

최석정의 직교라틴방진

배재대학교 전산수학과 김성숙
sskim@pcu.ac.kr

배재대학교 전산수학과 강미경
mkkhang@pcu.ac.kr

2006년 이전까지도 유럽의 오일러가 직교라틴방진의 첫 연구자로서 인정을 받아왔다. 그러나 오일러 이전에 조선의 최석정(崔錫鼎, 1646~1715)이 오일러 이전에 이미 9차의 직교라틴 방진을 만들었다는 사실이 2006년 출판된 ‘조합론 디자인 편람’에 소개됨으로써 우리만 알고 있던 사실이 세계적으로 공인되었다. 본 논문에서는 최석정과 양휘산법의 마방진을 비교하고 세계최초로 만들어진 최석정의 직교라틴방진과 오일러 가설의 역사를 설명한다.

주제어: 마방진, 직교라틴방진, 오일러방진, 최석정, 구수략

1 들어가는 말

송홍엽 교수¹⁾의 노력으로 최석정(崔錫鼎, 1646~1715)의 구수략(九數略)([4])에 적힌 직교라틴방진에 관한 업적이 2006년 11월에 발간된 조합론 디자인 편람(Handbook of Combinatorial Designs, [11]) 제 2판 서론 부분인 디자인이론(고대에서 1950년대 까지) 12쪽에 다음과 같이 나와있다.

The literature on latin squares goes back at least 300 years to the monograph Koo-Soo-Ryak by Choi Seok-Jeong (1646–1715); he uses orthogonal latin squares of order 9 to construct a magic square and notes that he cannot find orthogonal latin squares of order 10.

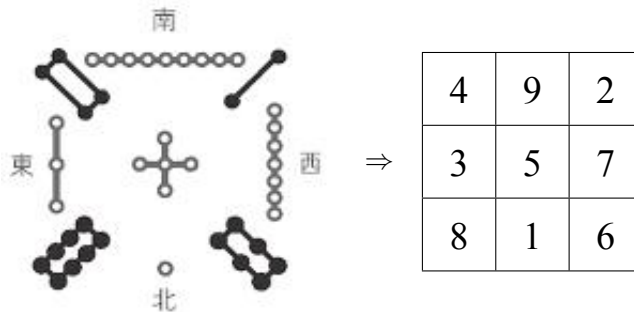
1) 연세대 전기전자공학부 교수

최석정의 업적이 세계의 권위 있는 책에 역사적인 관점에서 처음으로 소개된 것이다. 이것은 최석정의 마방진에 관심을 갖고 논문도 발표를 했던 KAIST 수학과 한상근 교수와 이것을 세계에 알리고자 노력했던 연세대의 송홍엽교수 덕분이다).

지금까지 한국수학사학회지에서 구수략에 대한 논문발표는 있었으나 직교라틴방진을 다루지 않고 있다. 이 논문의 목적은 최석정(崔錫鼎)과 양휘산법(楊輝算法)([1])의 마방진을 비교하고, 직교라틴방진의 역사를 조사하는 것이다.

2 마방진의 역사

마방진의 기원은 기원전 2200년 경 중국의 요순(堯舜)시절, 대홍수가 발생하여 섭정을 하고 있던 순(舜)임금이 우(禹)에게 치수를 명하여 우(禹)가 낙양의 남쪽 황하 지류인 낙수(落水)에서 치수공사를 하던 중에 물 속에서 큰 거북이가 나왔다. 그 거북이 나온 이후 홍수가 그쳤다는 이야기가 전해진다. 거북의 등에 있는 신비한 무늬를 보고 생각 끝에 무늬의 점을 세어 기호로 나타낸 것을 낙수로부터 얻은 하늘의 글이라는 뜻으로 낙서(落書)라 불렀다. 이 낙서는 정사각형으로 숫자가 나열되어 있다고 하여 방진(方陣)이라고 불렀다. 중국에서 최초로 만들어진 낙서(落書)는 3차 마방진인데 이것의 숫자들을 자세히 보면 1에서 9까지의 자연수를 중간에 있는 수 5가 가운데 오도록 하여, 중복이나 빠짐이 없이 9칸에 배열되어 있고, 가로 세로, 대각선의 숫자의 합이 모두 15임을 알 수 있다. 이 때는 낙서가 세상의 비밀과 진리를 함축하고 있다고 믿었다. 숫자의 합의 유일성으로 인해 주역의 원리가 함축된 그림으로 인식되기도 했고, 우주의 진리를 나타내는 수의 배열로도 인식되어 왔다. 그러나 마방진과 관련해서 남아있는 기록은 그리 많지 않다. 중국에 전해오는 낙서의 기록으로는 송나라 때 양휘가 지은 양휘산법의 속고적기산법(續古摘奇算法) 권상(卷上, 1275, [1]), 명나라 때 정대위(程大位, 1533~1606)가 지은 산법통종(算法統宗, 1592, [1])에 3차 마방진에서부터 10차까지의 마방진에 대한 언급이 있다.



동양에서는 종횡도(縱橫圖)라 불리었으나 신비한 전설과 함께 아라비아상인들을 통해 인도, 페르시아, 유럽으로 전해져 마방진(Magic square)이란 이름으로 부르게 되었다. 유럽인들은 마방진을 신비롭게 여겨 은판에 새겨 마귀를 쫓는 부적으로 사용하였으며 영국의 피셔(Ronald Aylmer Fisher)²⁾는 마방진을 이용하여 농업의 생산성을 조사하였다. 그 외 마방진은 건축물, 심리테스트, 원료비교 등 많은 분야에서 응용되고 있다.

3 마방진, 라틴방진, 직교라틴방진과 오일러 방진

마방진(魔方陣)의 '方'자는 정사각형, '陳'자는 진을 치고 있다는 뜻이다. 즉, n 차 마방진은 $n \times n$ 행렬로서 n 행, n 열에 1부터 n^2 까지의 자연수를 반복하여 사용하지 않고 단 한번만 써 넣어 각 열, 각 행, 대각선의 합이 모두 같은 수가 나오도록 만든 것이다. 각 줄의 합은 3차 마방진은 15, 4 방진은 34, 5방진은 65, ..., n 방진은 $\frac{n(n^2+1)}{2}$ 이다[2, 4]. 차수가 홀수, 짝수인 마방진을 각각 홀수, 짝수 마방진이라 하고, 일반적으로 홀수 마방진이 짝수 마방진보다 만들기가 더 쉽다. 2차를 제외하고 모든 차수에 대하여 마방진이 존재한다는 것이 알려졌다. 1차 마방진의 숫자가 1 하나뿐이므로 자명하게 마방진이 된다. 그런데 2차 마방진은 존재하지 않는다. 1, 2, 3, 4를 한 번씩만 써서 상하좌우, 대각선 방향의 숫자 합을 같게 할 수가 없다. 3행 3열(3차 방진)의 경우 낙서의 방진에서 보듯이 마방진이 존재한다. 지금까지 밝혀진 바로는 3차 마방진은 낙서의 배열이 유일하다. 4차에서 8차까지 마방진은 앞에서 설명한 속고적기산법(續古摘奇算法)에 두 가지씩 나타나 있고, 9차 마방진은 한 가지만 들어있는데, 뒤에 설명할 최석정(崔錫鼎)의 구수략(九數略)에 이들이 모두 인용되고, 또 하나의 9차 마방진을 첨가하였다([4]). 한편 정대위(程大位)는 그의 산법통종(算法統宗)에서 5차 마방진은 양휘의 것에서 3행과 3열을 고정하고 1행과 5행을 치환한 것을 들고, 6차 마방진은 양휘의 6차 마방진 두 번째 것인 음도(陰圖)의 1~6열을 각각 4, 5, 6, 1, 2, 3열로 늘어놓은 것을 들고 있다. 열의 수는 편의상 전통적인 방법의 오른쪽부터 세는 열의 수가 아니고 현재 사용하고 있는 왼쪽부터 세는 열의 수로 나타낸 것이다. 이들은 3절에 나오는 뒤러(Dürer)³⁾의 4차 마방진 보다 적어도 200년은 앞선 것이다. 현대수학자들이 현재까지 알아낸 바로는 4차 마방진은 880개, 5차 마방진은 2억7천5백30만5천2백24개가 존재는 것으로 계산됐다. 그러나 6차 이상의 마방진에 대해

2) 로널드 에일머 피셔(Ronald Aylmer Fisher, 1890~1962) : 영국의 농학자이며 통계학자.

3) Dürer(1471~1528) : 독일의 르네상스 시대의 대표적 화가로 판화와 수채화에서 독창적 재능을 보였다. 우울이라는 뜻의 벨랑콜리아1은 뒤러의 정신적 자화상이라고 한다.

서는 그 숫자가 몇 개인지 정확하게 알지 못한다.

라틴방진은 행, 열 각각에 1부터 n 까지의 숫자가 겹치지 않게 배열되어 있는 것, 즉 순열(permutation)로 이루어진 것이다. 라틴방진 중에서 이러한 배열 두 쌍을 결합시켰을 때에도 겹치는 숫자쌍이 없는 두 쌍의 라틴방진을 직교라틴방진이라 한다. 한상근 교수가 쓴 논문에 나오는 예로 설명을 하면 다음과 같다. 다음의 첫 두 방진은 3차 라틴방진이고, 두 라틴방진은 직교라틴방진이 되며 이것을 한 개의 방진에 나타내면 세 번째의 방진이 된다 [6].

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 2 & 3 & 1 \\ \hline 1 & 2 & 3 \\ \hline 3 & 1 & 2 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 3 & 2 \\ \hline 3 & 2 & 1 \\ \hline 2 & 1 & 3 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 2,1 & 3,3 & 1,2 \\ \hline 1,3 & 2,2 & 3,1 \\ \hline 3,2 & 1,1 & 2,3 \\ \hline \end{array}$$

세 번째의 방진의 각 성분을 보면 첫 번째 수는 왼쪽의 라틴 방진을 두 번째 수는 오른쪽의 라틴 방진을 나타낸다. 9개의 순서쌍은 숫자 1, 2, 3을 써서 만들 수 있는 가능한 모든 순서쌍의 집합 $\{(1,1), (1,2), \dots, (3,3)\}$ 이 된다. 두 개의 n 차 라틴방진이 직교한다는 것은 n^2 개의 가능한 모든 순서쌍이 만들어 진다는 뜻이다. 위의 직교라틴방진의 순서쌍 (i,j) 에 $3(i-1) + j$ 의 값을 대입하면 옆의 마방진이 나온다. 즉 n 차 직교라틴 방진이 있으면 n 차 마방진이 얻어진다[6].

$$(i,j) \Rightarrow 3(i-1) + j$$

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 2,1 & 3,3 & 1,2 \\ \hline 1,3 & 2,2 & 3,1 \\ \hline 3,2 & 1,1 & 2,3 \\ \hline \end{array} \Rightarrow \begin{array}{|c|c|c|} \hline 4 & 9 & 2 \\ \hline 3 & 5 & 7 \\ \hline 8 & 1 & 6 \\ \hline \end{array}$$

최석정보다 61년 뒤인 1707년 스위스에서 태어난 천재 수학자 오일러(Euler, 1707~1783)는 라틴방진을 연구하다 두 가지 라틴방진을 겹쳐놓았을 때 각 항목이 모두 다른 경우를 생각해내고 이것의 이름을 ‘그레코-라틴방진’이라 하였다. 그렇게 이름을 지은 이유는 하나는 그리스어 알파벳으로, 다른 하나는 라틴어 알파벳으로 이뤄져 있는 두 라틴 방진을 합쳤기 때문이다. 그 후 그레코-라틴 방진을 오일러를 기려 ‘오일러 방진’이라고도 부른다.

4 서양의 마방진과 직교라틴방진



그림 1: 뒤러의 멜랑콜리아1

1514년 화가 뒤러(Dürer)가 조각한 판화 멜랑콜리아1(Melancholia 1, 1514)의 오른쪽 위에 있는 정사각모양의 숫자판이 4차 마방진으로 이를 뒤러의 마방진이라 한다. 이는 양휘의 4차 마방진인 화십육도((花十六圖) = 최석정의 사사도(四四圖))의 제1~4열을 제3, 1, 4, 2열로 늘어놓은 것이다. 이 마방진에는 숫자들의 합이 34가 되는 조합이 여러 개 나온다. 예를 들면, 각 행과 각 열의 합, 중앙의 네 숫자의 합, 네 귀퉁이의 숫자의 합($16+13+1+4$)이 34이다. 또한 첫 행의 가운데에 있는 3, 2와 마지막 행의 같은 위치에 있는 15, 14의 합과 첫 째 열의 가운데에 있는 5, 9와 그와 마주보는 마지막열의 8, 12의 합은 34이다. 가운데의 가로줄과 세로줄에 의하여 만들어진 네 개의 정사각형에 있는 네 숫자들의 합($16+3+5+10=34$, $2+13+11+8=34$, $9+6+4+15=34$, $7+12+14+1=34$)도 모두 34이다.

16	3	2	13
5	10	11	8
9	6	7	12
4	15	14	1

1601년에 태어난 페르마(Fermat, 1601~1665)도 마방진의 이론에 관하여 연구했으나 후에 마방진 문제는 일종의 오락용 문제로서 전략하였다. 그러나 직교라틴방진의 연구는 오일러의 가설을 시작으로 수학자들 사이에 연구가 지속되어왔다.

조합론 디자인 편람 제2판에 보면 1776년, 오일러가 성페테스부르크의 과학 아카데미에 제출한 논문에 그가 직교라틴방진으로부터 3차, 4차와 5차의 마방진을 만들었다고 기술되어있다. 그는 ‘36장교 문제’로 알려진 6차 직교라틴방진을 찾다가 실패하자 1782년 “ $4k+2$ 차 직교라틴방진이 존재하지 않는다”는 유명한 가설을 제기했다. 몇백년 동안 이 가설에 대해 진전이 없었다[11]. 1842년 토마스 클라우센(Thomas Clausen)⁴⁾이 오일러와는 독립적으로 “6차 직교라틴방진이 존재하지 않는다”는 것을 증명했다고 슈마허(Schumacher)가 가우스(Gauss, 1777~1855)에게 편지를 보냈으나 이결과가 논문으로 출판 되지는 않았다[13]. 1900년 테리(Tarry)가 “6차 직교라틴방진이 존재하지 않는다”는 것을 증명하였다. 그의 증명은 6차 라틴방진을 모두 열거하여 비교해서 보였다[7]. 1901년 줄리어스 피터슨(Julius Petersen)⁵⁾과 1910년 베르니케(Wilhelm Wernicke)가 오일러의 가설에 대하여 증

4) 토마스 클라우센(1801~1885) : 덴마크 태생의 수학자

5) 줄리어스 피터슨(1839~1910) : 덴마크 수학자

명을 하였으나 후에 틀린 것으로 판명되었다[6, 11]. 1958년 보스(Raj Chandra Bose)⁶⁾와 Shrikhanle⁷⁾가 두 개의 22차 직교라틴방진을 만들어 보임으로써 오일러의 추측이 틀렸다는 것이 판명되었다. 1960년에 Bose와 Shrikhanle와 Parker는 2차와 6차를 제외한 $4k+2$ 차 직교라틴방진이 존재한다는 논문을 발표하였다. 결국 오일러의 가설이 틀렸음이 증명된 것이다[11]. 만일 최석정이 10차 직교라틴방진을 만드는데 성공하였다면 수학적으로 매우 뛰어난 업적이 되었을 것이다.

5 최석정의 마방진

최석정이 저술한 구수략은 서양 수학을 최초로 소개한 조선 산서이다([8]). 17세기 중엽 조선에 시헌력(時憲曆)⁸⁾이 들어오면서 이를 위한 서양 수학도 함께 조선에 들어왔다. 이중에 이지조⁹⁾가 편찬한 천학초함(天學初函)¹⁰⁾과 J. Rho¹¹⁾의 주산(籌算)이 구수략의 인용서적에 들어있다. 천학초함(天學初函)은 이편(理篇)과 기편(器篇)으로 나누어져 있는데, 이편(理編)은 천주교 교리에 관한 책들이고 기편(器編)은 서양과학에 관한 책들로 구성되어 있다. 기편(器編)에는 마테오 리치¹²⁾와 서광계¹³⁾가 유클리드(Euclid)의 원론(Elements)의 처음 6장을 번역한 기하원본(幾何原本, 1607)과 동문산지(同文算指, 1613, [1]) 등 10권이 있다. 동문산지는 클라비우스(Clavius)¹⁴⁾의 Epitome Arithmeticae Practicae(1583)와 정대위(程大位)의 산법통종(算法統宗)을 마테오 리치와 이지조가 편역한 것이다. 구수략은 동문산지(同文算指)를 주로 인용하면서 사상이론(四象理論)으로 전개한 책이다([8]). Rho의 주산(籌算)은 부록에서 인용하였다. 본 논문에서 취급하고 있는 마방진과 라틴방진도 부록에 함께 들어있다. 부록은 하락변수(河洛變數)라는 제목으로 시작한다. 앞에서

6) 보스(1901~1987) : 인도 수학자로 디자인이론에 업적을 남겼다.

7) Shrikhanle (1917~) : 인도 수학자로 조합론에 많은 업적을 남겼다.

8) 서양 신부 Adam Schall (湯若望) 등이 서양역법에 기초하여 편찬한 청나라의 역법으로 조선 시대의 효종 4년(1653년) 이후 1910년까지 한국에서 쓰던 역법이다.

9) 이지조(李之藻, 1565~1630): 중국 명나라 말기의 학자로 서광계와 함께 마테오 리치에게 사사하고 많은 서양학술책을 번역하였다.

10) 천학초함(天學初函, 1623): 중국 초기의 예수회 신부들이 한문으로 저술한 글들을 모은 책.

11) J. Rho (나아곡(羅雅曲, 1593~1638): 본명은 Jacque Rho로 청나라에서 활약하던 서양 신부로 오위력지(五緯曆指) 등 과학서적을 출판하였다.

12) 마테오 리치 (Matteo Ricci, 1552~1610, 利瑪竇(이마두)): 이탈리아 출신으로 예수회 선교사로 중국에 와서 많은 서양과학책들을 중국어로 번역하였다.

13) 서광계(徐光啓, 1562~1633): 마테오 리치에게 세례를 받고 수학을 배웠다. 마테오 리치와 함께 유클리드의 기하학을 번역하여 ‘기하학 원본’ 6권을 발간하였다.

14) 클라비우스(Clavius, 1538~1612): 독일 예수회에 속한 수학자이자 천문학자로 현대 그레고리력을 만드는 데 주된 역할을 하였다.

설명한 대로 사상 이론은 역(易)의 기초로 마방진, 라틴방진은 모두 순열로 이루어진 것인데 저자는 가장 간단한 역(易), 즉 변환은 일대일 대응, 즉 순열로 이를 기술하려고 한 것으로 보인다. 따라서 저자는 “변수(變數)” 혹은 “변궁(變宮)”이라는 용어를 사용하고 있다. 실제로 양휘의 속고기산법(續古摘奇算法)에 들어있는 종횡도(縱橫圖)를 인용하면서 그는 하락변수(河洛變數)라는 새로운 용어를 만들고 있다. 앞에서 설명한 대로 양휘산법(楊輝算法, [1])은 승제통변산보(乘除通變算寶, 1274) 세 권, 전무비류승제첩법(田畝比類乘除捷法, 1275) 두 권, 속고적기산법(續古摘奇算法, 1275) 두 권으로 구성되어 있는 것으로 주세걸(朱世傑)의 산학계몽(算學啓蒙, 1299, [1]), 안지재(安止齋)의 상명산법(詳明算法, 1373, [1])과 함께 조선 산학에 가장 크게 영향을 준 산서이다. 최석정은 그의 인용서적 목록에 이들 세 책과 구장산경, 산학통종, 경선징(慶善徵, 1616~?)의 묵사집산법(默思集算法)을 수학과 관계되는 것으로 들어놓았다. 다만 양휘산법의 세 책을 각각 승제산(乘除算), 적기산법(摘奇算法), 전무비류(田畝比類)라 하였다. 마방진은 ‘속고적기산법(續古摘奇算法)’ 상권에 들어있다. 낙서수(洛書數), 하도수(河圖數), 4차~10차 마방진—8차, 10차 마방진을 각각 육십사도(六十四圖,) 백자도(百子圖)라 하고 그 나머지는 사사도(四四圖), 오오도(五五圖) 등이라 불렀다—, 취오(聚五), 육, 팔도(六, 八圖), 찬구도(攢九圖), 팔진도(八陣圖), 연환도(連環圖) 등을 내용으로 한 종횡도로 시작한다. 앞에서 설명한 대로 4차부터 8차까지는 음도(陰圖)라는 이름을 붙여 두 가지 마방진을 들어놓았다. 음도(陰圖)가 아닌 4차, 7차, 8차 마방진은 각각 화십육도(花十六圖), 연수도(衍數圖), 역수도(易數圖)라는 이름을 달아 놓았다. 연수(衍數)는 주역에서 50개의 산가지(筮)를 가지고 괘(卦)를 정할 때 한 개를 제외하고 시작하는데 이를 연수(衍數)라 한 것과

8차는 팔괘(八卦)에서 연유한 것이다. 백자도(百子圖)는 엄격한 의미에서 10차 마방진이 아니고 다만 행과 열의 합이 모두 505인 방진이고, 대각선의 합은 각각 470, 550이다. 조선 산학자로 가장 훌륭한 업적을 이룬 홍정하(洪正夏, 1684~?)는 이를 교정하여 제대로 된 10차 마방진을 그의 저서 구일집(九一集([9]))에 써놓았다. 양휘산법(楊輝算法)은 현존하는 산서로 위와 같이 종횡도를 언급한 가장 오래된 것이다. 최석정은 그의 구수

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

략 부록에 양휘산법에 들어있는 종횡도를 그대로 인용하는데, 화십육도(花十六圖), 구구도(九九圖)는 각각 사사도(四四圖), 구수도(九數圖)라는 이름으로 나타내었다. 양휘산법

의 9차 마방진 구구도(九九圖)는 음도(陰圖)가 없는데 최석정은 새로운 마방진을 만들어 이를 구수음도(九數陰圖)라 불렀다. 이것은 마방진이 아니다. 필자의 생각은 최석정이 적는 과정에서 실수 한 것이 아닌가 하는 생각이 든다. 전체를 9개의 셀(cell)로 볼 때, 제1행의 가운데 열의 셀에서 37과 5를 바꾸면 아래의 마방진이 나온다. 각 행의 합이 369이고 또한 작은 정사각형 행렬의 각행, 각 열과 전체 대각선과 만나는 부분의 작은 대각선(아래 그림에 표시)의 세 수의 합은 123이다. 정해남과 허민이 번역한 구수략([4])에 보면 9개의 숫자로 이루어진 9개의 작은 셀(cell)중에 대각선에 있는 다음의 3개의 작은 셀이 다시 마방진이 된다고 [4]의 173쪽에 쓰여 있는데 실제로 살펴보면 오직 가운데 셀만이 마방진이 된다.

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

50	18	55	65	25	33	32	64	27
66	31	26	9	41	73	16	51	56
7	74	42	49	57	17	75	8	40

최석정은 앞에서 설명한대로 양휘의 백자도를 인용하였다. 이어서 최석정은 10차 라틴방진 두 개를 백자자수음양착종도(白子子數陰陽錯綜圖), 백자모수음양착종도(白子母數陰陽錯綜圖)라는 이름으로 들어놓았다. 두 착종도(錯綜圖)는 각각 110, 09로 이루어진 것인데 전자는 대각선을 1부터 10까지 차례로 늘어놓고 계속하여 1부터 9까지 늘어놓는 방법을 사용하고, 후자는 9부터 0까지 차례로 늘어놓고 이어서 9부터 1까지 늘어놓는 방법으로 구성하였다. 이들을 결합하여 짝으로 이루어진 백자생성순수도(白子生成純數圖), 백자생성교수도(白子生成交數圖)를 구성하였는데 이들은 직교라틴방진이 아니다. 마지막으로 백자음양자모착종도(白子陰陽子母錯綜圖)인 10차 방진을 들어 놓았는데 마방진을 이루지 않는다([4]). 이어서 마방진의 변형으로 앞에서 설명한 양휘산법에 들어있는 취오(聚五), 팔도(八圖), 찬구도(攢九圖), 팔진도(八陣圖), 연환도(連環圖)를 각각 천수용오도(天數用五圖), 기책용팔도(氣策用八圖), 중상용구도(重象用九圖), 중괘용팔도(重卦用八圖), 후책용구도(候策用九圖)라는 이름으로 인용하고, 그 밖에 13개의 마방진의 변형을 새로 첨가하였다.

최석정은 변형에서 방진으로 옮겨 갔는데 그 첫째 것이 9차 직교라틴방진으로 구구모수 변궁양도(九九母數變宮陽圖)라는 이름으로 아래와 같다.



그림 2: 구수략의 구구모수변궁양도 원문

직교 라틴방진이라는 것을 “횡간중간구수무일중복자(橫看從看九數無一重複者)”라는 말로 나타내고, 이어지는 3개의 방진을 포함하여 “이하사도계신정(以下四圖係新定)”이라는 말로 저자가 새로 만들었다는 것을 나타내었지만 이의 구성 방법에 대한 언급은 하지 않고 있다. 또 9차 직교방진에서 구성되는 마방진에 대한 언급도 하지 않았다. 이어서 구구모수변궁음도(九九母數變宮陰圖), 구구자수변궁양도(九九子數變宮陽圖), 구구자수변궁음도(九九子數變宮陰圖)를 들어놓았다. 양도(陽圖)와 음도(陰圖)의 관계로 보아 구구모수변궁음도(九九母數變宮陰圖)도 라틴방진 형태로 보아야 하지만 그렇지 않고, $10n + k$ ($1 \leq n, k \leq 9$)로 이루어진 방진인데 이 경우도 26, 62; 68, 86; 69, 96의 자리를 맞바꾸면 마방진이 된다([4]). 이 경우는 특히 구수략의 각자(刻字)를 하는 사람이 잘못 처리한 것으로 보인다. 구구자수변궁양도(九九子數變宮陽圖)는 3차 마방진인 낙서를 각각 1~9배하여 낙서의 자리에 이들을 늘어놓아 마방진을 구성한 것이다([4]). 마지막으로 九九子數變宮음도(陰圖)는 가로 세로 모두의 합이 구구자수변궁양도(九九子數變宮陽圖)와 같이 225이지만 모든 원소가 서로 다르지 않은 방진이다.

최석정은 역(易)과 관계있는 것으로 마방진과 라틴방진을 이해하고 새로운 마방진과 그 변형들을 구성하였는데 앞에서 설명한 대로 구수략(九數略) 본문과 같이 역법(易法)으로 이를 설명하여 현재 그가 의도하는 바를 수학적으로 설명이 되지 않는 것도 들어있다. 방진에 대하여 매우 창의적인 결과이다.

한상근 교수는 최석정이 직교 라틴방진뿐 만 아니라, 3차 마방진 두 개를 결합해서 9차 방진을 만들어내는 현대수학자 아들러(Adler)의 연산법[10]도 알고 있었다고 주장한

다[5, 7]. 최근에 대만 학술원의 Ko-Wei Lih 교수가 ‘A Remarkable Euler Square before Euler’ 라는 논문에서 최석정에 대하여 Mathematical Association of America가 발행하는 Mathematics Magazine 2010년 6월호에 발표하였다[12].

6 맺는말

최석정은 양휘산법의 속고적기산법에 들어있는 마방진을 연구하고 새로운 마방진을 구성하여 그의 저서 구수략(九數略)의 부록에 넣었다. 구수략은 동문산지(同文算指)의 내용을 그의 사상이론(四象理論)으로 정리하여 서양 수학을 전한 책으로 잘 알려져 있는데 방진도 역시 역(易)으로 설명하려고 하였다. 특히 역(易)의 한 형태로 순열을 생각하여 라틴방진을 구성하고, 나아가 음양(陰陽)의 조합으로 사상(四象)이 만들어 지는 것과 같이 두 라틴방진의 조합을 연구하게 된 것으로 추정된다. 특히 9차 직교라틴방진, 즉 새로운 순열로 이루어진 직교라틴방진을 구성하였다([6], [12]). 최석정이 1646년에서 1715사이에 살았으므로 최석정의 직교라틴방진이 오일러보다 적어도 50여년 앞섰음을 보여주고 있다. 수학사적으로 볼 때, 우리나라 수학은 주로 중국이나 서양에서 발전 된 수학을 받아들여 사용되어지고 있다고 생각되어져왔다. 그러나 적어도 조합론의 원조가 되는 직교라틴방진의 원조가 조선시대의 최석정이었다는 사실은 우리가 자랑할 수 있는 결과이다.

감사의 글

본 논문을 읽어주시고 많은 조언을 아끼지 아니하신 홍성사 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

- [1] 《中國歷代算學集成》, 上, 中, 下, 山東人民出版社, 1994.
- [2] 구정희, 류재철, 이병국, $3 - \lambda$ 차 마방진에 대하여, KSIAM IT series Vol.10, No.1, 11-19, 2006.
- [3] 김태성, 김원규, 사상산서구수략연구, 과학교육연구논총, Vol. 9:1-12, 1992.
- [4] 최석정(정해남, 허민 역), 구수략, 교우사, 2006.
- [5] 이동훈, 한상근, 마방진에대하여, 한국수학교육학회지시리즈E(1998) 제7집, 201-213, 1998.
- [6] 오윤용, 한상근, 최석정과 그의 마방진, 한국수학교육학회지 시리즈 A(1993), Vol. 32, No 3, 205-219, 1993.
- [7] 한상근, 최석정과 그의 구수략, 한국수학교육학회 뉴스레터(1998) 14권 2호 통권 54호.

- [8] 홍영희, 朝鮮 算學과 數理精蘊, 한국수학사학회지 19(2006), No. 2, 25-46.
- [9] 홍정하(강신원, 장혜원 역), 구일집, 교우사, 2006
- [10] Allan Adler, "Magic N-Cubes Form a Free Monoid," *the electronic journal of combinatorics* 4 (1997), #R15
- [11] Charles J. Colbourn, Jeffrey H. Dinitz (Editor), *Handbook of Combinatorial Designs*, 2nd edition, page 12, Chapman and Hall, 2006.
- [12] Ko-Wei Lih, "A remarkable Euler square before Euler," *Mathematics Magazine*, 83(2010), 163 - 167.(2010)
- [13] <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/Biographies/Clausen.html>

Orthogonal Latin squares of Choi Seok-Jeong

Department of Applied Mathematics, Paichai University Sung Sook Kim Department
of Applied Mathematics, Paichai University Mee Kyung Khang

A latin square of order n is an $n \times n$ array with entries from a set of n numbers arranged in such a way that each number occurs exactly once in each row and exactly once in each column. Two latin squares of the same order are orthogonal latin square if the two latin squares are superimposed, then the n^2 cells contain each pair consisting of a number from the first square and a number from the second. In Europe, Orthogonal Latin squares are the mathematical concepts attributed to Euler. However, an Euler square of order nine was already in existence prior to Euler in Korea. It appeared in the monograph Koo-Soo-Ryak written by Choi Seok-Jeong(1646-1715). He construct a magic square by using two orthogonal latin squares for the first time in the world. In this paper, we explain Choi's orthogonal latin squares and the history of the Orthogonal Latin squares.

Key Words: Choi Seok-Jeong, Kusuryac, Orthogonal Latin squares, magic square

2000 Mathematics Subject Classification: 01A13, 01A45, 01-00, 01A75

접수일: 2010년 7월 16일 수정일: 2010년 8월 6일 게재확정일: 2010년 8월 9일