53

近直交表L_{12}の数理解析から事例作成に至る研究会の活動史

静岡品質工学研究会

発表者　貞松 伊鶴

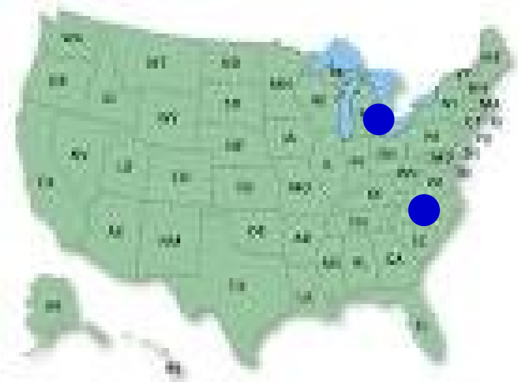
www02.jet.ne.jp/~i-sada/index.htm

静岡品質工学研究会の紹介

歴史：2005年に地元企業を中心に会員約60名、田口名誉顧問を迎えて発足

現在は会員15名と全国のサテライト会員を持つ全国区の研究会です。

毎月、第三金曜日に定例会合を開催



●会員　●サテライト会員　○レジェンド

静岡品質工学研究会の紹介

取り組み領域

①田口遺産の事例と公式整理

たとえば田口はSN比の公式を51種類提案しています。そんな田口遺産を後世に残すべくSN比公式集(富島技術開発サポートセンタ)を出版しました。

②エンジニアが使いやすい品質工学を目指しています

タクチメソッドはすばらしいですが、必ずしもエンジニアが使いやすいツールになっていません。パラメータ設計に於いては直交表や対数変換するSN比等、再現性に問題があると認識しています。再現性の向上と実験の効率化に継続して取り組んでいます

③幅広いテーマに取り組んでいます

国宝(焼き物)の再現、音楽、教育も含む幅広いテーマに取り組んでいます。
また海外文献の収集と翻訳や分析も行なっています。最近の事例では近直交表L_{12}の数理と応用の出版やカンファレンス行列の研究、
C.F.Jeff,M.S.Hamada,(2009)Experiment(Wiley)の和訳公開なども行なっています。

近直交表との出会い

国際協力機構(JICA)主催の台湾の台北で開催された品質工学セミナーに参加

・セミナーでは開発方法としては**実験数の少ない方法の要望**があった

・成功大学李輝煌博士のテキストに**近直交表が紹介**されていた

2008 JICA主催の品質工学セミナー

近直交表が記載されているテキスト

近直交表とは

直交表の種類

①$L_8(2^7)$,$L_{16}(2^{15})$,$L_{27}(2^{13})$など 交互作用を割り付けできる

②$L_{12}(2^{11})$,$L_{18}(2^1 3^7)$,$L_{36}(3^{15})$など 交互作用を分離できない混合型

③$L_{12}(2^1 3^5)$,$L_{12}(2^3 5^4)$など 因子間で直交していない水準が存在する

④$L_{12}(2^{22})$,$L_{27}(3^{61})$など 自由度以上の割り付けを行なう過飽和型

“近”の意味は,主効果成分か直交に近いという意味である。この意味は主効果かが他列の主効果に紛れ込み（汚染と表現することもある）分離できないことである。直交していないので単純平均で水準別平均を求める事が出来ないが、何らかの修正計算を行う事で算出が可能である。

・混合型に対して実験数が少なく出来る

・水準別平均の算出に修正計算が必要

研究対象にした近直交表L_{12}

李輝煌博士テキストの近直交表

実験数	田口(日本)			李(台湾)		
計画行列	水準		割り付け	水準		割り付け
	2	3	因子総数	2	3	因子総数
12	11	–	11	1	5	6
18	1	7	8	1	8	9
24	–	–	–	1	11	12
36	11	12	23	–	–	–
	3	13	13	3	16	19
名称	直交表[L]			近直交表[NOA]		

NOA_{12}	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	3	3
3	1	2	1	3	2	3
4	1	2	3	1	3	2
5	1	3	3	2	2	1
6	1	3	2	3	1	2
7	2	3	2	1	3	1
8	2	3	1	2	1	3
9	2	2	2	2	2	2
10	2	2	3	3	1	1
11	2	1	3	1	2	3
12	2	1	1	3	3	2

直交性の確認

NOA_{12}	1	2	3	4	5	6
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	-1	-1	0	0	1	1
3	-1	0	-1	1	0	1
4	-1	0	1	-1	1	0
5	-1	1	1	0	0	-1
6	-1	1	0	1	-1	0
7	1	1	0	-1	1	-1
8	1	1	-1	0	-1	1
9	1	0	0	0	0	0
10	1	0	1	1	-1	-1
11	1	-1	1	-1	0	1
12	1	-1	-1	1	1	0

積和	1	2	3	4	5	6
1	12	0	0	0	0	0
2		8	1	1	-2	-2
3			8	-2	1	-2
4				8	-2	1
5						1
6						8

直交していない

課題

①どんな組み合わせの直交表にするか

②交絡をどこまで少なく出来るか

③水準別平均の算出をどうするか(修正計算)

L_{12}近直交表のバリエーション

技術開発に推奨できる直交表

割付水準	最大割付数				全自由度
	6	4	3	2	
6	1			6	11
4		1	4		11
3			5	1	11
			4	3	11
			3	5	11
			2	7	11
			1	9	11

①4や6水準も使える $3^4 4^1$　$2^6 6^1$
②最大で10因子　$2^9 3^1$
③L_{18}に近い　$2^1 3^5$

L18と比較して少ない実験数
多彩な組み合わせが選択できる

修正計算

成功大学李輝煌博士の修正計算は、非直交部分の水準の差分と因子の制約条件から行列を生成する部分マトリックス解法とでも言うべき方法手で、極めて複雑な計算を行なう為、一般化出来そうにない

行列解法への取り組み

L12の場合、各因子の未知数は17だが実験データは12しかない。
実験結果が 0 になる制約条件を追加し連立方程式で解く方法を考案した。

12の実験結果に追加した
5個の制約条件

No	説明変数																		特性値
	m	A1	A2	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	F1	F2	F3	y
1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	105
2	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	650
3	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	610
4	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	545
5	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	440
6	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	480
7	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	445
8	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	500
9	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	420
10	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	430
11	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	555
12	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	570
A	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0

修正計算

$L_{12}(2^{\wedge 1} * 3^{\wedge 5})$

No	A	B	C	D	E	F
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	3	3
3	1	2	1	3	2	3
4	1	2	3	1	3	2
5	1	3	3	2	2	1
6	1	3	2	3	1	2
7	2	3	2	1	3	1
8	2	3	1	2	1	3
9	2	2	2	2	2	2
10	2	2	3	3	1	1
11	2	1	3	1	2	3
12	2	1	1	3	3	2

実験条件を0と1に変換

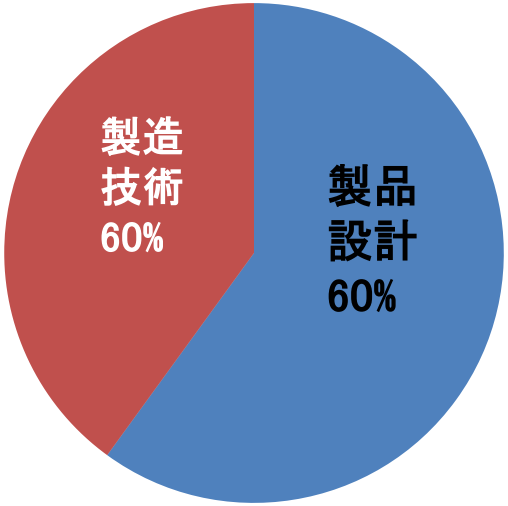
逆行列

行列積の計算

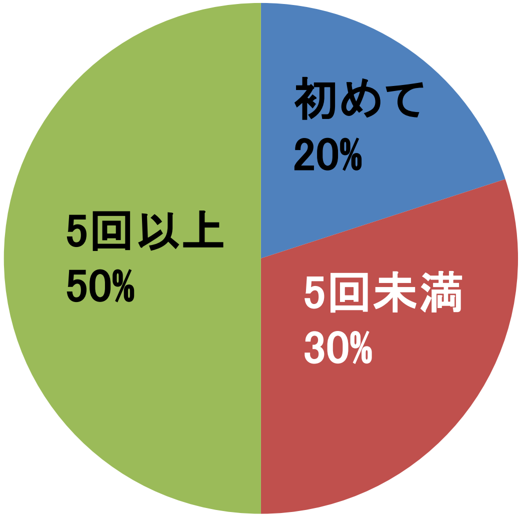
EXCELで簡単に計算可能

適用事例10件のアンケート結果1

適用区分

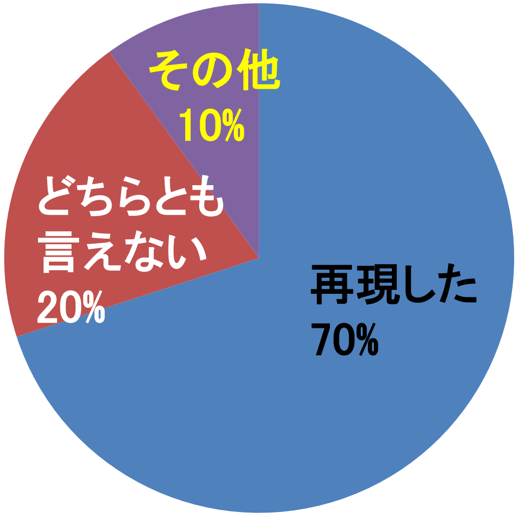


パラメータ設計の経験

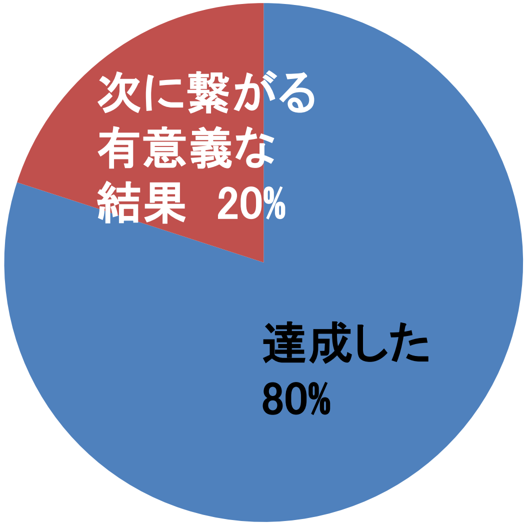


半数が初心者

利得の再現



目的は達成したか



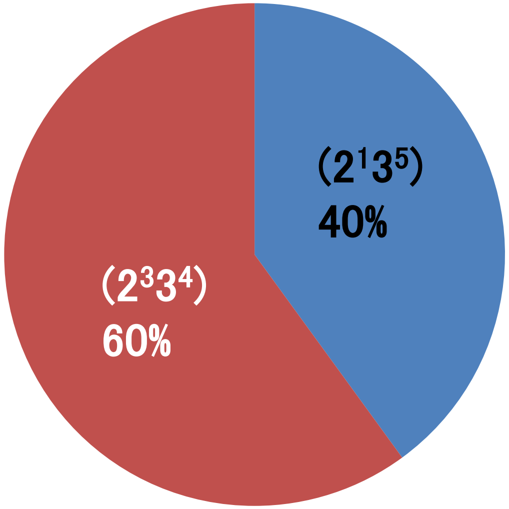
80%が目的達成

適用事例10件のアンケート結果1

制御因子数

制御因子数を理解した上でL_{12}を選定しているのだから当たり前ではあるが、この実験規模が適切な事例も多い様だ。

直交表の種類

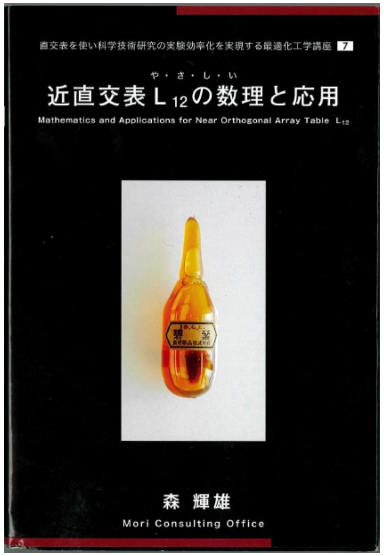


L_{18}と同じような組み合わせ$(2^1 3^5)$が多いと予想したが意外にも$(2^3 3^4)$が最も多かった。
色々な組み合わせが選択できるのも大きなメリットである。

普及に向けて

①RQESで事例報告

年度	No	発表テーマ	発表者
2011	31	近直交表$L_{12}(2^1 3^5)$のラミネートフイルム熱圧着工程への適用	山本武和
2011	32	超音波接合による$L_{12}(2^1 3^5)$を適用した異種素材の接着検討	伊藤義朗
2012	22	直交表$L_{12}(2^1 3^5)$($L_{12}(3^4 2^3)$)の数値シミュレーションで比較検証	菅原紀輝
2014	47	多水準系近直交表L12を用いたスイッチ用接点バネの開発	貞松伊鶴
2015	38	多水準系L_{12}近直交表の社内展開とレーザートリミン条件最適化	貞松伊鶴
2015	41	近直交表L_{12}を用いた電機サンダー回転刃形状最適化設計	宋相載
2015	39	近直交表L_{12}を使った金属溶融成形機に対するCAEによるロバスト設計	森輝雄
2016	41	誤差因子を内側に割り付けたスイッチ用バネ形状のハラメータ設計	貞松伊鶴
2017	26	パラメータ設計での最小二乗法よる解析と誤差差因子の内側割り付け	貞松伊鶴



②書籍「近直交表L12の数理と応用」を発行

③ホームページでPRと修正計算EXCELシートを公開

静岡品質工学研究会

代表：

会長：森輝雄

副会長：田中誠

会員：26名（定期会員6名：サテライト会員20名）

所属団体[アルプス電気（株）、東芝機械(株）他]

設立：1994年

所在地：426-0044静岡県静岡市牧ケ谷2078

工業技術研究所

連絡先：tm551017@ybb.ne.jp[森技術士事務所]