

# Taguchi-RSM 통합모델 제시

이상복<sup>1\*</sup> · 김연수<sup>2</sup> · 윤상운<sup>2</sup>

<sup>1</sup>서경대학교 산업공학과 / <sup>2</sup>연세대학교 응용통계학과

## The Development of Taguchi and Response Surface Method Combined Model

Sangbok Ree<sup>1</sup> · Youn-Soo Kim<sup>2</sup> · Sangwoon Yoon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Industrial Engineering, Seokyeong University

<sup>2</sup>Dept. of Applied Statistics, Yonsei University

Taguchi defined a good quality as 'A correspondence of product characteristic's expected value to the objective value satisfying the minimum variance condition.' For his good quality, he suggested Taguchi Method which is called Robust design which is irrelevant to the effect of these noise factors. Taguchi Method which has many success examples and which is used by many manufacturing industry. But Optimal solution of Taguchi Method is one among the experiments which is not optimal area of experiment point.

On the other hand, Response Surface Method (RSM) which has advantage to find optimal solution area experiments points by approximate polynomial regression. But Optimal of RSM is depended on initial point and RSM can not use many factors because of a great many experiment.

In this paper, we combine the Taguchi Method and the Response Surface Method with each advantage which is called Taguchi-RSM. Taguchi-RSM has two step, first step to find first solution by Taguchi Method, second step to find optimal solution by RSM with initial point as first step solution. We give example using catapults.

**Keyword:** taguchi method, response surface method, taguchi-RSM method

### 1. 서론

품질관리의 개념과 방향은 품질 정의에 의존하게 된다. 그러나 품질 정의는 시대에 따라 변화하고 있다. Juran(1974)은 소비자 관점에서 품질을 '사용 적합성'이라고 정의하였고, Crosby(1979)는 생산자 관점에서 품질을 '요구 조건들이나 규격들에 대한 합치성'이라 정의하였으며, Taguchi(1988)는 사회적 관점에서 품질을 '제품이 출하된 때부터 사회에 끼치는 손실'이라고 정의하였다. 사회적 손실은 소비자와 생산자 모두의 손실을 합하여 합이 적은 것을 좋은 품질이라고 하였다. 국제표준

화기구(ISO 8402)는 품질을 '명시적이거나 묵시적인 요구사항들을 충족시키는 제품이나 서비스의 특징들의 총체'라고 정의하고 있으며, 한국공업규격(KS A 3001)에서는 품질을 '물품 또는 서비스가 사용 목적을 충족시키고 있는지를 결정하기 위한 평가대상이 되는 고유의 성질, 성능의 전체'라고 정의하고 있다. 이와 같이 품질 정의는 다양하다.

이러한 정의들이 공통적으로 말하는 것은, 품질이 좋은 제품은 제품 사용자들의 요구사항을, 또는 규격들을, 충족시켜야 하며 변동성이 적어야 한다는 것이다. 이는 다구찌가 정의한 사회적 손실이 적은 것을 품질 정의로 사용해도 일반적 정

의와 마찰은 없을 것이다.

다구찌의 품질 정의를 만족시키는 다구찌기법은 변동에 강한 강건설계(Robust Design; 로버스트 설계)라 한다. 강건설계는 제어할 수 없는 잡음인자(noise factor)들의 변화에 강건한 제어 인자들의 최적 조합을 찾기 위한 실험설계이다.

다구찌 기법은 그동안 현장에 적용하여 많은 성과가 증명되었다(KSA 1991). 다구찌 기법은 잡음에 강한 해를 얻지만, 실험에 설정된 수준 ‘이외의 값’을 최적조건으로 선택되지 못하는 단점이 있다. 실험한 것 중에서만 최적값을 찾고 최적값 근처의 더 좋은 해에 대한 정보를 얻지 못한다.

반응표면기법은 실험한 결과로 최적점 근처의 정보를 제공해주는 장점이 있으나 잡음을 고려하지 않아 강건하지 못한 단점이 있다.

이에 본 논문에서는 이 두 기법을 통합하여 개선된 해를 제공하고자 한다. 본 논문에선 두 기법을 살펴보고, 두 기법의 장점을 통합한 다구찌-RSM 모델을 제시하였다. 투석기 실험을 통하여 제시한 모델의 적합성을 증명하였다. 실험분석을 위한 프로그램으로는 MINITAB 15버전을 사용하였다. 하지만 현 논문에서 제시한 사례는 현장이 아닌 실험실에서 실시하였으므로 현장에 적용할 때 미리 예측하지 못한 새로운 문제가 있을 수 있는 가능성을 배제할 수 없다.

## 2. 선행 연구

### 2.1 다구찌 기법

다구찌 기법에 대한 설명은 이미 잘 알려졌다(Rec, 2000; 2006). 실험계획법들은 ‘품질특성값의 산포는 실험조건에 관계없이 동일하다’라는 등분산을 가정한다. 분포의 모양은 동일하고, 실험조건에 따라서 중심의 위치만 달라진다는 가정을 하고, 중심의 위치에 영향을 주는 인자들을 선별하여, 목표로 하는 중심의 위치를 최적으로 하는 실험조건을 찾는다. 이러한 기존 실험계획법들은 제어 불가능한 환경조건이나 제어하기 어려운 공정조건, 생산조건 등의 원인인 잡음인자(noise factor)들을 통제하지 않고, 실험의 랜덤화에 의해서 실험을 실시하여, 실험자료를 얻었기 때문에 잡음인자들이 특성값에 미치는 영향을 분석하는 것이 불가능하다.

다만, 실험조건마다 실험의 반복이 이루어진 경우에는 각각의 실험조건에서 얻어진 실험자료의 표본분산을 비교하여, 등분산성이 의심스러운 경우에는 반응변수의 변환을 통해 등분산 가정을 만족시킨 후에 평균을 최적화하는 조건을 찾는 분석을 하였다.

현업에서는 경제적 이유 등으로 실험환경을 동일적으로 유지하기가 쉽지 않기 때문에, 늘 통제할 수 없는 변수인 잡음인자들이 존재한다. 경험적으로 실험조건마다 반응변수의 평균은 물론, 분산도 달라진다는 것을 알 수 있다.

다구찌 기법은 제어 인자의 수준 값에 따라 특성 값의 분포에 대한 산포가 차이 날 수 있다는 현실적인 가정 하에서, 품질 특성값의 산포를 작게 하면서 동시에 평균을 목표값에 근접시키는 최적조건을 찾기 위한 실험설계 자료분석방법이다.

다구찌 기법의 실험 설계는 잡음인자들을 포함하여 실험을 설계한다. 실험 설계에 제어 가능한 수준 값을 갖는 인자들의 내측배열(inner array)과 잡음인자들을 인위적으로 제어하는 설계인 외측배열(outer array)의 교차설계(crossed array)로 구성함으로써, 내측배열에 있는 제어인자들의 각각 실험조건에서 잡음인자에 대한 조건을 외측배열에 있는 실험조건으로 변경해 가면서 실험을 실시한다.

다구찌 기법의 특징은 품질 특성치 산포의 크기를 새로운 계량 특성값(손실함수, SN비)로 변환하여 산포를 작게 하면서 동시에 평균을 목표값에 근접시키는 제어인자들의 조건을 찾아가는 것이다.

다구찌 기법의 한계는 실험한 범위 속에서만 최적값을 찾는 것이다. 이러한 방법은 실험 회수의 한계로 현재가 최적이란 보장이 없다. 늘 더 좋은 최적값의 존재를 추구하는 문제가 남아있다.

### 2.2 Response Surface Method(RSM 반응표면기법)

반응표면기법(RSM : response surface method)에 대한 설명도 이미 많이 설명되어 있다(Rec, 2004).

RSM은 실험 자료를 분석할 때의 일차적인 목적은 반응변수에 영향을 주는 유의한 요인을 찾는 것이고, 다음의 궁극적인 목적은 반응변수를 최적화하는 공정조건을 찾는 것이다. 실제로 실험된 실험조건들을 비교하여 최적조건을 찾는 것보다는 고려된 인자들의 관심영역 전체에서 최적조건을 구하기 위해서는 관심영역에 속한 인자들의 값에서 반응변수를 예측할 수 있어야 한다. 관심영역에 속한 인자들의 값들 중에서 반응변수의 예측값을 최적화하는 최적조건을 관심영역에서 찾고, 최적조건에서의 재현성 실험을 통해서 재현성의 여부를 확인하는 것이다.

반응에 대한 효과의 종속성은, 단일 처리 요인의 경우에는 반응곡선(response curve)으로 표현되며, 처리가 둘 이상의 처리 요인들의 수준 조합인 경우에는 반응표면(response surface)의 형태로 표현된다. 반응곡선이나 반응표면의 형태를 탐색하여 입력변수와 출력변수 간의 구조적 관계를 통찰할 수 있으며, 더 나아가 최적 반응을 주는 처리 조합을 찾을 수 있다.

이렇게 최적값이 존재하리라 예상되는 조합 근처에서 실험 점들의 반응값에 대한 함수 식 반응표면(response surface)을 구하고 이를 이용하여 반응값이 최적값을 갖는 처리조합을 찾는 다. 반응표면의 정확한 구조를 안다는 것은 불가능하지만, 실험설계와 회귀분석을 반복하면 처리와 반응 간 관계를 근사시키는 것은 가능하다. 이렇게 개발된 통계 방법을 RSM이라 한다. RSM의 주된 분석법은 물론 회귀분석이지만, RSM은 기본적인

으로 설계된 회귀분석이라는 점에서 일반적인 회귀분석과 다르다. RSM을 염두에 두고 개발된 실험설계들을 반응표면설계(response surface design)이라 부른다.

RSM의 단점은 처음 시작하는 실험점의 한계를 벗어나지 못한다는 점과 실험 인자가 많으면 실험횟수의 증가로 현실적으로 적용이 어렵다는 것이다. RSM은 가장 영향력 있는 핵심인자 2개를 선택하여 실험을 실시하면 어떤 기법보다 좋은 해를 제공할 것이다.

### 2.3 다구찌 기법과 RSM 기법 통합 노력

다구찌의 방법과 RSM 기법을 합치하려는 노력은 다음과 같다.

이기훈(Lee, 2000)은 강건 설계와 데이터 마이닝과 연결을 시도했다. 강건설계기법을 데이터 마이닝 단계 중 군집분석(Clustering)을 보완한 기법을 소개하여 강건설계 기법 적용시 데이터 분석의 오류를 줄여주는 이점과 데이터 정제의 노력을 절감해 주었다.

정혜진과 구분철(Jung and Ku, 2007)은 강건설계의 변수선택에 데이터마이닝 기법을 사용하였다. 최적해를 제시하지 못한다는 단점을 가진 데이터마이닝 기법을 강건설계와 결합시켜 최적해를 제공하려는 개념을 제시하였다. 인자 선택 후 인자들의 추정된 반응함수를 얻기 위해서 반응표면 분석을 실시하였다. 이 연구에서 제시한 기법은 현장의 데이터를 그대로 사용하여 공정을 관리할 수 있다는 효율성을 보이지만, 앞에서

언급되었던 데이터마이닝 기법 자체의 단점을 완전히 보완할 수 없다는 한계가 있다. 이상 두 논문은 데이터마이닝 기법을 이용하여 인자를 선정하는데 RSM을 사용했다는 점에서 다구찌 기법과 RSM 통합 노력으로 볼 수 있으나 본 논문에서 추구하는 두 기법 통합과는 많은 차이가 있다.

유정빈(Yoo, 1992)는 다구찌의 파라미터 설계와 SN비의 역할 등에 대해 소개하고, 그 방법들이 갖는 약점과 대안들을 제시하였다. 파라미터 설계 자체는 좋은 생각 이지만, 규모가 큰 한 번의 실험으로 최적의 설계인자 수준을 찾기는 무리라고 생각하여 보완 기법으로 RSM의 중심합성방법을 적용하여 잡음인자의 반복 추정 방법을 제시하였다.

장형철(Jang, 1998) 역시 SN비에 대한 비판에 관하여 다른 학자들의 견해를 제시하고, 내측과 외측배열의 구분이 어려운 점을 들어 중심합성설계 방법이 더 유용할 수 있다고 주장하였다. 자료 분석의 방법에 있어서도 주변 평균을 이용한 방법은 최적의 선택을 보장하지 않는다는 점에서 최적의 조건을 찾는 가장 좋은 방법을 RSM 기법이라 하였다. 그래서 Myers(1992)의 평균과 분산을 나누어서 반응표면 분석하는 방법을 대안으로 제시하고 있다. 위 두 논문은 다구찌 기법의 한계를 지적하고 다구찌 기법보다 RSM 사용을 추천하고 있다.

박병전과 조병엽(Park and Cho, 1999)은 중심합성계획법에서의 로버스트 디자인을 이용한 동시 최적화 방안을 제안하였다. 이 논문에선 RSM속에 다구찌 기법을 사용하자는 제안을 하였다. 이는 반대로 다구찌 기법의 장점을 살리지 못한 점이 지적된다.

	단계	제목	각 단계 세부사항
Taguchi	1	테마 설정	문제를 제기하고, 목적을 명시 반응변수를 명확하게 정의함
	2	문제 분석	시스템의 입출력관계 명시
	3	특성치 및 인자 선택	정/동특성에 따른 특성치 정의 신호/제어/잡음인자 분류 각 인자별 수준 결정
	4	실험배치 설정	인자의 수와 수준에 의하여 인자 배치 제어 내측배열 잡음/신호 외측배열
	5	실험 실시	실험 조건에 맞추어 실험 실시 잡음인자를 고려한 반복실험
	6	최적조건 선택	SN비, 평균, 표준편차 등 계산 SN비 효과 그래프로 최적 수준 선택
RSM	7	중심점 설정	6단계에서 제시한 최적조건으로 RSM의 중심점으로 지정
	8	실험배치 설정	실험점, 실험 배치 설정 수준 한 단위의 값 설정
	9	실험 실시	실험 조건에 맞추어 실험 실시 반복 실험
	10	최적조건 선택	회귀식을 추정, 유의성 확인, 변수 선택 등고선 반응표면 그래프 확인, 최적 수준 선택
	11	재현성 확인	재현성 확인 표준화

그림 1. Taguchi-RSM 단계

Vining and Myers(1990) 등은 다구찌 기법과 RSM 기법의 해의 통합 가능성에 대한 아이디어를 제시하였다. 그러나 아이디어는 주로 RSM 입장에서 수학적으로 입증하려 노력하였으며 그 방법으로 쌍대(dual)-반응표면 기법을 제시하였다. 두 기법의 근본적인 통합을 위한 해법을 제시하였다. 본 논문에서 시도한 순차적인 통합 방법과는 차이가 크다.

Leon(1987) 등은 다구찌의 SN비에 대한 대안으로서 소위 PerMIA (Performance Measure Independent of Adjustment)를 이용한 파라미터 설계법을 제안하였다. 그러나 이 방법은 사전에 특성치 y에 대한 모형이 알려져 있어야 하는 충분한 사전 지식이 없는 경우에 사용하기 어렵다는 단점이 있다.

다구찌 기법과 RSM을 통합하려는 본 논문의 시도 같은 논문은 찾지 못하였다. 통합화 노력은 두 기법을 한 기법으로 묶으려는 시도가 대부분이다. 본 논문에서는 다구찌 기법과 RSM 기법을 단계적으로 통합한 시도이다. 간단한 아이디어로 해가 크게 개선됨을 보여주고 있다.

### 3. Taguchi-RSM 기법 제안

Taguchi-RSM 기법은 주어진 실험 영역에서 잡음에 강한 최적 조건을 다구찌 기법으로 찾는다. 다음에 다구찌 기법에서 구한 최적해를 RSM의 초기해로 사용한다. 끝으로 RSM 기법으로 제어 가능한 다구찌 최적해 근방에서 최적해를 찾는 것이다.

Taguchi-RSM 기법은 두 기법들의 단점을 보완하고 장점들만 통합한 기법이다. Taguchi-RSM 기법의 전체 흐름은 <그림 1>과 같다. 다구찌 기법 6단계와 RSM 5단계를 더하여 전체 11단계로 구성되었다.

### 4. 사례 연구

#### 4.1 실험 배경

Taguchi-RSM 모델을 활용한 투석기 예제를 제시한다. 투석기를 이용하여 공을 멀리 날리는 것이다. 최대 투석거리를 갖

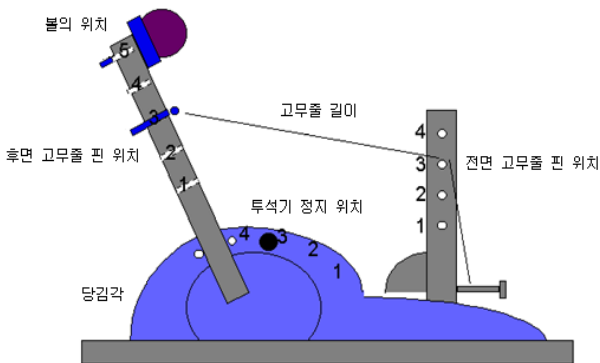


그림 2. 투석기 시스템 구조

는 최적조건을 찾는 것이 목적이다.

공은 전체 실험에서 골프공으로 통일시켰으며, 실험자는 긴 공간에서 실험 설계대로 투석기의 인자들을 조정해가면서 투석 거리를 측정, 데이터로 사용하였다.

#### 4.2 Taguchi-RSM의 실험 및 분석

- 1단계) **테마 설정** : 실험의 테마는 투석기의 ‘투석거리’를 ‘최대’로 하는 최적 조건을 찾는 것이다.
- 2단계) **문제분석** : 투석기의 투석거리에 영향을 주는 인자들을 모두 고려한 후 적절한 인자를 선택하게 된다.
- 3단계) **인자선택** : 거리에 영향을 줄 수 있는 수많은 인자 중에 전문가들의 협의를 거쳐 거리에 영향을 주면서 조절이 가능한 제어인자 5개의 인자를 골랐으며, 잡음 인자로 지지대의 핀 상태를 선택하였다. 투석기를 사용하다 보면 고정 핀이 헐거워지는 등의 변화가 있을 수 있으며 이는 매번 통제할 수 없다고 가정할 것이다. 각 인자들은 <표 1>과 같다.
- 4단계) **실험배치 설정** : 전체 실험은 제어인자들의 내측배열과 잡음인자들의 외측배열을 결합함으로써 얻어진다. 제어인자들을 배치할 내측배열인  $L_{12}(2^5)$  직교배열표를 <표 2>와 같이 생성하였다.
- 5단계) **실험 실시** : 4단계에서 설정한 실험 조건 하에서의 실험하였다. 단위는 m이며, 소수점 한 자리에서 반올림하였다. 측정 시스템의 오류를 감안하여 m 단위에서는 정확하기 때문에 m 단위로 측정하였다.

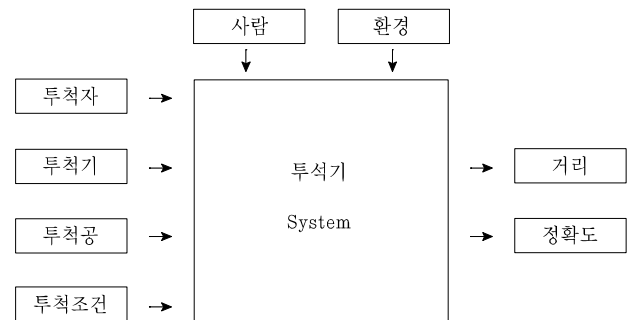


그림 3. 투석기 분석

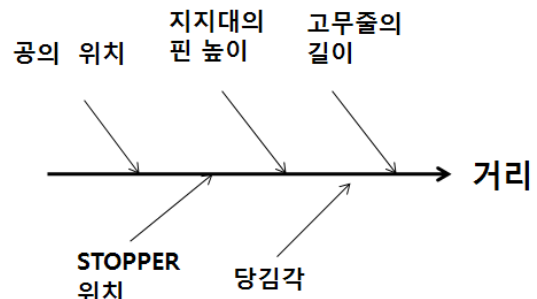


그림 4. 투석기 거리에 영향 주는 인자들 선정

표 1. 인자와 수준 설정

인자구분	기호	인자 명	수준 1	수준 2
제어인자	A	고무줄의 길이	정상(0)	+5mm
	B	지지대의 편 높이	2	4
	C	볼의 위치	3	5
	D	당김각	160	180
	E	Stopper의 위치	2	4
잡음인자	F	지지대의 편 상태	고정	유동

표 2. 직교배열표를 통한 다구찌 설계 결과

실험순서	내측배열					외측배열	
	A	B	C	D	E	잡음조건 1	잡음조건 2
1	1	1	1	1	1	12	9
2	1	1	1	1	1	13	6
3	1	1	2	2	2	4	9
4	1	2	1	2	2	10	15
5	1	2	2	1	2	16	15
6	1	2	2	2	1	10	12
7	2	1	2	2	1	9	8
8	2	1	2	1	2	12	14
9	2	1	1	2	2	8	6
10	2	2	2	1	1	9	6
11	2	2	1	2	1	9	7
12	2	2	1	1	2	11	12

6단계) 최적조건 선택 : 실험결과는 미니탐을 이용하여 분석하였다. 거리는 망대특성의 SN비를 사용하였다. 분석한 결과인 SN비 그래프는 <그림 5>와 같다. 그림에서 최적 조건은 A1, B2, C2, D1, E2이다. 이중 B2와 D1의 영향력이 가장 크므로 이 두 인자의 최적조건은 7단계로 보낸다. 여기까지가 다구찌 방법이며, 다음 단계부터 RSM 단계이다.

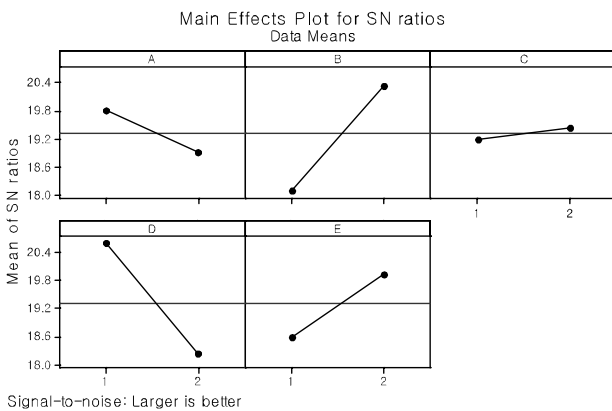


그림 5. 다구찌 분석결과 SN비 그래프

표 3. B2, D1 조건의 중심점과 범위 설정

인자	인자 이름	하한	중심값	상한
B	지지대의 편 높이	3	4	5
D	당김 각	150°	160°	170°

7단계) 중심점 설정 : 3단계에서 설정했던 인자 조건을 따라서, 최적 조건으로 선택된 B2, D1을 중심점으로 다시 수준을 정하였다. 하한과 상한값은 제어 가능한 범위로 정하였다.

8단계) 실험 배치 설정 : 미니탐을 이용하여 중심합성실험법 설계를 실시하여 얻었다. <표 4>와 같이 생성되었다. (B, D)의 좌표가 (0, 0)인 점은 중심값(4, 160°)이며, (-1, -1)은 (3, 150°)이며, (1, 1)은 (5, 170°)이다. 이와 같이 각 점들의 좌표는 중심점을 기준으로 어느 좌표에 지정되어있는지를 알 수 있다.

9단계) 실험 실시 : 위의 <표 4>에서 y값들이 실험을 통하여 나온 데이터들이다.

10단계) 최적조건 선택 : 실험 결과를 미니탐을 이용하여 분석하였다. 모든 항을 포함한 회귀식에서  $x_1, x_2$ 의 계수가 유의하지 않으므로 이를 풀링하여 다시 구하였다. 이 계수를 제외한 후의 계산 식은 <그림 6>과 같다.

추정된 회귀식은  $\hat{y} = 13.8 + 1.33x_1 + 1.73x_2 + 1.79x_1^2 + 4.29x_2^2$ 으로, 모형의 유의성은 ANOVA 분석에서 p값은 0.000으로 매우 유의하다.  $R^2$ 도 조정 후에 88.57%로 회귀식의 설명력이 높다. 잔차 <그림 7>도 실험에 문제가 없음을 알 수 있다. 등고선 <그림 8>과 반응표면 <그림 9>는 다음 그림들과 같다.

반응모양이 안장의 형태를 띠는 것을 확인할 수 있으며 (1, 1)

표 4. RSM 실험 설계 구축과 실험 데이터

표준 순서	실험 순서	블록	B	D	지지대 높이	당김각	y
1	10	1	-1	-1	3	150	17
2	6	1	1	-1	5	150	18
3	2	1	-1	1	3	170	21
4	1	1	1	1	5	170	25
5	8	1	-1.4142	0	2.5	160	15
6	11	1	1.4142	0	5.5	160	19
7	7	1	0	-1.4142	4	145	21
8	3	1	0	1.4142	4	175	23
9	5	1	0	0	4	160	14
10	12	1	0	0	4	160	13
11	9	1	0	0	4	160	15
12	4	1	0	0	4	160	14
13	13	1	0	0	4	160	13

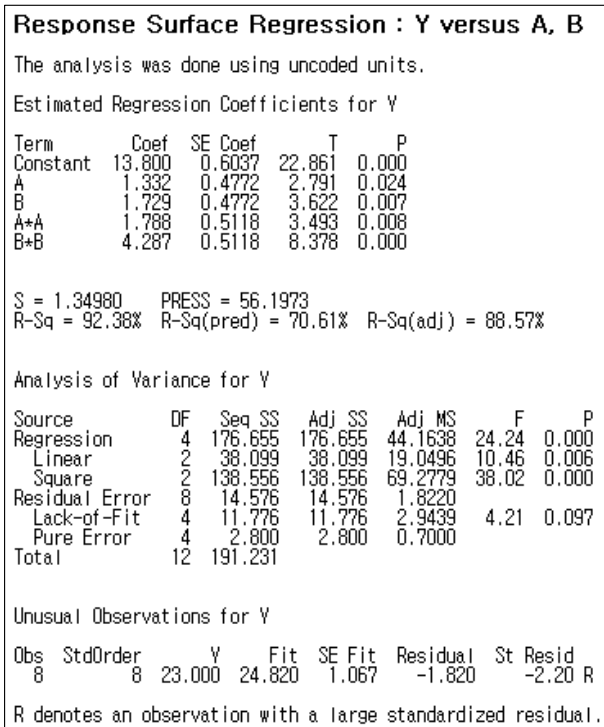


그림 6. 회귀 분석 결과

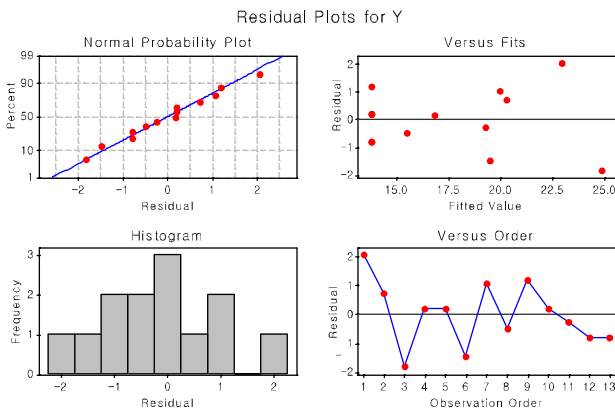


그림 7. 회귀 분석 결과 잔차 그림

방향으로 갈수록 최대 거리를 보임을 알 수 있다. 이것은 지지대 핀의 높이를 4보다 더 위로 하고, 당김 각을 160보다 더 많이 당겨야 한다는 것을 의미한다.

최적값(최대값)은 (B, D)가 (1, 1)일 때이다. 실제 데이터 값으로 표현하면 지지대의 높이가 5, 당김 각이 170°인 경우이다. 다구찌 기법을 통해 구했던 (4, 160°)과는 차이가 있음을 알 수 있고, 투석 거리도 최적값에서 예측값이 12.20m에서 23.05m로 더 길어졌다.

**11단계) 재현성 확인 :** 10단계에서 구한 조건대로 투석기를 조정하여 투석거리를 확인하였다. 지지대의 핀 높이는 5로 정하고, 당김각을 170°로 늘려서 투석을 하였다. 같은 조건에서 5번 실험하였다. 결과는 5번 평균이 23m였다. 이는 예측값과 같은 결과이다.

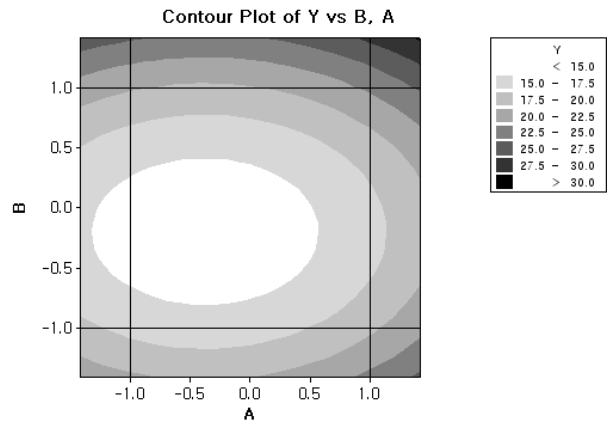


그림 8. RSM 등고선 그림

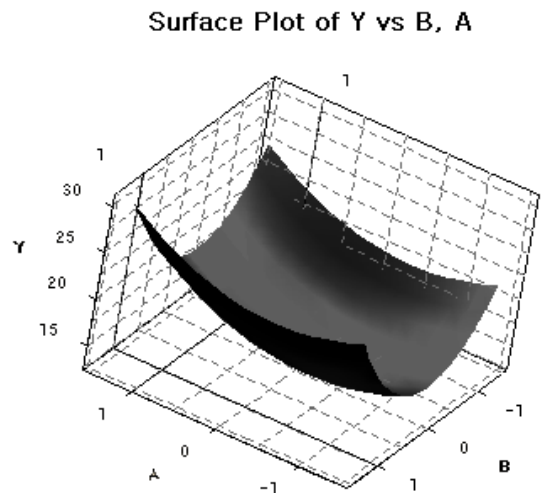


그림 9. RSM 반응표면 그림

### 4.3 Taguchi-RSM의 실험 결과 분석

결과를 요약하면 <표 5>와 같다.

다구찌 기법에서 제시한 (4, 160°) 조건에서 12.20m의 평균 비행거리를 얻었지만, Taguchi-RSM은 (5, 170°) 조건에서 23.00m로 크게 개선되었다.

새로운 최적조건 (5, 170°)은 다구찌 기법에선 제시되지 않은 조건이다. 다구찌 기법만으로 이 조건을 찾는 방법은 없다. 마찬가지로 RSM 만으로도 이 해를 찾는 방법은 없다. Taguchi-RSM 기법에서 찾은 새로운 조건이다. Taguchi-RSM 기법은 단순하면서 효과가 큰 기법임을 증명하였다.

본 논문에서는 RSM 실험 시에는 다구찌 실험의 특징인 잡음을 고려한 반복실험을 하지는 않았다. 이미 다구찌 기법에서 찾은 최적 조건은 그 주위에서 비슷할 것이라는 일반적인 가정을 하였다.

## 5. 결론

다구찌 기법의 단점은 실험한 점에서만 최적점을 찾는 것이며,

표 5. 다구찌 기법과 Taguchi-RSM의 최적 결과 비교

	최적 조건		측정값 평균
	지지대 높이	당김 각	
Taguchi	4	160	12.20
Taguchi-RSM	5	170	23.00

장점은 실험한 여러 인자중 인자의 영향력 크기를 순서를 정하고 잡음에 강한 조건을 찾는 데 있다. RSM의 단점은 초기값을 중심으로만 최적해를 찾는 것이며, 장점은 회귀식을 이용하여 중심점 주위에서 최적점을 찾는 것이다.

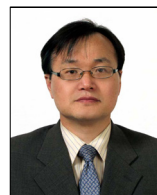
Taguchi-RSM 모델은 다구찌 기법의 장점과 RSM의 장점을 접목한 기법이다. 다구찌 기법과 RSM 기법을 순차적으로 적용하여 기존의 최적값보다 개선된 해를 찾은 효과를 보여주고 있다.

추후로 본 기법이 현장에 적용하여 실제 많은 사용을 기대한다. 사용하면서 제시되는 새로운 문제점을 보완함으로 더욱 완전한 기법이 되는 것이 앞으로 숙제이다.

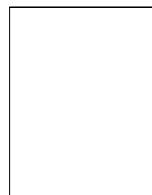
참고문헌

Jang, Hyung-Cheol (1998), Method of Taguchi DOE and Analysis of Response Surface Method, *Journal of Pyungtaek University*, 10(2), 287-304.

Jung, Hey-Jin and Koo, Bon-Cheol (2007), Optimization of Robust Design Model using Data Mining, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 30(2), 99-105.  
 KSA (1991), *Lecture of Quality Engineering(Quality Engineering Application Analysis) 1-7*, Korean Standard Association.  
 Lee, Kihoon (2000), Introduce of Robust Statistics Methods in Data Miming, *Journal of Industry Management in Cheonju University*, 18(1), 1-10.  
 Leon, R. V., Shoemaker, A. C., and Kackar, R. N. (1987), Performance Measures Independent of Adjustment(with discussion), *Technometrics*, 29(3), 253-265.  
 Myers, R. H. and Carter, W. H. (1973), Response Surface Techniques for Dual Response Systems, *Technometrics*, 15(1), 301-307.  
 Myers, R. H., Khuri, A. I., and Vining, G. (1992) Response Surface Alternatives to the Taguchi Robust Parameter Design Approach, *The American Statistics*, 46(1), 131-139.  
 Park, Byung-Jun and Cho, Byung-Yup (1999), A Method of Simultaneous Optimization of Central Composite Design in Using Robust Design, *Journal of Statistical Institute in Chosun University*, 1(1), 61-79.  
 Ree, Sangbok (2000), *Easy Taguchi Method-From Basic to Application*, Eretech.  
 Ree, Sangbok (2004), *DOE with Using Minitab*, Eretech.  
 Ree, Sangbok (2006), *Taguchi Method Application with Using Minitab version*, 14, Eretech.  
 Vining, G. G. and Myers, R. H. (1990), Combining Taguchi and Response Surface Philosophies; A Dual Response Approach, *Journal of Quality Technology*, 22(1), 38-45.  
 Yoo, Jungbin (1992), A Study of Taguchi Quality Engineering, *Journal of Application of Science in Seawon University*, 1(1), 123-133.



**이상복**  
 서울대학교 수학과 학사  
 서울대학교 산업공학과 석사/박사  
 독일 카이저스라우테른대학교 공업수학 석사  
 품질관리 및 공장관리 기술사  
 현재 : 서경대학교 산업공학과 교수  
 서경대학교 경영대학원 6시그마 전공  
 주임교수  
 관심분야 : 품질공학 및 경영품질,  
 다구찌기법, 6시그마



**김연수**  
 연세대학교 공과대학 세라믹학부  
 연세대학교 응용통계학과 석사  
 관심분야 : 6시그마 및 품질경영



**윤상운**  
 연세대학교 기계공학 학사  
 University of Florida 통계학 박사,  
 연변과학기술대학 부총장 역임  
 공업통계연구회장역임  
 현재 : 평양과학기술대학 설립이사  
 연세대학교 응용통계학과 교수  
 관심분야 : 신뢰성분석, 6시그마