

組立生産에 있어서 주기시간과 라인평형 지연관계에 관한 研究

(A Study on the Relationship between Cycle Time and Balance Delay)

朴 明 圭*

Abstract

Most line balancing technique widely used in manufacturing industry is done by balancing to a cycle or operator, time determined to provide the exact number of required units per day. No thought is given to benefit foregone by making slight changes to cycle time to achieve better distribution of the work among operators.

This study provides a method to minimize balance delay by the choice of cycle time.

본고에서는 cycle time을 변수로 하여 생산량, 작업원수 또는 작업대수 지연율의 상호변화관계를 유도·분석한다.

1. 序 論

라인평형(line balancing) 문제의 골자는 활동들을 적절히 한데 묶거나 분할하여 작업을 수행하는 데 필요한 시간으로 따져서 각 작업대(work station)에 부여된 작업량이 모두 같아지도록 하여 주는 것이다.¹⁾

라인평형에 있어서 각 작업자 또는 작업대에게 작업을 부여할 경우에는 조립작업들의 작업순서 또는 선행작업조건을 만족시켜야 한다는 제약조건이 있으며 이러한 조건을 만족시키면서 각 작업자 또는 작업대에 균등한 작업량을 어떻게 분배해야 하는 방법 연구로부터 라인평형 문제가 제기되었다.

1954년 미국 Chicago에 있는 Northwestern대학에서 Benjamin Bryton은 석사학위 논문에 최초로 라인평형의 분석적 방법을 발표하였다. 그 이후 많은 학자들이 라인평형 문제에 대한 이론들을 발표하였으며 라인평형 평가방법으로 평형효율 또는 평형지연율 등을 사용하였다. 이러한 라인평형의 평가는 주어진 제품생산량을 전제로 작업들을 할당하여 생산라인의 평형지연율을 갖는 라인평형이 최적화라고 채택하였다.

* 明知大 産業工學科

1) 朴景洙, 經營工學概論(서울: 塔出版社, 1980), p. 126.

2 라인평형의 필요성

일반적으로 조립생산공장에 있어서 조립라인에 흐르는 공정별 작업량(부하량)이 같지 않을 때 가장 큰 작업량을 갖는 작업공정, 즉 요소작업시간이 가장 긴 작업을 어떻게 처리하면 작업유희시간 없이 전체 공정의 흐름을 원만히 운용할 것인가에 직면하게 된다. 작업량 불균형 분배로 인하여 조립라인의 평형이 이루어지지 않았을 경우에는 작업자 유희시간의 증가 및 공정재고의 증가 등으로 인한 생산원가의 상승을 가져올 뿐아니라 작업속도에도 나쁜 영향을 미치게 된다.

그러므로 조립라인에서 발생할지 모르는 이러한 요인들을 없애기 위한 방법으로써 요소작업과 그에 대한 시간을 중심으로 하여 라인평형 문제에 직면하게 된다.

이 라인평형 방법은 생산 및 조립주기 시간(cycle time) 결정, 작업자수 또는 작업대(work station)수의 결정 등을 중심으로 생산 및 조립주기내에 한 작업자 또는 작업대가 완료할 수 있는 작업량을 균등분할하여 줌으로써 예상되는 생산량을 조립 생산할 수 있도록 유도하여 줄 뿐아니라 각작업자

또는 작업대의 부하를 균형화시켜 줌으로써 생산 및 조립활동을 원활히 함은 물론 유희 및 정체에서 발생하는 경비를 절감시킬 수 있다.

그러므로 한 제품에 대한 작업 및 시간분석이 완료되어 생산조립이 시작되려면 생산공장의 조립라인에서 결정해야 할 라인명형에 대한 문제들은 다음으로 좁혀지게 될 것이다.

- ① 생산조립 주기시간이 주어지고 최소의 작업원수 또는 작업대수를 결정하는 문제
- ② 작업자수 및 작업대수가 주어지고 최소치의 주기시간을 결정하는 문제
- ③ 평형지연시간을 최소로 하는 주기시간을 구하는 문제
- ④ 요소작업들의 선행관계를 유지 하면서 작업자 또는 작업대에 작업을 할당하는 문제²⁾

조립라인 평형문제들에 대한 여러 접근방법중 평형지연시간의 산출공식은

$$di = c - ti$$

로 표시된다. 여기서 di 는 작업 i 의 평형지연시간, c 는 생산·조립 주기시간 및 ti 는 작업 i 의 요소작업시간을 나타낸다.

3. 평형지연함수의 유도

조립라인에 n 명의 작업자가 있으며 각 작업자가 단 1개의 요소작업만을 수행한다고 한다면 작업 i 에 대한 평형 지연시간은

$$di = c - ti \dots\dots\dots (1)$$

이 된다. (단, 주기 c 의 범위는 $t_{max} \leq c \leq \sum_i ti$)

평형지연율을 주기 c 에 대한 백분율이라 하면 작업 i 에 대한 평형지연율은

$$Di = \frac{c - ti}{c} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

이 된다.

만약 작업 전체에 대한 총평형지연시간을 구하려면 모든 작업의 평형지연시간의 합계이므로

$$bd = \sum_i di = \sum_i (c - ti) = nc - \sum_i ti \dots\dots\dots (3)$$

가 되며 $\sum_i ti$ 는 총작업시간이므로 작업자수 n 으로 나누면

$$\bar{c} = \frac{\sum_i ti}{n} \dots\dots\dots (4)$$

\bar{c} 는 평균작업시간이 되므로 식 (3)은 다시 $nc - n\bar{c}$ 로 표시된다. 결과적으로 라인전체의 평형지연율은

2) 人見勝人, 曹圭甲(譯), 生産시스템工學(서울: 塔出版社, 1980), pp. 163 ~ 166.

$$B.D = \frac{\sum_i (c - ti) \times 100}{nc} = \frac{nc - \sum_i ti}{nc} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

가 된다.

식 (5)를 다시 쓰면

$$B.D = \left[1 - \frac{\sum_i ti}{nc} \right] \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

이 된다. 여기에서 $\sum_i ti$ 와 n 은 각각 총작업시간과 작업자수로써 이 값들이 주어진다면 최저치의 $B.D$ 를 갖기 위해서는 c 가 최소치를 가져야 한다. 즉

$$B.D_{min} = \left[1 - \frac{\sum_i ti}{nc_{min}} \right] \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

이 된다. 그러므로 이 식은 c 의 함수라 할 수 있으며 평형지연함수라 부를 수 있다. 이 식을 이용하면 평형지연율을 최소로 하는 조립주기 (c)를 구할 수 있다.

4. 例 示

평형지연율이 c 의 함수로 표시된

$$B.D_{min} = \left[1 - \frac{\sum_i ti}{nc_{min}} \right] \times 100$$

을 이용하여 K공장의 제품들의 model별 조립생산작업을 분석하여 평형지연율을 y -축, 주기시간을 x -축으로 한 그래프를 그려보면 이 함수의 그래프는 그림 ①~④와 같이 Zig-Zag선으로 나타났다. 이 함수의 그래프를 그리기 위한 컴퓨터 프로그램은 다음과 같다.

예①: 제품 A

제품 A를 조립하기 위한 총조립작업분석을 하여 다음과 같은 데이터를 얻었다.

총조립 소요시간 $\sum ti = 36.48$ (분)

최장 단일요소작업시간 $t_{max} = 0.40$ (분)

이 데이터를 이용하여 식 (7)을 적용 최초의 조립주기 $c = 0.40$ 분 (즉 $t_{max} = 0.40$ 분)으로부터 출발하여 c 를 0.40 분 ~ 10.00 분 사이에서 0.01 분 간격으로 증가 변화시키면서 평형지연율의 변화, 소요 작업자수 및 예상 생산량을 컴퓨터로 계산하여 별표 ①의 결과를 얻었다. (단, 1일 작업시간 = 480 분)

이 결과를 $c = 0.40 \sim 0.80$ 분과 $c = 2.00 \sim 2.40$ 분에 대하여 평형지연율변화를 그림 1과 2에 나타내면 Zig-Zag선을 이루게 된다.

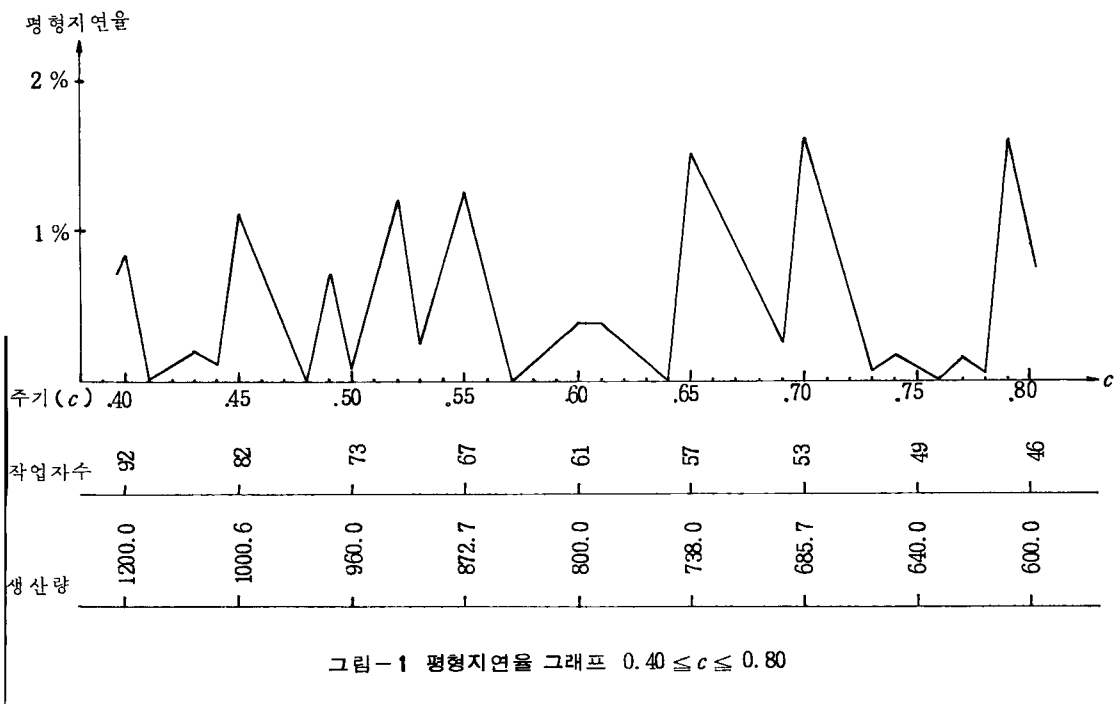
그림 ①에서, 조립주기 $c = 0.40 \sim 0.80$ 분 사이에 나타난 평형지연율이 0인 주기 $c = 0.48, 0.57,$

```

0001      REAL M, M2, N
0002      T2=480
0003  22    TYPE *, 'AAAAAA'
0004      READ(5,1) T
0005  1     FORMAT(F6.3)
0006      IF(T.EQ.0.0) GO TO 33
0008      TYPE *, 'BBBBBCCCCC'
0009      READ(5,2) B,C
0010  2     FORMAT(2F6.3)
0011      WRITE(6,111) T,C,B
0012  111   FORMAT(1H1,2X,' T = ',F6.3/// 2X,' C
              = ',F6.3,' - ',F6.3)

0013  11    M=T/C
0014      M2=M+0.9999
0015      M4=INT(M2)
0016      N=T2/C
0017      D = 1 - T / ( M4 * C)
0018      IF(D.LT.0.0000001) D=0.0
0020      WRITE(6,3) C,M,M4,N,D
0021  3     FORMAT(1H0,10X,' C = ',F5.2,'
              M = ',F7.3,' M" = ',I3,
              A' N = ',F11.6,' D = ',F9.6)

0022      C = C + 0.01
0023      IF(C.GT.8) GO TO 22
0025      GO TO 11
0026  53    STOP
0027      END
    
```



20 朴明圭

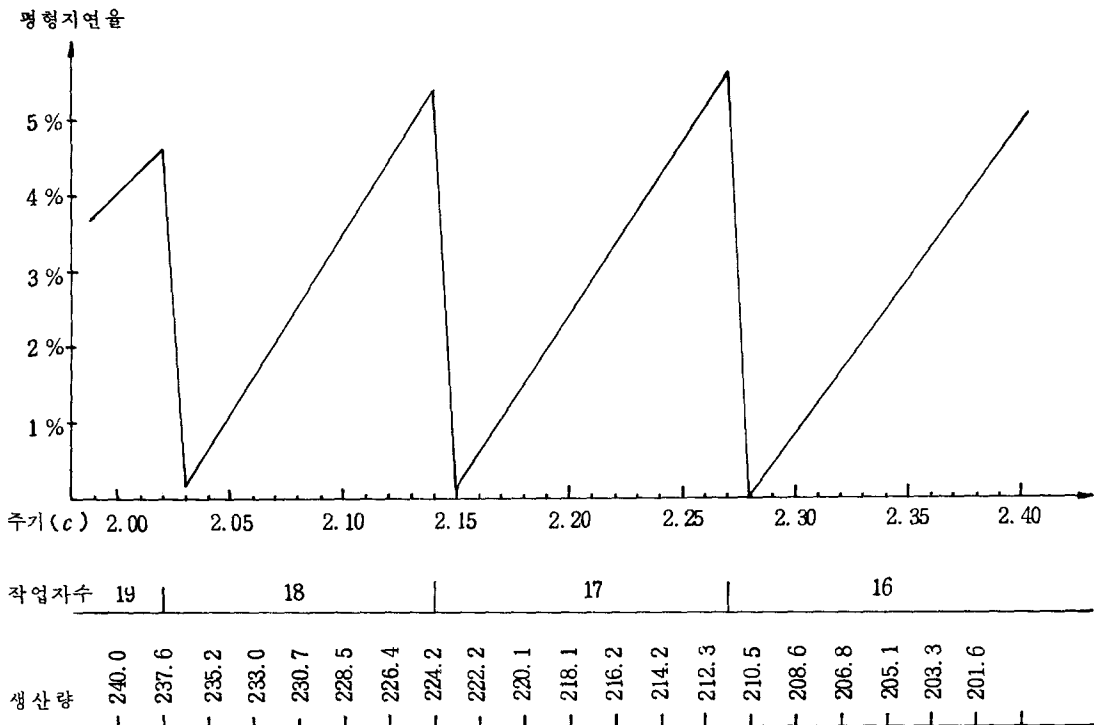


그림-2 평형지연율 그래프 $2.0 \leq c \leq 2.4$

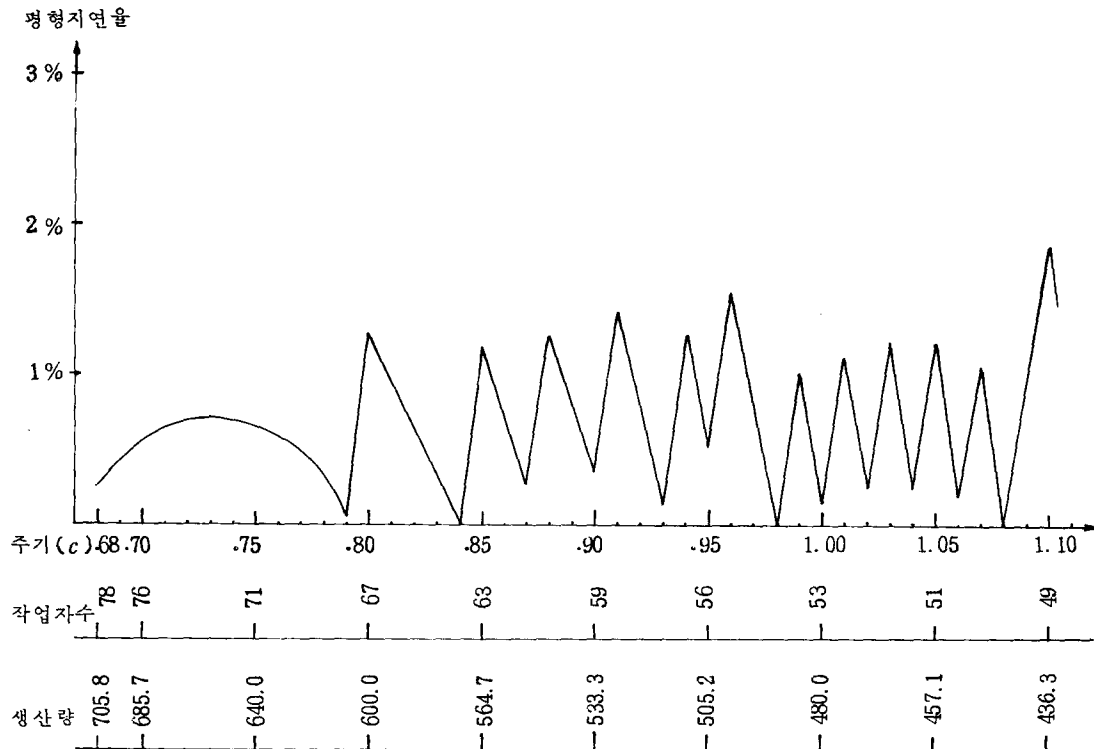


그림-3 평형지연율 그래프 $0.68 \leq c \leq 1.10$

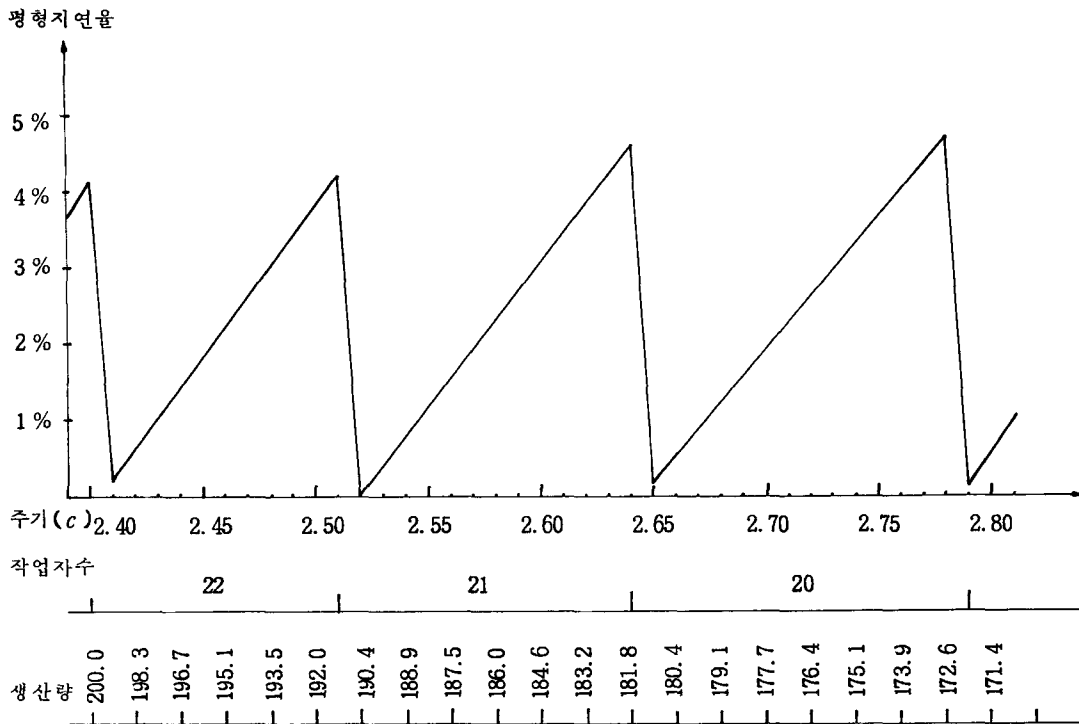


그림 - 4 평형지연율 그래프 $2.40 \leq c \leq 2.80$

0.64, 0.76 이 되며 그림 2에서는 $c = 2.28$ 이 된다. 이 조립라인의 실제 조립주기는 $c = 0.72$ 분으로써 그림 1에서 보는 바와 같이 평형지연율이 0.6%로 1% 미만의 좋은 라인평형을 이루고 있음을 보여주고 있다.

예 ②: 제품 B

예 ①에서와 같은 방법으로 총조립작업 분석결과 총조립 소요시간 $\sum ti = 52.92$ (분)

최장 단일요소작업시간 $t_{max} = 0.68$ (분)

이 데이터를 이용하여 예 ①과 같이 컴퓨터 처리하여 별표 ②의 결과를 얻었다. 이 결과를 $c = 0.68 \sim 1.10$ 분과 $c = 2.40 \sim 2.80$ 분으로 구분하여 그림 3과 4의 그래프를 얻었다.

그림 3에서 평형지연율이 0인 주기 $c = 0.84, 0.98, 1.08$ 이며 그림 4에서는 $c = 2.52$ 일 때였으며 실제의 조립주기는 $c = 0.76$ 으로 평형지연율 0.5%로 1% 미만의 좋은 라인 평형을 이루고 있다.

특히 그림 2와 그림 4에서 조립주기 결정에 필요한 여러 대안들이 나타내어 주고 있다. 그림 2를 예로 들면, 17명의 작업자로 주기 2.15 분으로 할 때 생산량은 223.2, 라인평형지연율은 약 0.2%인 생산방법과 주기 2.27 분으로 할 때는 생산량 211.4와 라인평형지연율 5.4%를 갖는 생산방법이 있을 수 있다는 것을 나타내며 동시에 211.4를 생산하는

때 투입되는 직접인건비가 223.2를 생산할 경우와 동일하게 요구된다는 것을 나타내 주고 있다.

5. 結 論

라인평형의 목적이 라인평형의 필요성에서 언급한 문제들중의 하나인 조립주기 c 의 선정에 있다고 한

다면 c 의 함수로 표시된 $B \cdot D_{min} = \left[1 - \frac{\sum ti}{nc_{min}} \right] \times 100$ 을 사용하여 컴퓨터 계산결과로부터 주어진 모든 작업자수(또는 작업대수)를 고려하여 최소의 평형지연율을 갖는 조립주기시간을 쉽게 구할 수가 있다. 한편 이 계산결과로

① 주어진 작업시간내에서 제한된 작업자 인원으로 경제적으로 라인에서 생산할 수 있는 수량과

② 제한된 작업자로서 요구되는 생산량을 조립하기 위한 주기 등에 대한 의사결정을 신속하게 내릴 수 있는 것이다.

그러나 실제적인 라인평형문제에 있어서 각 요소 작업 소요시간간의 큰 편차, 조립작업들의 선행조건 및 조립라인상의 제한조건들로 인하여 사용상에 주의가 필요하며 완전평형상태는 비현실적으로 활용면에서는 평형지연율이 0 보다 크게 유지하여 조립주기시간 (c) 이내에 각 요소작업시간이 있도록 활용

하여야 할 것이다.

2) 이순요, 新工程管理論, 서울: 博英社, 1981.

3) 人見勝人, 曹圭甲(譯), 生産시스템工學, 서울: 塔出版社, 1980.

參 考 文 獻

1) 朴景洙, 經營工學概論, 서울: 塔出版社, 1980.

C = 0.74	M = 48,640	M* = 49	N = 640,000204	D = 0.007507
C = 0.76	M = 48,000	M* = 48	N = 631,579224	D = 0.000000
C = 0.77	M = 47,377	M* = 48	N = 623,376892	D = 0.012987
C = 0.78	M = 46,760	M* = 47	N = 615,300080	D = 0.004910
C = 0.79	M = 46,177	M* = 47	N = 607,492215	D = 0.017506
C = 0.80	M = 45,609	M* = 46	N = 600,000244	D = 0.006695
C = 0.81	M = 45,057	M* = 46	N = 592,922834	D = 0.020954
C = 0.82	M = 44,488	M* = 45	N = 585,366089	D = 0.011302
C = 0.83	M = 43,952	M* = 44	N = 578,313559	D = 0.001095
C = 0.84	M = 43,429	M* = 44	N = 571,028833	D = 0.012987
C = 1.00	M = 18,421	M* = 19	N = 742,022,000	D = 0.000302
C = 1.01	M = 18,352	M* = 19	N = 741,299,007	D = 0.000175
C = 2.00	M = 18,299	M* = 19	N = 740,406,168	D = 0.000994
C = 2.01	M = 18,149	M* = 19	N = 738,606,137	D = 0.000775
C = 2.02	M = 18,059	M* = 19	N = 737,623,972	D = 0.000504
C = 2.03	M = 17,979	M* = 18	N = 736,463,309	D = 0.001601
C = 2.04	M = 17,882	M* = 18	N = 735,299,281	D = 0.006535
C = 2.05	M = 17,795	M* = 18	N = 734,146,515	D = 0.011561
C = 2.06	M = 17,709	M* = 18	N = 733,009,872	D = 0.016181
C = 2.07	M = 17,623	M* = 18	N = 731,884,232	D = 0.020933
C = 2.08	M = 17,536	M* = 18	N = 730,769,934	D = 0.025640
C = 2.09	M = 17,455	M* = 18	N = 729,665,237	D = 0.030302
C = 2.10	M = 17,371	M* = 18	N = 728,571,594	D = 0.034920
C = 2.11	M = 17,289	M* = 18	N = 727,488,312	D = 0.039494
C = 2.12	M = 17,206	M* = 18	N = 726,415,253	D = 0.044024
C = 2.13	M = 17,127	M* = 18	N = 725,352,240	D = 0.048513
C = 2.14	M = 17,047	M* = 18	N = 724,299,225	D = 0.052959
C = 2.15	M = 16,967	M* = 17	N = 723,255,901	D = 0.001914
C = 2.16	M = 16,889	M* = 17	N = 722,222,362	D = 0.006535
C = 2.17	M = 16,811	M* = 17	N = 721,191,318	D = 0.011113
C = 2.18	M = 16,734	M* = 17	N = 720,163,655	D = 0.015650
C = 2.19	M = 16,658	M* = 17	N = 719,141,238	D = 0.020144
C = 2.20	M = 16,582	M* = 17	N = 718,124,076	D = 0.024690
C = 2.21	M = 16,507	M* = 17	N = 717,111,947	D = 0.029012
C = 2.22	M = 16,432	M* = 17	N = 716,104,370	D = 0.033306
C = 2.23	M = 16,359	M* = 17	N = 715,101,796	D = 0.037720
C = 2.24	M = 16,286	M* = 17	N = 714,103,873	D = 0.042014
C = 0.40	M = 91,700	M* = 92	N = 1200,000000	D = 0.008676
C = 0.41	M = 89,776	M* = 89	N = 1170,731004	D = 0.009274
C = 0.42	M = 86,057	M* = 87	N = 1142,657176	D = 0.001642
C = 0.43	M = 84,037	M* = 85	N = 1116,279179	D = 0.001915
C = 0.44	M = 82,909	M* = 83	N = 1090,489180	D = 0.001095
C = 0.45	M = 81,067	M* = 82	N = 1066,666748	D = 0.011302
C = 0.46	M = 79,304	M* = 80	N = 1043,478394	D = 0.008696
C = 0.47	M = 77,617	M* = 78	N = 1021,276733	D = 0.009910
C = 0.48	M = 76,000	M* = 76	N = 1000,000122	D = 0.000000
C = 0.49	M = 74,449	M* = 75	N = 979,491980	D = 0.007397
C = 0.50	M = 72,960	M* = 73	N = 960,060183	D = 0.000558
C = 0.51	M = 71,529	M* = 72	N = 941,176575	D = 0.006536
C = 0.52	M = 70,154	M* = 71	N = 923,077647	D = 0.011918
C = 0.53	M = 68,830	M* = 69	N = 905,660572	D = 0.002461
C = 0.54	M = 67,556	M* = 68	N = 888,889038	D = 0.006656
C = 0.55	M = 66,327	M* = 67	N = 872,727417	D = 0.010001
C = 0.56	M = 65,143	M* = 66	N = 857,143005	D = 0.012987
C = 0.57	M = 64,000	M* = 64	N = 842,105469	D = 0.000000
C = 0.58	M = 62,897	M* = 63	N = 827,686075	D = 0.001642
C = 0.59	M = 61,831	M* = 62	N = 813,459509	D = 0.002733
C = 0.60	M = 60,800	M* = 61	N = 800,000183	D = 0.003278
C = 0.61	M = 59,803	M* = 60	N = 786,906457	D = 0.003278
C = 0.62	M = 58,839	M* = 59	N = 774,193707	D = 0.002733
C = 0.63	M = 57,905	M* = 58	N = 761,969968	D = 0.001642
C = 0.64	M = 57,000	M* = 57	N = 750,000244	D = 0.000000
C = 0.65	M = 56,123	M* = 57	N = 738,461792	D = 0.015364
C = 0.66	M = 55,273	M* = 56	N = 727,272949	D = 0.012987
C = 0.67	M = 54,448	M* = 55	N = 716,418152	D = 0.010000
C = 0.68	M = 53,647	M* = 54	N = 705,882566	D = 0.006536
C = 0.69	M = 52,870	M* = 53	N = 695,652905	D = 0.002461
C = 0.70	M = 52,114	M* = 53	N = 685,714534	D = 0.016711
C = 0.71	M = 51,380	M* = 52	N = 676,056580	D = 0.011917
C = 0.72	M = 50,667	M* = 51	N = 666,666931	D = 0.006536
C = 0.73	M = 49,973	M* = 50	N = 657,540005	D = 0.000000

C # 0.89	M # 59.461	M # 59	M # 59	M # 533.333618	D # 0.003309	C # 2.27	M # 16.070	M # 17	H # 211.453903	D # 0.050677
C # 0.90	M # 58.800	M # 59	M # 59	M # 527.472039	D # 0.010341	C # 2.28	M # 16.000	M # 16	H # 210.556474	D # 0.000000
C # 0.91	M # 58.134	M # 58	M # 58	M # 521.739441	D # 0.008205	C # 2.29	M # 15.930	M # 16	H # 209.607107	D # 0.004366
C # 0.92	M # 57.522	M # 57	M # 57	M # 516.124333	D # 0.001697	C # 2.30	M # 15.861	M # 16	H # 208.691801	D # 0.000000
C # 0.93	M # 56.903	M # 57	M # 57	M # 510.638580	D # 0.012317	C # 2.31	M # 15.792	M # 16	H # 207.792358	D # 0.012946
C # 0.94	M # 56.298	M # 56	M # 56	M # 505.263458	D # 0.005263	C # 2.32	M # 15.724	M # 16	H # 206.896713	D # 0.017241
C # 0.95	M # 55.705	M # 56	M # 56	M # 500.000305	D # 0.015624	C # 2.33	M # 15.657	M # 16	H # 206.008743	D # 0.021459
C # 0.96	M # 55.125	M # 55	M # 55	M # 494.845602	D # 0.008959	C # 2.34	M # 15.590	M # 16	H # 205.128357	D # 0.025660
C # 0.97	M # 54.557	M # 54	M # 54	M # 489.796204	D # 0.000000	C # 2.35	M # 15.523	M # 16	H # 204.255476	D # 0.029767
C # 0.98	M # 54.000	M # 54	M # 54	M # 484.848785	D # 0.010100	C # 2.36	M # 15.456	M # 16	H # 203.389904	D # 0.033894
C # 0.99	M # 53.455	M # 53	M # 53	M # 480.000275	D # 0.001509	C # 2.37	M # 15.389	M # 16	H # 202.531198	D # 0.037974
C # 1.00	M # 52.920	M # 53	M # 53	M # 475.247805	D # 0.011395	C # 2.38	M # 15.324	M # 16	H # 201.680817	D # 0.042016
C # 1.01	M # 52.396	M # 52	M # 52	M # 470.588531	D # 0.002262	C # 2.39	M # 15.260	M # 16	H # 200.836975	D # 0.046024
C # 1.02	M # 51.882	M # 52	M # 52	M # 466.019714	D # 0.011949	C # 2.40	M # 15.200	M # 16	H # 200.000153	D # 0.049999
C # 1.03	M # 51.379	M # 51	M # 51	M # 461.538767	D # 0.002262	C # 2.41	M # 15.137	M # 16	H # 199.170273	D # 0.053941
C # 1.04	M # 50.885	M # 51	M # 51	M # 457.145121	D # 0.011764	C # 2.42	M # 15.074	M # 16	H # 198.347260	D # 0.057851
C # 1.05	M # 50.400	M # 50	M # 50	M # 452.830475	D # 0.001509	C # 0.68	M # 77.424	M # 76	H # 79.200639	D # 0.002602
C # 1.06	M # 49.925	M # 50	M # 50	M # 448.594419	D # 0.010841	C # 0.69	M # 76.896	M # 77	H # 695.652944	D # 0.005952
C # 1.07	M # 49.450	M # 49	M # 49	M # 444.444733	D # 0.000000	C # 0.70	M # 76.400	M # 76	H # 691.211609	D # 0.009263
C # 1.08	M # 49.000	M # 49	M # 49	M # 440.361249	D # 0.009174	C # 0.71	M # 75.935	M # 75	H # 671.011641	D # 0.006156
C # 1.09	M # 48.550	M # 49	M # 49	M # 436.363922	D # 0.018161	C # 0.72	M # 75.500	M # 74	H # 666.466992	D # 0.006756
C # 1.10	M # 48.109	M # 48	M # 48	M # 432.432709	D # 0.006756	C # 0.73	M # 75.093	M # 73	H # 647.534505	D # 0.006903
C # 1.11	M # 47.676	M # 48	M # 48	M # 428.571606	D # 0.019624	C # 0.74	M # 74.714	M # 72	H # 644.648926	D # 0.006756
C # 1.12	M # 47.250	M # 47	M # 47	M # 424.774022	D # 0.003977	C # 0.75	M # 74.360	M # 71	H # 640.000305	D # 0.006197
C # 1.13	M # 46.832	M # 47	M # 47	M # 421.052007	D # 0.012317	C # 0.76	M # 74.032	M # 70	H # 631.579274	D # 0.005263
C # 1.14	M # 46.421	M # 46	M # 46	M # 417.591571	D # 0.020906	C # 0.77	M # 73.727	M # 69	H # 623.376953	D # 0.003952
C # 1.15	M # 46.017	M # 46	M # 46	M # 413.793365	D # 0.008205	C # 0.78	M # 73.446	M # 68	H # 615.389909	D # 0.002262
C # 1.16	M # 45.621	M # 45	M # 45	M # 410.256683	D # 0.016722	C # 0.79	M # 73.187	M # 67	H # 607.595215	D # 0.000188
C # 1.17	M # 45.231	M # 45	M # 45	M # 406.779938	D # 0.003369	C # 0.80	M # 72.940	M # 67	H # 600.000305	D # 0.012686
C # 1.18	M # 44.847	M # 45	M # 45	M # 403.361603	D # 0.011764	C # 0.81	M # 72.703	M # 66	H # 592.592096	D # 0.010101
C # 1.19	M # 44.471	M # 45	M # 45	M # 400.000275	D # 0.019999	C # 0.82	M # 72.477	M # 65	H # 585.366150	D # 0.007129
C # 1.20	M # 44.100	M # 44	M # 44	M # 396.694489	D # 0.006010	C # 0.83	M # 72.261	M # 64	H # 578.535536	D # 0.003765
C # 1.21	M # 43.736	M # 44	M # 44	M # 393.442871	D # 0.014157	C # 0.84	M # 72.056	M # 63	H # 571.428094	D # 0.000000
C # 1.22	M # 43.377	M # 44	M # 44	M # 390.244171	D # 0.022772	C # 0.85	M # 71.861	M # 63	H # 564.706177	D # 0.011764
C # 1.23	M # 43.024	M # 43	M # 43	M # 387.097046	D # 0.007501	C # 0.86	M # 71.676	M # 62	H # 558.139832	D # 0.007501
C # 1.24	M # 42.677	M # 43	M # 43	M # 384.000244	D # 0.015441	C # 0.87	M # 71.500	M # 61	H # 551.724426	D # 0.002826
C # 1.25	M # 42.336	M # 42	M # 42	M # 380.952637	D # 0.000000	C # 0.88	M # 71.333	M # 61	H # 545.054834	D # 0.014157

C = 2.63	M = 20.122	M* = 21	N = 182.509644	D = 0.041824	C = 1.27	M = 41.669	M* = 42	N = 377.953003	D = 0.007873
C = 2.64	M = 20.044	M* = 21	N = 181.818329	D = 0.040454	C = 1.28	M = 41.348	M* = 42	N = 375.000244	D = 0.015624
C = 2.65	M = 19.978	M* = 20	N = 181.132217	D = 0.001509	C = 1.29	M = 41.023	M* = 42	N = 372.093262	D = 0.023255
C = 2.66	M = 19.895	M* = 20	N = 180.451263	D = 0.002262	C = 1.30	M = 40.708	M* = 41	N = 369.231010	D = 0.007129
C = 2.67	M = 19.820	M* = 20	N = 179.774421	D = 0.000986	C = 1.31	M = 40.397	M* = 41	N = 366.412476	D = 0.014708
C = 2.68	M = 19.746	M* = 20	N = 179.100614	D = 0.012686	C = 1.32	M = 40.091	M* = 41	N = 363.630597	D = 0.022172
C = 2.69	M = 19.673	M* = 20	N = 178.431797	D = 0.016356	C = 1.33	M = 39.780	M* = 40	N = 360.902924	D = 0.005262
C = 2.70	M = 19.600	M* = 20	N = 177.777408	D = 0.019499	C = 2.34	M = 22.113	M* = 23	N = 296.608165	D = 0.012942
C = 2.71	M = 19.528	M* = 20	N = 177.121492	D = 0.023616	C = 2.34	M = 22.015	M* = 23	N = 295.324557	D = 0.016122
C = 2.72	M = 19.456	M* = 20	N = 176.470718	D = 0.027205	C = 2.34	M = 22.519	M* = 23	N = 294.034474	D = 0.020936
C = 2.73	M = 19.385	M* = 20	N = 175.824310	D = 0.030769	C = 2.34	M = 22.024	M* = 23	N = 293.749794	D = 0.025025
C = 2.74	M = 19.314	M* = 20	N = 175.182617	D = 0.034306	C = 2.37	M = 22.329	M* = 23	N = 292.451799	D = 0.029168
C = 2.75	M = 19.244	M* = 20	N = 174.545593	D = 0.037817	C = 2.38	M = 22.233	M* = 23	N = 291.160817	D = 0.033242
C = 2.76	M = 19.174	M* = 20	N = 173.913177	D = 0.041304	C = 2.38	M = 22.142	M* = 23	N = 290.869775	D = 0.041304
C = 2.77	M = 19.105	M* = 20	N = 173.285339	D = 0.044765	C = 2.40	M = 22.050	M* = 23	N = 290.580153	D = 0.001865
C = 2.78	M = 19.036	M* = 20	N = 172.662003	D = 0.048201	C = 2.41	M = 21.959	M* = 22	N = 199.170273	D = 0.006010
C = 2.79	M = 18.968	M* = 19	N = 172.043152	D = 0.001697	C = 2.42	M = 21.868	M* = 22	N = 198.347260	D = 0.010100
C = 2.80	M = 18.900	M* = 19	N = 171.428711	D = 0.005262	C = 2.43	M = 21.778	M* = 22	N = 197.531021	D = 0.014157
C = 2.81	M = 18.833	M* = 19	N = 170.818634	D = 0.008802	C = 2.44	M = 21.689	M* = 22	N = 196.721466	D = 0.018181
C = 2.82	M = 18.766	M* = 19	N = 170.212906	D = 0.012317	C = 2.45	M = 21.600	M* = 22	N = 195.918518	D = 0.022172
C = 2.83	M = 18.700	M* = 19	N = 169.611435	D = 0.015807	C = 2.46	M = 21.512	M* = 22	N = 195.122101	D = 0.026131
C = 2.84	M = 18.634	M* = 19	N = 169.014221	D = 0.019273	C = 2.47	M = 21.425	M* = 22	N = 194.332134	D = 0.030050
C = 2.85	M = 18.568	M* = 19	N = 168.421198	D = 0.022714	C = 2.48	M = 21.339	M* = 22	N = 193.546536	D = 0.033953
C = 2.86	M = 18.504	M* = 19	N = 167.832306	D = 0.026131	C = 2.49	M = 21.253	M* = 22	N = 192.771225	D = 0.037817
C = 2.87	M = 18.439	M* = 19	N = 167.247515	D = 0.029524	C = 2.50	M = 21.168	M* = 22	N = 192.000153	D = 0.041651
C = 2.88	M = 18.375	M* = 19	N = 166.666794	D = 0.032898	C = 2.51	M = 21.084	M* = 22	N = 191.235199	D = 0.000000
C = 2.89	M = 18.311	M* = 19	N = 166.090103	D = 0.036289	C = 2.52	M = 21.000	M* = 21	N = 190.476334	D = 0.003952
C = 2.90	M = 18.248	M* = 19	N = 165.517365	D = 0.039612	C = 2.53	M = 20.917	M* = 21	N = 189.723465	D = 0.007873
C = 2.91	M = 18.186	M* = 19	N = 164.948578	D = 0.042874	C = 2.54	M = 20.835	M* = 21	N = 188.976517	D = 0.011764
C = 2.92	M = 18.123	M* = 19	N = 164.383698	D = 0.046142	C = 2.55	M = 20.753	M* = 21	N = 188.235443	D = 0.015624
C = 2.93	M = 18.061	M* = 19	N = 163.822662	D = 0.049398	C = 2.56	M = 20.672	M* = 21	N = 187.500137	D = 0.019455
C = 2.94	M = 18.000	M* = 18	N = 163.265442	D = 0.000000	C = 2.57	M = 20.591	M* = 21	N = 186.770569	D = 0.023255
C = 2.95	M = 17.939	M* = 18	N = 162.711990	D = 0.003309	C = 2.58	M = 20.512	M* = 21	N = 186.046661	D = 0.027026
C = 2.96	M = 17.878	M* = 18	N = 162.162292	D = 0.006756	C = 2.59	M = 20.432	M* = 21	N = 185.326323	D = 0.030769
C = 2.97	M = 17.818	M* = 18	N = 161.616287	D = 0.010100	C = 2.60	M = 20.354	M* = 21	N = 184.615524	D = 0.034482
C = 2.98	M = 17.758	M* = 18	N = 161.073352	D = 0.013422	C = 2.61	M = 20.276	M* = 21	N = 183.904188	D = 0.038206