1.25
9.62	-1	1	-1	-3.57
7.97	-1	1	-1	-3.57
9.41	-1	1	-1	-3.57

0.477					
0.477					
0.477					
1.253					
1.253					
1.253		PSE	t	ME	
1.253	1.55	5.806	2.323 *	2.306	5.36
1.843					
1.843					
1.843					
3.573	中央値				
3.573					
3.573					

ME = t × PSE

中央値 × 1.5

中央値 × 1.5 × 2.5

* 実行結果ではPSE=2.306なので
ME=5.32

レンスの疑似標準誤差(PSE)

レンスの疑似標準誤差(PSE)は、スプース効果の概念に基づき、最小効果の変動はランダム誤差によるものと仮定します。Minitabでは次の方法でPSEが計算されます。

- 1. 効果の絶対値を計算する
- 2. Sを1.5 * ステップ1における効果の中央値から計算する
- 3. 2.5 * Sより小さい効果の中央値を計算する
- 4. PSEを1.5 * ステップ3で計算した中央値から計算する

	片側検定 α
自由度	0.05
1	12.70620474
2	4.30265273
3	3.182446305
4	2.776445105
5	2.570581836
6	2.446911851
7	2.364624252
8	2.306004135
9	2.262157163
10	2.228138852
11	2.20098516
12	2.17881283

非コード化単位の回帰式

$$\text{時間} = 12.573 + 1.548 \text{ 注文処理システムA} - 1.160 \text{ 梱包} + 0.865 \text{ 注文処理システムA*梱包}$$

効果計算時に
切片は無視

$$\text{時間} = 1.548 \times \text{注文処理システム新規} - 1.160 \times \text{梱包A} + 0.865 \times \text{注文処理システム新規} \cdot \text{梱包A相互作用}$$

効果の絶対値並び替え

時間	システム上	梱包A	交互作用	効果
14.72	1	-1	-1	1.84
14.64	1	-1	-1	1.84
13.89	1	-1	-1	1.84
12.52	-1	-1	1	0.48
12.57	-1	-1	1	0.48
14.06	-1	-1	1	0.48
13.81	1	1	1	1.25
13.78	1	1	1	1.25
13.89	1	1	1	1.25
9.62	-1	1	-1	-3.57
7.97	-1	1	-1	-3.57
9.41	-1	1	-1	-3.57

0.477						
0.477						
0.477						
1.253						
1.253						
1.253						
1.253	1.55	5.806	PSE	t	ME	
1.843			2.323 *	2.179	5.06	
1.843						
1.843						
1.843						
3.573						
3.573						
3.573						

$$ME = t \times PSE$$

中央値

中央値 × 1.5
中央値 × 1.5 × 2.5

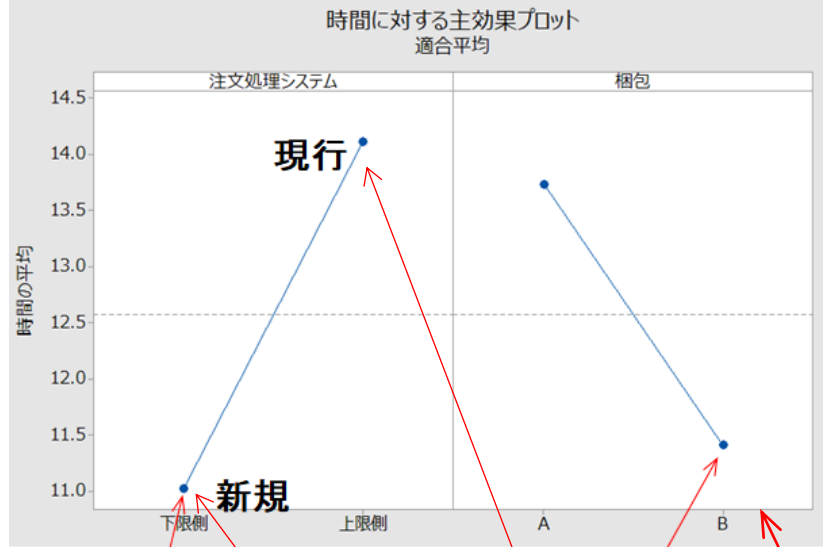
レンスの疑似標準誤差(PSE)

レンスの疑似標準誤差(PSE)は、スプース効果の概念に基づき、最小効果の変動はランダム誤差によるものと仮定します。Minitabでは次の方法でPSEが計算されます。

1. 効果の絶対値を計算する
2. Sを1.5 * ステップ1における効果の中央値から計算する
3. 2.5 * Sより小さい効果の中央値を計算する
4. PSEを1.5 * ステップ3で計算した中央値から計算する

* 実行結果ではPSE=2.306なので
ME=5.02

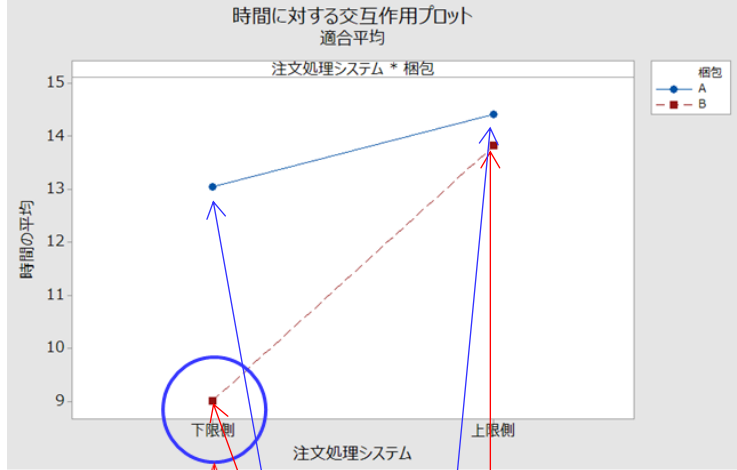
自由度	片側検定 α
	0.05
1	12.70620473
2	4.30265273
3	3.182446305
4	2.776445105
5	2.570581835
6	2.446911846
7	2.364624251
8	2.306004133
9	2.262157158
10	2.228138842
11	2.200985159
12	2.178812827
13	2.160368652



新規が現行より
時間が低減

梱包Bが時間低減

分散分析: 繰り返しのある二元配置			
概要	A	B	合計
上限側			
標本数	3	3	6
合計	43.25	41.48	84.73
平均	14.42	13.83	14.12
分散	0.2096	0.0032	0.1896
下限側			
標本数	3	3	6
合計	39.15	27	66.15
平均	13.05	9	11.025
分散	0.7657	0.8067	5.54971
合計			
標本数	6	6	
合計	82.4	68.48	
平均	13.73	11.41	
分散	0.950467	7.312987	



新規注文システムで梱包Bは9時間なので
一番効率的な方法であることがわかる

分散分析: 繰り返しのある二元配置			
概要	A	B	合計
上限側			
標本数	3	3	6
合計	43.25	41.48	84.73
平均	14.42	13.83	14.12
分散	0.2096	0.0032	0.1896
下限側			
標本数	3	3	6
合計	39.15	27	66.15
平均	13.05	9	11.025
分散	0.7657	0.8067	5.54971
合計			
標本数	6	6	
合計	82.4	68.48	
平均	13.73	11.41	
分散	0.950467	7.312987	