

## R 패키지를 이용한 토모그래피 지도 제작

정태웅<sup>1</sup> · Jonathan M. Lees<sup>2</sup>

<sup>1</sup>세종대학교 지구환경과학과  
<sup>2</sup>노스캐롤라이나대학, 지구과학과

### Preparation of Tomographic Maps Based on the R Package

Tae Woong Chung<sup>1</sup> and Jonathan M. Lees<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Earth & Environmental Sciences, Sejong University

<sup>2</sup>Department of Geological Sciences, University of North Carolina at Chapel Hill

**요약:** 현재 전세계적으로 지구과학 분야의 지도제작은 Generic Mapping Tools (GMT) 소프트웨어가 사용되고 있으나, 사용자가 그 내용을 이해하기 쉽지 않고, 마이크로소프트 (MS) 윈도우 PC에서의 구동이 잘 되지 않은 단점이 있다. R언어는 패키지 'GEOmap'을 사용하면 MS윈도우상에서 GMT와 같은 지도작업이 잘 될 뿐 아니라, GMT에 비해 명령어가 이해하기 쉬우며, 명령에 대한 Help 기능이 컴퓨터 상에서 대화형으로 잘 구비되어 있다. 여기서는 'GEOmap'을 이용한 지도제작의 대강을 설명하고, 본 연구팀이 최근 발표한 토모그래피 지도제작에대한 적용례를 소개하였다.

**주요어:** 지도제작, GMT, R, GEOmap

**Abstract:** Being widely used for preparation of geographic maps in the field of earth sciences, Generic Mapping Tools (GMT) is difficult to understand the contents for user, and not working well with Microsoft (MS) Window PC. By utilizing R package, 'GEOmap', we can do mapping work at MS window PC with commands easier than those of GMT. In addition, the R commands offer interactive help. Here we introduce brief feature of 'GEOmap', and illustrate the procedure for preparing tomographic maps with an example.

**Keywords:** Mapping work, GMT, R, GEOmap

## 서론

지구물리학을 비롯한 지구과학 분야에서 지도제작은 연구결과를 잘 전달하기 위하여 매우 중요하다. 현재 전세계적으로 지구과학 분야의 지도제작은 Wessel과 Smith가 중심이 되어 제작한 Generic Mapping Tools (GMT) 소프트웨어가 사용되고 있다. GMT는 웹사이트(<http://gmt.soest.hawaii.edu/>)를 통하여 무료로 다운로드 받을 수 있고 매우 정교한 지도 제작이 가능하다. 그러나 C언어로 제작되어 컴퓨터언어 비전문가가 그 내용을 이해하기 쉽지 않고, 마이크로소프트(MS) 윈도우 PC에서의 구동이 잘 되지 않은 단점이 있다.

Bell 연구소(AT&T, 현재는 Lucent Technology)에서 1970년대에 개발된 통계그래픽 대화형 S언어를 모체로 하여 1991년

에 뉴질랜드 오오클랜드대학의 Ihaka와 Gentleman이 R언어를 개발하였는데, S와는 달리 소스를 공개함으로써 누구나 무료로 다운로드 받아 사용할 수 있다. 현재 R (R Development Core Team, 2006)은 유닉스환경은 물론 MS 윈도우와 매킨토시 컴퓨터에서도 구동이 되며, 모든 명령에 대한 Help 기능이 대화형으로 잘 구비되어 있다. 또 사용자가 정의하는 함수를 사용함으로써 강력한 확장성을 가지고 있어서 이의 개발에 전세계 사용자가 적극 참여하고 있다. 노스캐롤라이나대의 Lees 교수는 R의 지진분야 활용을 위한 여러 패키지를 개발하였는데, 여기에는 지도제작을 위한 'GEOmap' (Lees, 2008) 이 포함되어 있다. 여기서는 'GEOmap'을 이용한 지도제작의 대강을 설명하고, 본 연구팀이 최근 발표한 논문(Chung *et al.*, 2007)에의 적용례를 소개하고자 한다.

2008년 8월 18일 접수; 2008년 10월 23일 채택

\*Corresponding author

E-mail: chungtw@sejong.ac.kr

Address: Department of Earth & Environmental Sciences,  
Sejong University  
Kunja-dong98 Kwangjin-ku SEOUL 143-747

## R 및 패키지 설치

인터넷 브라우저에서 <http://www.r-project.org/>을 연 다음, 좌측 메뉴의 Download에서 CRAN을 클릭하여 가까운 미러 사

**Table 1.** R Commands to install 'GEOmap' package.

```
> install.packages("GEOmap")
> library(GEOmap)
---download of "world2.RDATA" from http://www.unc.edu/~leesj/
FETCH/GRAB/
>load("world2.RDATA")
```

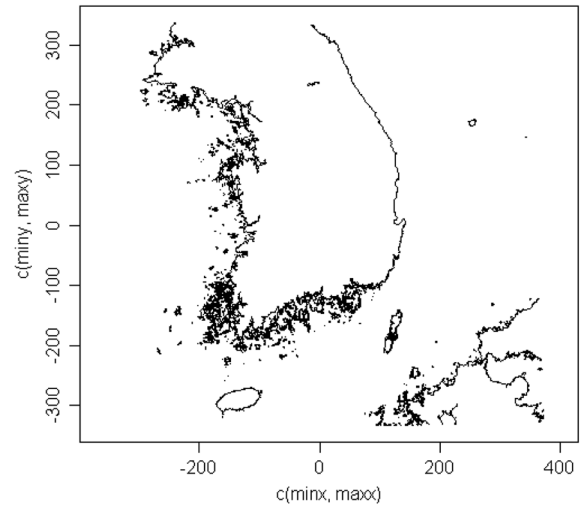
이트를 선택한다. 우리나라(Korea)는 서울대 사이트(<http://bibls.snu.ac.kr/R/>)가 존재하며, 여기서 이미 컴파일된 Binary 배포판으로서의 Windows를 클릭하고, base(Bibraries for base distribution)을 클릭하면 29 Mbyte의 셋업 프로그램 R-2.8.0-win32.exe를 얻을 수 있는 메뉴에 도달한다. 셋업 프로그램으로 설치를 마치면 바탕화면에 R 로고가 만들어지고 이 로고를 클릭하면 R 윈도우가 뜨면서 '>' 모양의 입력 프롬프트가 표시된다. 컴퓨터 환경에 따라서는 R 윈도우가 뜨지 않는 현상이 발생하는 경우가 있는데, 이때에는 일본 쓰쿠바대학 미러 사이트(<http://cran.md.tsukuba.ac.jp/>)의 동일한 메뉴 화면에서 'old'를 선택하여 2008년 2월판인 R-2.6.2-win32.exe를 설치하도록 한다(서울대 사이트에서는 현재 입수 불가).

R 윈도우에서 기본적인 연산은 가능하나, 지도제작을 비롯한 전문영역의 기능을 수행하기 위해서는 함수패키지를 추가로 다운로드 받아 설치하는데, 한번 다운로드된 패키지는 R을 'q("yes")'로 종료하거나 종료시 보관여부를 물을때 '예'를 클릭하면 보존된다. 패키지의 다운로드를 CRAN의 좌측메뉴 Software에서 Packages를 선택하면 알파벳 순으로 수많은 패키지가 놓여있는 것을 볼 수 있다.

지도제작용 패키지의 하나로서 2008년 Lees가 제작한 'GEOmap'을 사용하기 위해 Table 1과 같은 명령어를 입력하여야 한다. R 명령어는 대소문자를 구별하므로 이에 주의한다.

첫줄 명령을 수행하면 팝업창을 통해 CRAN의 미러사이트를 선택하여 인스톨이 실행되고 두 번째 명령으로 함수가 사용가능한 환경이 된다.

'GEOmap'의 지도제작을 위한 해안선 지도자료는 'geomap-data' 패키지를 다운로드 받게 되어 있는데, 이는 범지구적 연구를 위한 지도이고 한반도 지역을 나타내기 위해서는 보다 정밀한 해안선 지도자료를 마지막 명령어(load) 입력전에 다운로드 받아야 한다. 정밀한 해안선 지도자료는 Lees의 홈페이지(<http://www.unc.edu/~leesj/FETCH/GRAB/>)의 19 Mbyte 크기의 "world2.RDATA"를 클릭하여 R과 동일한 작업 공간에 다운로드 받도록 한다. 다운로드 후, 'world2'라는 파일명으로 불러올 수 있도록 'load' 명령을 수행하여야 한다. R의 작업공간은 상측의 '파일' 메뉴에서 '디렉토리 변경'을 통해서 확인할 수 있으며, 작업공간 디렉토리를 변경하여 지정할 수도 있다. R에서 수행한 명령은 'history()'를 통해 열람할 수 있으며 history("plot")와 같이 패턴을 지정하여 열람할 수

**Fig. 1.** Example of detailed coastal map of Korean region made by R commands in Table 2.**Table 2.** R commands to draw coastal map of Korean regions.

```
>ch = list(lon=c(124,132), lat=c(33, 39))
>proj = setPROJ(type=2, LAT0=mean(ch$lat), LON0=mean(ch$lon))
>plotGEOmapXY(world2, LIM=c(ch$lon[1], ch$lat[1], ch$lon[2],
ch$lat[2]), PROJ=proj)
```

있다.

## R에 의한 지도제작

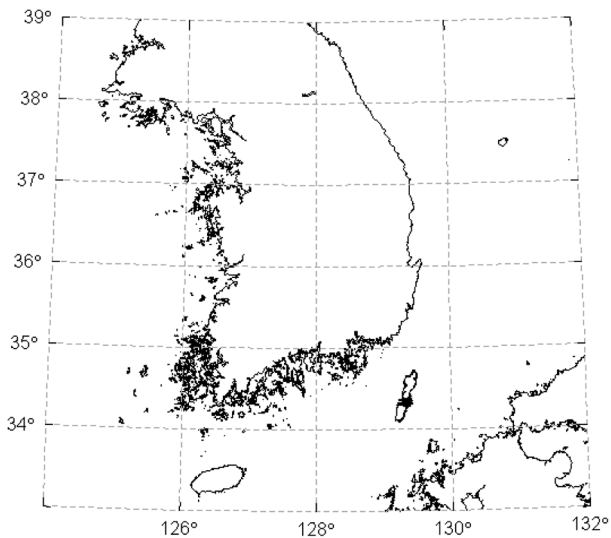
설치작업이 완료되었으면 Table 1과 같은 명령으로 한반도 지역의 해안선도(Fig. 1)를 작성해 보도록 한다.

Table 2의 첫줄 명령은 위도 33-39도, 경도 124-132도의 지도제작 범위를 지정하는데, 각 위경도의 두 값을 list라는 명령어로 ch 변수에 묶고 있다. list 명령에 대한 설명과 예는 ?list를 치면 팝업창을 통해 나타나는데, 모든 R 명령에 대한 도움말은 ?표시 뒤에 명령어를 붙여 입력함으로써 확인할 수 있다.

lat와 lon에는 'c()'라는 집합으로 두 값이 지정되고 있으며, ch 변수로 묶인 lat와 lon값은 '\$' 표시를 통하여 위도는 ch\$lat, 경도는 ch\$lon으로 이후에 나타나고 있다. 'c'는 ?c를 치면 설명 메뉴가 뜨며, 설명 메뉴 목차에는 '\$'도 나와 있어서 각각의 용법을 확인할 수 있다. 둘째 줄에서 지도 제작 방식과 중심점을 정하는데, 일반적으로 type=2를 지정함으로써 등거리 투영방식을 택한다. type의 종류는 8 종류를 택할 수 있는데, 'projtype()'를 수행하여 각 종류를 확인할 수 있다. 위경도 중심점 LAT0 및 LON0는 mean 함수로 각각 ch\$lat와 ch\$lon에서 산출하고 있으며, 셋째줄에서 위경도의 최소최대값 LIM에 ch\$lat[1], ch\$lon[2], ch\$lon[1], ch\$lon[2]라는 배열로 나타나고 있다. GEOmap은 디폴트로 중심점에서 km거리

**Table 3.** R commands to express longitude and latitude in Fig. 1.

```
>gxy = GLOB.XY(ch$lat, ch$lon, proj)
>PLAT = pretty(ch$lat)
>PLON = pretty(ch$lon)
>plot(gxy$x, gxy$y, type='n', asp=1, axes=FALSE, xlab="", ylab="")
>plotGEOmapXY(world2, LIM=c(ch$lon[1], ch$lat[1], ch$lon[2],
ch$lat[2]), PROJ=proj, add=TRUE)
>addLLXY(PLAT, PLON, PROJ=proj, LABS=TRUE)
```

**Fig. 2.** Map transformed from Fig. 1 to show longitude and latitude.

로 좌표를 표시한다. 이를 일반적인 위경도의 지도(Fig. 2)로 바꾸기 위해 Table 3과 같은 명령을 추가로 입력한다.

Table 3의 첫줄 ‘GLOB.XY’ 명령에서 위경도를 xy 값으로 전환하여, 4 번째 ‘plot’ 명령에서 전환된 xy 좌표(gxy\$x, gxy\$y)를 배경으로 그림도시 준비를 하는 명령을 수행하고 있다. plot 명령의 인수에 대해서는 ?plot.default에서 그 내용을 확인할 수 있는데, 여기서 type='n'은 아무 점이나 선도 도시하지 않으며, asp=1은 x/y 비율이 같다는 것이고, axes=FALSE는 축을 이 명령에서 그리지 않으며(다음 명령에서 수행), xlab="", ylab=""은 축에 대한 라벨을 쓰지 않음(다음 명령에서 수행)을 의미한다.

여기에 5번째의 명령 ‘plotGEOmapXY’로 world2 자료로 해안선을 LIM 변수 범위로 앞서plot에 의해 지정된 좌표로 그리는데, 추가적으로 그린다는 ‘add=TRUE’가 인수에 있어야 한다. Fig. 2는 2, 3 번째 줄의 ‘pretty’ 명령에서 구한 정수 좌표값을 도시하는 6번째 ‘addLLXY’ 명령을 수행한 결과인데, 인수에서 LABS=TRUE는 위경도 라벨을 도시하라는 의미이다.

만약 지도에 수치 기입 등으로 가장자리에 여유가 필요하거나 둘레를 네모반듯하게 표현한 지도가 필요한 경우, Table 3과 같은 명령을 수행한다.

**Table 4.** R commands to express marginal boundary in Fig. 2.

```
>M=30
>boundx = c(min(gxy$x)-M, max(gxy$x)+M)
>boundy = c(min(gxy$y)-M, max(gxy$y)+M)
>plot(range(gxy$x), range(gxy$y), type='n', ann=FALSE, axes=FALSE,
xlim=boundx, ylim=boundy, asp=1)
>plotGEOmapXY(world2, LIM= c(ch$lon[1], ch$lat[1], ch$lon[2],
ch$lat[2]), add=TRUE, PROJ=proj, linewidth=.5)
>rect(min(boundx),min(boundy), max(boundx), max(boundy))
>sqrtICXY(list(x=boundx, y=boundy), proj)
```

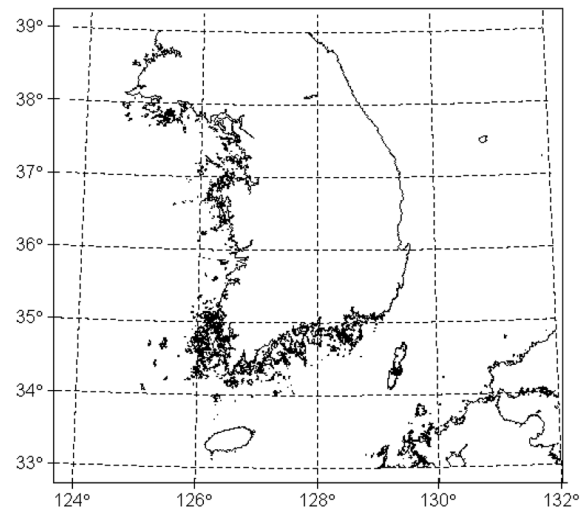
**Fig. 3.** Map obtained from commands in Table 4.

Table 4 첫줄의 M값을 조절하여 2, 3줄의 boundx, boundy의 가장자리 여유분을 만들고, 4째줄 plot 명령의 인수에서 xlim, ylim 값으로 한계치를 지정한다. aa=FALSE는 다음 단계에서 x, y축에 라벨을 쓰지 않도록 하여, 마지막 단계에서 수치가 적히도록 한다. 5째줄에서 plotGEOmap 명령의 인수에 ‘linewidth=.5’를 추가하여 해안선 굵기를 조절하였다. 6째줄의 ‘rect’ 명령으로 가장자리 네모를 min, max 함수로 지정한 다음, sqrtICXY 명령으로 도시한다(Fig. 3).

## R에 의한 토모그래피 지도 제작

Chung *et al.*(2007)은 한반도 주변 일대의 조밀한 Lg 지진파 경로에서 각 위경도 1도에 대한 Q값을 역산하였다. 이를 R의 최소자승에 의한 평활화를 통하여 지도상에 Q값을 배치하는 과정이 Table 5이다. 첫줄 명령에서 입력파일 “LgQ.txt”(부록 1 참조)를 scan 명령으로 읽는데, 자료에 대한 설명이 첫줄에 있고, 경도, 위도, Q값의 순서로 입력되어 있다. scan 함수에서 ‘skip=1’로 첫줄을 건너 뛴 다음, 자료의 세 가지 값을 list를 통하여 ODAT에 묶는다. GLOB.XY로 위경도의 좌표변환을 행하고, 4번째 줄의 ‘data.frame’ 명령의 인수에서 ‘cbind’의 3 변수로 Oframe에 3열로 묶는다. 5~6번째 줄에서 ‘surf.gls’와

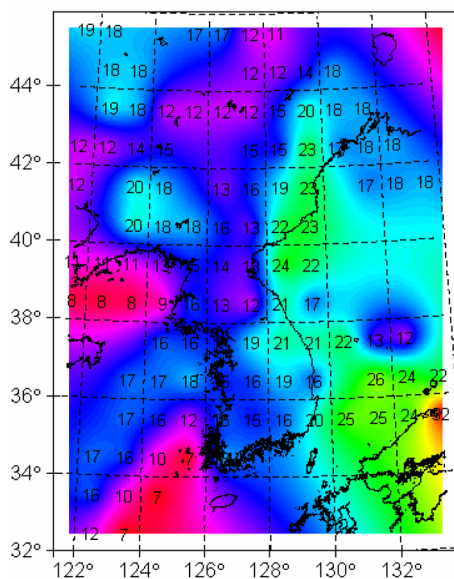
**Table 5.** R commands to produce spatial variable values ('Q-1'), from the values for each longitude/latitude in "LgQ.txt".

```
>ODAT = scan(file="LgQ.txt", skip=1, list(lon=0, lat=0, val=0))
>proj = setPROJ(type = 2, LAT0=mean(ODAT$lat),
LON0=mean(ODAT$lon))
>ODXY = GLOB.XY( ODAT$lat, ODAT$lon, proj)
>Oframe = data.frame(cbind(x=ODXY$x, y=ODXY$y, z=ODAT$val))
>ODAT.kr = surf.gls(3, expcov, Oframe, d=100)
>prsurf = prmat(ODAT.kr, min(Oframe$x), max(Oframe$x),
min(Oframe$y), max(Oframe$y), 500)
```

**Table 6.** R commands to describe tomographic map based on the interpolation values obtained by commands in Table 5.

```
>pal = rev(rainbow(100))
>labs = format(10000*ODAT$val, digits=1)
>M=50
>boundx = c(min(ODAT$lon)-M, max(ODAT$lon)+M)
>boundy = c(min(ODAT$lat)-M, max(ODAT$lat)+M)
>plot(range(prsurf$x), range(prsurf$y), type='n', ann=FALSE,
axes=FALSE, xlim=boundx, ylim=boundy, asp=1)
>image(prsurf, col=pal, xlim=boundx, ylim=boundy, add=TRUE)
>plotGEOmapXY(world2, LIM= c(min(ODAT$lon), min(ODAT$lat),
max(ODAT$lon), max(ODAT$lat) ), add=TRUE, PROJ=proj,
linelwd=.5)
>text(ODXY$x, ODXY$y, labels=labs, cex=.8)
>rect(min(boundx),min(boundy), max(boundx), max(boundy))
>sqrtTICXY(list(x=boundx, y=boundy), proj)
```

'prmat' 명령으로 최소자승에 의한 평활화를 행하여 지도상의 Q값을 산출하게 된다. 'surf.gls'의 입력값 '3'은 3차 다항식 평면을 의미하며, 인수의 'expcov'는 평활화를 행하는 공간공분산 함수 exp(-Oframe/d)를 의미한다. prmat의 입력값 '500'은



**Fig. 4.** Tomographic map of Lg Q-1 obtained from the commands in Table 6.

자료평면내에  $500 \times 500$ 의 산출값을 지정한다. 이들 5~6 번째의 평활화 명령은 'spatial' 패키지에 속해있는데, 'base'로 이미 인스톨되어 있는 관계로 최초 사용 시 'library(spatial)' 명령을 수행하여야한다.

Table 6은 Table 5에서 얻어진 평활화된 자료값을 첫째 'rainbow' 명령으로 일반적인 무지개 빛을 수치적으로 배분하여 나타내려고 한다. 'rev' 함수는 1부터 100의 값을 거꾸로 배분하였음을 의미한다. 둘째 'format' 명령은 각 위경도 1도의 역산 자료값에 1만을 곱하여 정수화한 값 'labs'를 지도상에 직접 표기하기로 한 것이다. 역산값을 잘 나타내기 위하여 Table 4와 같이 적당한 M값을 주고, boundx, boundy의 값을 지정이 되고 이 한계값 범위 내에서 image 명령으로 자료값이 나타내진다. 9번째 줄의 text 명령으로 자료값이 지도에 표시 되는데, 인수의 cex=.8은 글씨크기를 지정한 것이고, 마지막 두 줄의 rect, sqrtTICXY 명령을 Table 4와 동일하게 수행하여 외곽선을 완성한다. 위 명령으로 산출된 Fig. 4는 Chung *et al.* (2007)와 내용적으로 동일한 토모그래피 지도이다.

## 결 언

R언어의 패키지 'GEOmap'은 MS윈도우상에서 지도작업이 잘 될 뿐 아니라, GMT에 비해 명령어가 이해하기 쉬우며, 명령에 대한 Help 기능이 컴퓨터 상에서 대화형으로 잘 구비되어 있다. R은 패키지를 통하여 활용분야가 매우 넓으며, 지도작업 외에 지진자료를 처리하는 'RSEIS'(Lees, 2008)가 있어서 MATLAB(Mathworks사)과 같이 지진자료 처리용으로 많이 사용되고 있는 유료프로그램을 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

## 사 사

R언어 연구와 본 원고의 작성에 2008년도 기상지진기술개발사업(CATER 2006-5104)의 지원이 있었음을 밝힙니다.

## 참고문헌

- Chung, T. W., Noh, M.-H., Kim, J.-K., Park, Y.-K., Yoo, H.-J., and Lees, J. M., 2007, A study of the regional variation of low frequency  $Q_{Lg}^{-1}$  around the Korean Peninsula, Bulletin of the Seismological Society of America, **97**, 2190-2197.
- Lees, J. M., 2008, RSEIS: seismic time series analysis tools, <http://www.r-project.org>
- Lees, J. M., 2008, GEOmap: topographic and geographic mapping, <http://www.r-project.org>
- R Development Core Team, 2006, R: A language and environment for statistical computing, edited by R.F.f.S. Computing, Vienna, Austria.

## 부록 1. 입력파일 LgQ.txt

# 115.5	116.5	117.5	118.5	119.5	120.5	121.5	122.5	123.5	124.5	125.5	137.50	36.50	0.48141
# 126.5	127.5	128.5	129.5	130.5	131.5	132.5	133.5	134.5	135.5	136.5	138.50	36.50	0.48213
# 137.5	138.5	139.5	140.5	141.5	142.5	143.5	144.5				117.50	37.50	0.67455
	120.50	31.50	0.67455								118.50	37.50	0.67455
	121.50	31.50	0.62652								120.50	37.50	0.72657
	122.50	31.50	0.50543								121.50	37.50	0.81250
	123.50	31.50	0.50809								122.50	37.50	0.81250
	120.50	32.50	0.67455								123.50	37.50	0.81974
	121.50	32.50	0.75689								124.50	37.50	1.00663
	122.50	32.50	0.57626								125.50	37.50	1.04222
	123.50	32.50	0.50122								126.50	37.50	0.57014
	124.50	32.50	0.50809								127.50	37.50	0.69304
	125.50	32.50	0.50809								128.50	37.50	0.77111
	126.50	32.50	0.50809								129.50	37.50	0.69917
	119.50	33.50	0.67455								130.50	37.50	0.62864
	120.50	33.50	0.67455								131.50	37.50	0.50259
	121.50	33.50	0.72657								132.50	37.50	0.49211
	122.50	33.50	0.83550								133.50	37.50	0.47257
	123.50	33.50	0.43643								134.50	37.50	0.49282
	124.50	33.50	0.44421								135.50	37.50	0.53595
	126.50	33.50	0.50809								136.50	37.50	0.48988
	127.50	33.50	0.50809								137.50	37.50	0.48319
	128.50	33.50	0.50809								116.50	38.50	0.67455
	129.50	33.50	0.50809								117.50	38.50	0.67455
	119.50	34.50	0.67455								119.50	38.50	0.81384
	120.50	34.50	0.72657								120.50	38.50	0.72334
	121.50	34.50	0.72657								121.50	38.50	0.54631
	122.50	34.50	0.83550								122.50	38.50	0.52979
	123.50	34.50	0.83550								123.50	38.50	0.54025
	124.50	34.50	0.43495								124.50	38.50	0.64051
	125.50	34.50	0.44391								125.50	38.50	0.94945
	126.50	34.50	1.45631								126.50	38.50	0.84017
	129.50	34.50	0.50809								127.50	38.50	1.02041
	130.50	34.50	0.50809								128.50	38.50	0.75043
	131.50	34.50	0.50809								129.50	38.50	0.63966
	132.50	34.50	0.50809								130.50	38.50	0.53595
	118.50	35.50	0.67455								131.50	38.50	0.53595
	119.50	35.50	0.67455								135.50	38.50	0.48310
	120.50	35.50	0.72657								136.50	38.50	0.48319
	123.50	35.50	0.83550								116.50	39.50	0.65440
	125.50	35.50	0.57001								117.50	39.50	0.63793
	126.50	35.50	0.83320								118.50	39.50	0.63780
	127.50	35.50	-0.21250								119.50	39.50	0.62407
	128.50	35.50	0.52036								120.50	39.50	0.65182
	129.50	35.50	0.57597								121.50	39.50	1.04206
	130.50	35.50	0.39411								122.50	39.50	1.04195
	131.50	35.50	0.37676								123.50	39.50	1.13532
	132.50	35.50	0.40555								124.50	39.50	1.10204
	133.50	35.50	0.49516								125.50	39.50	0.92786
	134.50	35.50	0.50809								126.50	39.50	0.90332
	135.50	35.50	0.50809								127.50	39.50	0.86858
	118.50	36.50	0.67455								128.50	39.50	0.77552
	120.50	36.50	0.72657								129.50	39.50	0.90045
	123.50	36.50	0.83550								134.50	39.50	0.48319
	124.50	36.50	0.82890								135.50	39.50	0.48319
	125.50	36.50	0.74410								116.50	40.50	0.48074
	126.50	36.50	0.37759								117.50	40.50	0.48080
	127.50	36.50	0.03176								118.50	40.50	0.48079
	128.50	36.50	1.00047								120.50	40.50	0.72657
	129.50	36.50	1.13060								123.50	40.50	1.08019
	131.50	36.50	0.52024								124.50	40.50	0.93380
	132.50	36.50	0.56211								125.50	40.50	0.73986
	133.50	36.50	0.48582								126.50	40.50	1.06270
	134.50	36.50	0.47192								127.50	40.50	0.86858
	135.50	36.50	0.47142								128.50	40.50	0.73578
	136.50	36.50	0.47993								129.50	40.50	0.91845
											133.50	40.50	0.48323
											134.50	40.50	0.48319
											118.50	41.50	0.48080

119.50	41.50	0.48080	120.50	44.50	0.72657
120.50	41.50	0.53453	122.50	44.50	0.89483
121.50	41.50	0.48081	123.50	44.50	0.71834
123.50	41.50	1.00419	127.50	44.50	0.48080
124.50	41.50	0.85822	128.50	44.50	0.52554
126.50	41.50	2.06291	129.50	44.50	0.70173
127.50	41.50	1.01099	130.50	44.50	0.48318
128.50	41.50	0.69963	120.50	45.50	0.72657
129.50	41.50	0.93373	121.50	45.50	0.96051
132.50	41.50	0.48318	122.50	45.50	0.83874
133.50	41.50	0.48319	127.50	45.50	0.98792
120.50	42.50	0.72657	128.50	45.50	0.98791
121.50	42.50	0.48081	119.50	46.50	0.72657
122.50	42.50	0.48213	120.50	46.50	0.72818
123.50	42.50	0.63460	121.50	46.50	0.87242
124.50	42.50	0.62391	124.50	46.50	1.14844
127.50	42.50	1.12521	125.50	46.50	0.98792
128.50	42.50	0.93518	126.50	46.50	0.98791
129.50	42.50	0.83368	127.50	46.50	1.14844
131.50	42.50	0.48318	119.50	47.50	0.72657
132.50	42.50	0.48319	120.50	47.50	0.89208
120.50	43.50	0.72657	121.50	47.50	0.83532
122.50	43.50	1.00333	122.50	47.50	0.98797
123.50	43.50	0.85268	123.50	47.50	0.98791
124.50	43.50	0.48080	124.50	47.50	0.98794
125.50	43.50	0.48080	119.50	48.50	0.77036
126.50	43.50	0.48080	120.50	48.50	0.91216
127.50	43.50	0.48079	121.50	48.50	0.98793
128.50	43.50	1.04418	122.50	48.50	0.98795
129.50	43.50	0.84115	119.50	49.50	0.89240
130.50	43.50	0.48319	120.50	49.50	0.98783
131.50	43.50	0.48319			