정답과 해설

esg004

2019/07/15

연습문제

기본 1. 본문의 예제는 루프를 탈출하기 위하여 `\clist_map`을 활용하였다. 그런데 while do를 쓰면 clist mapping을 이용하지 않아도 루프의 탈출 조건을 만들 수 있다. 이를 이용하여 같은 알고리즘을 구현할 수 있겠는가?

이 문제의 출제 취지는 "while do"의 탈출 조건을 구성하는 것을 보겠다는 것이었습니다. 충분히 이해하고 있는 것으로 보입니다. 이 문제를 해결하는 알고리즘을 다시 정리하면 다음과 같습니다.

① 주어진 수를 N이라 하면, 2부터 N (또는 N-1) 까지 다음 과정을 반복

② 반복할 때의 수를 n이라 하고, 이것을 나누어볼 수를 p.

③ "소수이다"를 나타내는 boolean을 true로 설정

④ p를 2부터 1 증가시켜가면서 $n\%p==0$인지를 검사하여 나누어지면 bool을 false로.

⑤ 나누어질 수 n의 제곱근보다 p가 커지거나 (다르게 하면 p^2가 n보다 커지는지를 검사) 또는 bool이 false이면 탈출

⑥ bool이 true이면 소수이므로 clist에 n을 추가

이것을 expl3로 쓰면 다음과 같이 할 수 있습니다.

```
\ExplSyntaxOn
\int_new:N \l_n_int
\int_new:N \l_p_int

\clist_new:N \l_primes_clist
\bool_new:N \l_prime_bool

\cs_new:Npn \primes_le_num:n #1
{
    \clist_clear:N \l_primes_clist

    \int_set:Nn \l_n_int { 2 }

    \int_while_do:nn { \l_n_int <= #1 }
    {
        \int_set:Nn \l_p_int { 2 }
        \bool_set_true:N \l_prime_bool

        \bool_while_do:nn
        {
            \int_compare_p:n { \l_p_int * \l_p_int <= \l_n_int }
```

```
            &&
            \l_prime_bool
        }
        {
            \int_compare:nT { \int_mod:nn { \l_n_int } { \l_p_int } == 0 }
            {
                \bool_set_false:N \l_prime_bool
            }
            \int_incr:N \l_p_int
        }

        \bool_if:NT \l_prime_bool
        {
            \clist_put_right:No \l_primes_clist { \int_use:N \l_n_int }
        }

        \int_incr:N \l_n_int
    }
}

\primes_le_num:n { 100 }
\clist_use:Nn \l_primes_clist {,~}

\ExplSyntaxOff
```

2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67, 71, 73, 79, 83, 89, 97

두 가지 탈출조건을 충족하기 위해서 `\bool_while_do:`와 boolean 연산을 썼습니다.

숙제에 대한 코멘트 이재호 군은 탈출조건을 만들 필요가 없는 바깥쪽 루프를 `\int_step_...`으로 처리하고 안쪽은 `\bool_while_do:Nn \l_tmpa_bool`을 이용하였는데, n이 p로 나누어떨어지지 않으면 true, 그리고 floor(sqrt(n)) 보다 작거나 같으면 true로 하고 이 변수의 boolean 값을 검사하여 반복시키는 방법을 썼습니다. 근본 발상은 위에 소개한 것과 동일하고 잘 해결하였습니다.

신현 군은 boolean을 전혀 쓰지 않고 정수 계산만으로 다음과 같은 코드를 보여주었습니다. 복잡한 "두 가지 조건"에 구애받지 않고 "나누어지는가"만 문제삼은 코드인데, 문제에 대한 해결이 되었다고 봅니다.

```
\cs_new:Npn \get_factors:n #1
{
    \int_set:Nn \l_N_int { #1 }
    \int_set:Nn \l_p_int { 2 }

    \int_while_do:nn { \l_N_int >= \l_p_int }
    {
        \int_set:Nn \l_i_int { 2 }
        \int_set:Nn \l_chk_int { 1 }
        \int_while_do:nn { \l_p_int > \l_i_int }
        {
            \int_compare:nT { \int_mod:nn { \l_p_int } { \l_i_int } == 0 }
            {
                \l_chk_int = 0
            }
```

```
            \int_incr:N \l_i_int
        }

        \int_compare:nT { \l_chk_int == 1 }
        {
            \clist_gput_right:No \g_factors_clist { \int_use:N \l_p_int }
        }
        \int_incr:N \l_p_int
    }
}
```

연습문제

발전 2. 주어진 수가 소수인지를 검사하는 다음과 같은 알고리즘이 있다. 이를 expl3로 구현할 수 있겠는가?

```
>>> def isPrime(n):
        if (n<=1):
                return False
        if (n<=3):
                return True
        if (n%2 == 0 or n%3 == 0):
                return False
        i=5
        while (i*i <= n ):
                if (n%i == 0 or n%(i+2) == 0):
                        return False
                i = i+6
        return True

>>> if (isPrime(43)):
        print('prime')
else:
        print('not a prime')


prime
```

```
\ExplSyntaxOn
\bool_new:N \g_isprime_bool

\cs_new:Npn \is_prime:n #1
{
    \int_case:nnF { #1 }
    {
        { 0 } { \bool_gset_false:N \g_isprime_bool }
        { 1 } { \bool_gset_false:N \g_isprime_bool }
        { 2 } { \bool_gset_true:N  \g_isprime_bool }
        { 3 } { \bool_gset_true:N  \g_isprime_bool }
    }
    {
        \bool_if:nTF
        {
            \int_compare_p:n { \int_mod:nn { #1 } { 2 } == 0 }
            ||
            \int_compare_p:n { \int_mod:nn { #1 } { 3 } == 0 }
        }
        {
            \bool_gset_false:N \g_isprime_bool
        }
        {
            \do_check_prime:n { #1 }
        }
    }

```

```
28      \bool_if:NTF \g_isprime_bool
29      {
30          #1~is~prime. \par
31      }
32      {
33          #1~is~composite.\par
34      }
35  }
36
37  \int_new:N \l_i_int
38
39  \cs_new:Npn \do_check_prime:n #1
40  {
41      \int_set:Nn \l_i_int { 5 }
42      \bool_set_true:N \g_isprime_bool
43
44      \bool_do_while:nn
45      {
46          \int_compare_p:n { \l_i_int * \l_i_int <= #1 }
47          &&
48          \g_isprime_bool
49      }
50      {
51          \bool_if:nT
52            {
53              \int_compare_p:n { \int_mod:nn { #1 } { \l_i_int } == 0 }
54              ||
55              \int_compare_p:n { \int_mod:nn { #1 } { \l_i_int + 2 } == 0 }
56            }
57            {
58              \bool_gset_false:N \g_isprime_bool
59            }
60
61          \int_add:Nn \l_i_int { 6 }
62      }
63  }
64
65  \is_prime:n { 227 }
66
67  \is_prime:n { 2019 }
68  \ExplSyntaxOff
```

227 is prime.
2019 is composite.

이 코드를 "번역"할 때 주의하여야 할 것은 python의 return문입니다. return은 그 위치에서 함숫값을 반환하고 "종료"합니다. 그러나 expl3에는 return이란 게 없다는 사실을 기억합니다.
그렇기 때문에 `\bool_while_do`하면서 "나누어보는 수"의 제곱이 주어진 수보다 (누누이 설명한 바 제곱근을 넘지 않는 최대 정수) 크지 않고 "소수가 아님이 판명되지 않은" 조건에서 반복하도록 했습니다 (line 44–49). 이는 while 문의 탈출 조건을 만든 것입니다.

숙제에 대한 코멘트 이재호 군의 풀이는 위에 예시한 코드와 거의 동일하여, 정답이라고 할 만합니다.

신현 군의 풀이는 1번과 마찬가지로 `\l_chk_int` 값을 0로 만들면 false가 되도록 문제를 해결하려 하였습니다. 한 가지 해결방법이 되겠지요, 다음은 신현 군이 보내온 코드를 완성해본 것입니다.

```
\int_new:N \l_chk_int

\NewDocumentCommand \primes { m }
{
    \thisisfunction:n { #1 }
    \int_compare:nTF { \l_chk_int == 0 }
    {
        Not~a~Prime
    }
    {
        Prime
    }
}

\int_new:N \l_N_int
\int_new:N \l_p_int
\int_new:N \l_i_int
\int_new:N \l_n_int

\cs_new:Npn \thisisfunction:n #1
{
    \int_set:Nn \l_N_int { #1 }
    \int_set:Nn \l_chk_int { 1 }
    \int_set:Nn \l_i_int { 5 }

    \int_compare:nT { \l_N_int <= 1 }
    {
        \l_chk_int = 0
    }

    \int_compare:nT { ((\l_N_int+1)/2) == 2 }
    {
        \l_chk_int = 2
    }

    \int_compare:nT { \l_chk_int == 1 }
    {
        \int_compare:nT { \int_mod:nn { \l_N_int } {2} == 0 }
        {
            \l_chk_int = 0
        }
        \int_compare:nT { \int_mod:nn { \l_N_int } {3} == 0 }
        {
            \l_chk_int = 0
        }
    }

    \int_set:Nn \l_i_int { 5 }

    \int_compare:nT { \l_chk_int == 1 }
    {
```

```
        \int_while_do:nn { \l_N_int >= \l_i_int * \l_i_int }
        {
            \int_compare:nT { \int_mod:nn { \l_N_int } { \l_i_int } == 0 }
            {
                \l_chk_int = 0
            }

            \int_compare:nT { \int_mod:nn { \l_N_int } { \l_i_int+2 } == 0 }
            {
                \l_chk_int = 0
            }

            \int_add:Nn \l_i_int { 6 }
        }
    }
}
```

연습문제

실력 3. KTUG 게시판 :235888 글에 소인수분해 알고리즘이 소개되어 있다. 이를 바탕으로 다음 순서로 문제를 해결하여라.

① 두 수를 인자로 받아서 최대공약수를 구하여라.

② 최대공약수를 소인수분해하여 결과를 clist나 seq에 저장하여라.

③ 최대공약수의 소인수를 취하여 차례로 두 수를 나누어가면서 몫(quotient)의 변화 과정을 clist나 seq에 저장하여라.

④ 준비된 세 개의 clist (seq)를 이용하여 다음 그림과 같이 출력하여라.

2	16	24
2	8	12
2	4	6
	2	3

① 최대공약수 구하기

최대공약수는 이미 구해보았습니다. 여기서는 구한 최대공약수를 "출력"하는 것이 아니라 전역변수 하나에 보관하도록 처리합니다.

```
\ExplSyntaxOn

\int_new:N \g_gcd_int
\int_new:N \l_a_int
\int_new:N \l_b_int
\int_new:N \l_c_int

\cs_new:Npn \gen_gcd:nn #1 #2
{
    \int_set:Nn \l_a_int { \int_max:nn { #1 } { #2 } }
    \int_set:Nn \l_b_int { \int_min:nn { #1 } { #2 } }

    \int_while_do:nn { \l_b_int != 0 }
    {
        \int_set:Nn \l_c_int { \int_mod:nn { \l_a_int } { \l_b_int } }
        \int_set_eq:NN \l_a_int \l_b_int
        \int_set_eq:NN \l_b_int \l_c_int
    }

    \int_gset_eq:NN \g_gcd_int \l_a_int
}

%%%%%%%%%% ==== test ====
\gen_gcd:nn { 14 } { 49 }  \int_use:N \g_gcd_int
\ExplSyntaxOff
```

```
7
```

② 최대공약수의 소인수분해

링크된 글에 나오는 소인수분해 알고리즘은 다음과 같습니다. 어려운 점은 없다고 봅니다.

```
N = int( input("Enter a number : ") )
p = 2
F = []
while N >= p**2:
    if N%p == 0:
        F.append(p)
        N = N/p
    else:
        p = p+1
F.append(int(N))
```

이를 expl3로 구현하면서, 얻어지는 소인수들을 \g_factors_clist에 저장하겠습니다. 원한다면 seq로 해도 상관없습니다.

```
\ExplSyntaxOn
\clist_new:N \g_factors_clist
\int_new:N \l_N_int
%\int_new:N \l_p_int

\cs_new:Npn \gen_factors:n #1
{
    \clist_clear:N \g_factors_clist
    \int_set:Nn \l_p_int { 2 }
    \int_set:Nn \l_N_int { #1 }

    \int_while_do:nn { \l_N_int >= \l_p_int * \l_p_int }
    {
        \int_compare:nTF { \int_mod:nn { \l_N_int } { \l_p_int } == 0 }
        {
            \clist_gput_right:Nx \g_factors_clist { \int_use:N \l_p_int }
            \int_set:Nn \l_N_int { \l_N_int / \l_p_int }
        }
        {
            \int_incr:N \l_p_int
        }
    }

    \clist_gput_right:Nx \g_factors_clist { \int_use:N \l_N_int }
}

%%%%%% ==== test ====
\gen_factors:n { 72 }
\clist_use:Nn \g_factors_clist { , ~ }

\ExplSyntaxOff
```

2, 2, 2, 3, 3

\g_gcd_int와 \g_factors_clist는 이후 다른 함수에서 참조하는 변수들이므로 이런 경우에는 스크래치 변수를 사용하지 않는 편이 좋습니다. 예전 "원시 TEX" 시절에는 레지스터 개수의 제한 때문에 새로운

변수 할당에 많은 고민이 필요했습니다만 지금 TEX은 웬만해서 레지스터가 부족한 문제는 잘 발생하지 않습니다.

③ 몫의 변화 추적

일단, clist로 주어지는 소인수들로 어떤 수를 차례로 나누어 가면서 몫을 clist에 저장해야 하므로, "어떤 수", "소인수 clist", "결과를 저장할 clist" 세 개의 인자를 받는 명령을 작성합니다. 그러면 인자형은 :nNN 형이 될 것입니다.

그런데 이 함수는 성격상 재귀적으로 정의하는 것이 좋을 듯해요. 재귀 호출이 이루어지는 시점에서 첫 번째 인수는 아마도 매크로 정수일 테니까 이것을 호출하기 위해서 :VNN 꼴의 variant를 만들어둡시다.

재귀 호출의 중단조건은 "소인수 clist"가 모두 소진되는 때입니다.

소인수 clist에서 하나씩 꺼내어 나누기를 시행하는 때, \clist_item:Nn을 이용해도 좋고, 소인수 clist의 임시 복사본을 만들어두고 \clist_pop:NN으로 간단히 꺼내는 것도 좋은 방법입니다. 대체로 말해서 \clist_pop:NN이 훨씬 안전한데 그 이유는 \clist_item:Nn의 결과를 특정 변수에 넣고 사용하려 할 때 "확장" 관련 문제가 발생할 확률이 \clist_pop보다 높기 때문입니다. 그러니까 혹시 \clist_item:Nn이 뜻대로 동작하지 않으면 popping을 시도해보기 바랍니다.

```
1  \ExplSyntaxOn
2  \cs_new:Npn \trace_quot:nNN #1 #2 #3
3  {
4      \clist_set:Nn #3 { #1 }
5
6      \int_zero:N \l_tmpa_int
7
8      \trace_quot_rec:nNN { #1 } #2 #3
9  }
10
11 \cs_new:Npn \trace_quot_rec:nNN #1 #2 #3
12 {
13     \int_incr:N \l_tmpa_int
14
15     \int_compare:nT { \l_tmpa_int <= \clist_count:N #2 }
16     {
17         \tl_set:Nx \l_tmpa_tl { \clist_item:Nn #2 { \l_tmpa_int } }
18         \int_set:Nn \l_tmpb_int { #1 / \l_tmpa_tl }
19         \clist_put_right:Nx #3 { \int_eval:n { \l_tmpb_int } }
20         \trace_quot_rec:VNN \l_tmpb_int #2 #3
21     }
22 }
23
24 \cs_generate_variant:Nn \trace_quot_rec:nNN { VNN }
25
26 %%%% ==== test ====
27 \clist_set:Nn \l_tmpa_clist { 2, 2, 2, 3 }
28 \trace_quot:nNN { 24 } \l_tmpa_clist \l_tmpb_clist
29 \clist_use:Nn \l_tmpb_clist {,~ }
30 \ExplSyntaxOff
```

```
24, 12, 6, 3, 1
```

line 4:

결과 저장 clist를 비우지 않고 맨 첫 항목으로 인자로 들어온 수를 넣었습니다. 위의 test 코드를 보면 바로 알 수 있을 겁니다.

line 6:
인덱스 카운터를 초기화하는 것을 재귀적으로 호출되는 함수 내에서 하면 안 됩니다. 재귀 함수를 별도로 정의한 것은 이 때문입니다.

재귀적으로 정의하지 않아도 문제를 해결할 수 있을 거여요. 어차피 clist는 유한한 항목을 가지고 있고 각 항목 순서가 정해져 있으니까요. 흥미가 있다면 이것을 시도해보아도 좋습니다.

④ 명령 작성
우리가 만들고자 하는 명령은 `\drawfactor`. 두 개의 정수를 받아서 (1) 먼저 최대공약수를 구하고, (2) 그 최대공약수를 소인수분해하고 (3) 두 수를 각각 소인수들로 나누어서 몫을 저장하는 것까지 진행해보겠습니다.

```
\ExplSyntaxOn

\cs_generate_variant:Nn \gen_factors:n { V }

\clist_new:N \l_qa_clist
\clist_new:N \l_qb_clist

\NewDocumentCommand \drawfactor { m m }
{
    \gen_gcd:nn { #1 } { #2 }
    \gen_factors:V \g_gcd_int
    \trace_quot:nNN { #1 } \g_factors_clist \l_qa_clist
    \trace_quot:nNN { #2 } \g_factors_clist \l_qb_clist
}

%%%% === test ===
\drawfactor{16}{24}
f:~ \clist_use:Nn \g_factors_clist {,~} \\
a:~ \clist_use:Nn \l_qa_clist {,~} \\
b:~ \clist_use:Nn \l_qb_clist {,~}
\ExplSyntaxOff
```

f: 2, 2, 2
a: 16, 8, 4, 2
b: 24, 12, 6, 3

일단 모든 clist들이 원하는 모양을 갖추었음을 알 수 있습니다. 이제 이것으로 그림을 그려야 하는데, tabular로 그리는 경우

```
\ExplSyntaxOn
\drawfactor{16}{24}
\begin{tabular}{r|rr}
\int_step_inline:nn { \clist_count:N \g_factors_clist }
{
    \clist_gpop:NN \g_factors_clist \l_tmpa_tl \tl_use:N \l_tmpa_tl &
    \clist_gpop:NN \l_qa_clist \l_tmpa_tl \tl_use:N \l_tmpa_tl &
    \clist_gpop:NN \l_qb_clist \l_tmpa_tl \tl_use:N \l_tmpa_tl \\ \cline{2-3}
}
    &
    \clist_gpop:NN \l_qa_clist \l_tmpa_tl \tl_use:N \l_tmpa_tl &
```

```
    \clist_gpop:NN \l_qb_clist \l_tmpa_tl \tl_use:N \l_tmpa_tl \\
\end{tabular}
\ExplSyntaxOff
```

2	16	24
2	8	12
2	4	6
	2	3

이렇게 되네요. 이것으로 좋지만 여기서는 efbox라는 것을 이용하는 방법도 써보기로 하고 예시 코드만 보이겠습니다. efbox 패키지와 명령 \efbox의 사용법은 패키지 문서를 읽어보세요.

```
\ExplSyntaxOn
\RenewDocumentCommand \drawfactor { m m }
{
    \gen_gcd:nn { #1 } { #2 }
    \gen_factors:V \g_gcd_int
    \trace_quot:nNN { #1 } \g_factors_clist \l_qa_clist
    \trace_quot:nNN { #2 } \g_factors_clist \l_qb_clist

    \draw_tabular_from_clists:NNN \g_factors_clist \l_qa_clist \l_qb_clist
}

\def\clinenewline { \tabularnewline }

\cs_new:Npn \draw_tabular_from_clists:NNN #1 #2 #3
{
    \tl_clear:N \l_tmpa_tl
    \begin{minipage}[t]{8em}
        \int_step_inline:nn { \clist_count:N #1 }
        {
            \tl_put_right:Nn \l_tmpa_tl
            {
                \efbox [hidealllines] { \makebox [ 1em ] [r] { \clist_item:Nn
                    #1 { ##1 } } \hspace{1em} }
                \efbox [topline=false, rightline=false] { \makebox [ 2em ] [r
                    ] { \clist_item:Nn #2 { ##1 } } }
                \efbox [topline=false, rightline=false, leftline=false] { \
                    makebox [ 2em ] [r] { \clist_item:Nn #3 { ##1 } } }
                \newline
            }
        }

        \l_tmpa_tl

        \efbox [hidealllines] { \makebox [ 1em ] [r] {  } \hspace{1em} }
        \tl_set:Nn \l_tmpb_tl { \clist_item:Nn #2 { \clist_count:N #2 } }
        \efbox [linecolor=white,topline=false, rightline=false] { \makebox [
            2em ] [r] { \l_tmpb_tl } }
        \tl_set:Nn \l_tmpb_tl { \clist_item:Nn #3 { \clist_count:N #3 } }
        \efbox [linecolor=white,topline=false, rightline=false, leftline=
```

```
            false] { \makebox [ 2em ] [r] { \l_tmpb_tl } }
    \end{minipage}
}
\ExplSyntaxOff

\drawfactor{16}{24}
\drawfactor{108}{9}
```

```
2 |  16  24
2 |   8  12
2 |   4   6
  |   2   3

3 | 108   9
3 |  36   3
  |  12   1
```

숙제에 대한 코멘트 이 문제는 아마 처음으로 제대로 된 LaTeX 명령 하나를 작성해보는 연습이 되었을 거여요. 해결책은 구상이 되었고 구현도 가능할 듯하지만 상당한 시간을 요하는 문제라서 아마 시간 부족으로 끝을 내지 못한 것으로 이해합니다.

연습문제

기본 1. 가로 10cm, 세로 10cm이고 상하좌우 여백이 1.5cm, 모두 30페이지를 가진 pdf 문서를 작성한다. 매 페이지마다 현재 페이지가 전체 페이지수에 대하여 몇 %인지를 표시하고 페이지 번호가 5의 배수가 되는 때 페이지의 배면색상 (background color) 를 cyan으로 하여라.

한 페이지만 색상을 달리 하려 할 때,

```
\usepackage{pagecolor,afterpage}
```

이것을 preamble에서 선언하고

```
\pagecolor{<color>}
\afterpage{\nopagecolor}
```

이것은 고전적이고 표준적 방법입니다. 꼭 기억해두세요.
pdf의 사이즈를 정하는 문제는 memoir를 읽었으므로

```
\settrimmedsize{10cm}{10cm}{*}
\setulmargins{1.5cm}{*}{*}
\setlrmargins{1.5cm}{*}{*}
\checkandfixthelayout
```

이와 같이 할 수 있겠으나 fapapersize라는 너무나 좋은 :-) 패키지가 있으므로 이것을 이용하지요.

```
\documentclass{oblivoir}

\usepackage{fapapersize}
\usefapapersize{10cm,10cm,1.5cm,*,1.5cm,*}
\usepackage{xcolor,pagecolor,afterpage}

\begin{document}

\ExplSyntaxOn

\int_compare:nTF { \thelastsheet == 0 }
{
    \fp_set:Nn \l_tmpa_fp { 1 }
}
{
    \fp_set:Nn \l_tmpa_fp { \thelastsheet }
}

\int_step_inline:nn { 30 }
{
    \begin{vplace}
    \centering
    \fp_eval:n { \thepage / \l_tmpa_fp * 100 } \%
    \end{vplace}

    \int_compare:nT { \int_mod:nn { \thepage } { 5 } == 0 }
    {
        \pagecolor{cyan!80}
        \afterpage{\nopagecolor}
    }
```

```
    \newpage
}

\ExplSyntaxOff

\end{document}
```

memoir가 제공하는 \thelastpage와 \thelastsheet는 매우 중요한 매크로입니다. 직관적으로 알 수 있겠지만 매뉴얼의 해당 부분을 읽어두세요.
\thelastsheet는 처음에 0으로 되어 있습니다. 이걸 그냥 두면 0으로 나누기 에러가 발생할 위험이 있으므로 이 값이 정해지기까지 (즉 한 번 컴파일할 때까지) 에러 처리 코드를 두었습니다. 두 번째 컴파일에서 원하는 결과가 나올 것입니다.

연습문제

기본 2. 위의 pdf 문서 각 페이지의 중앙에 반지름 3cm인 원을 그리고 진행비율(현재페이지/전체페이지)을 붉은 색으로 표시하는 progress pie를 그려라.

색상 있는 arc를 그리는 문제는 Ti*k*Z 관련 문제이므로 별도로 설명하지 않습니다.

```
\documentclass{oblivoir}

\usepackage{fapapersize}
\usefapapersize{10cm,10cm,1.5cm,*,1.5cm,*}
\usepackage{xcolor,pagecolor,afterpage}
\usepackage{tikz}

\begin{document}

\ExplSyntaxOn

\int_compare:nTF { \thelastsheet = 0 }
{
    \int_set:Nn \l_tmpa_int { 1 }
}
{
    \int_set:Nn \l_tmpa_int { \thelastsheet }
}

\int_step_inline:nn { 30 }
{
%%% draw pie
    \fp_set:Nn \l_tmpa_fp { \thepage / \l_tmpa_int * 100 }
    \fp_set:Nn \l_tmpb_fp { \l_tmpa_fp * 360 / 100 - 90 }
    \tl_set:Nx \l_tmpa_tl { \fp_use:N \l_tmpb_fp }
    \begin{tikzpicture}[remember~picture,overlay]
      \draw (current~page.center) circle (3cm);
      \filldraw [red,fill=red] (current~page.center) -- +(0,3) arc
    (90\c_colon_str -\l_tmpa_tl \c_colon_str 3) -- cycle;
      \node at (current~page.center) { \fp_eval:n { round ( \l_tmpa_fp, 2 )
    } \% };
    \end{tikzpicture}

%%% coloring page
    \int_compare:nT { \int_mod:nn { \thepage } { 5 } == 0 }
    {
        \pagecolor{cyan!50}
        \afterpage{\nopagecolor}
    }

    \newpage
}

\ExplSyntaxOff

\end{document}
```

연습문제

기본 3. 중학교 수학 교과서의 부록으로 "삼각비표"가 있다. 이 표의 일부 (0° 부터 25° 까지)를 되도록 예쁘게 작성하여라.

삼각비표이므로 0°에서 정의되지 않습니다(삼각함수표라면 얘기가 다르겠지만). degree 삼각함수를 써야 한다는 점 말고는 주의할 것이 없어요.
이 표는 기본적으로 한 페이지에 다 그리지 못할 가능성이 있으므로 longtable을 사용하는 것이 좋습니다.
"예쁘게" 부분을 무시하고 결과를 보이면,

```
\ExplSyntaxOn

\begin{longtable}{r|rrr}
\hline
deg & $\sin$ & $\cos$ & $\tan$ \\ \hline
\endhead
0 & N/A & N/A & N/A \\ \hline
\int_step_inline:nn { 24 }
{
    #1 &
    \fp_eval:n { round ( sind ( #1 ), 4 ) } &
    \fp_eval:n { round ( cosd ( #1 ), 4 ) } &
    \fp_eval:n { round ( tand ( #1 ), 4 ) }
    \\ \hline
}
25 &
\fp_eval:n { round ( sind ( 25 ), 4 ) } &
\fp_eval:n { round ( cosd ( 25 ), 4 ) } &
\fp_eval:n { round ( tand ( 25 ), 4 ) } \\ \hline
\end{longtable}

\ExplSyntaxOff
```

deg	sin	cos	tan
0	N/A	N/A	N/A
1	0.0175	0.9998	0.0175
2	0.0349	0.9994	0.0349
3	0.0523	0.9986	0.0524
4	0.0698	0.9976	0.0699
5	0.0872	0.9962	0.0875
6	0.1045	0.9945	0.1051
7	0.1219	0.9925	0.1228
8	0.1392	0.9903	0.1405
9	0.1564	0.9877	0.1584
10	0.1736	0.9848	0.1763
11	0.1908	0.9816	0.1944
12	0.2079	0.9781	0.2126
13	0.225	0.9744	0.2309
14	0.2419	0.9703	0.2493

15	0.2588	0.9659	0.2679
16	0.2756	0.9613	0.2867
17	0.2924	0.9563	0.3057
18	0.309	0.9511	0.3249
19	0.3256	0.9455	0.3443
20	0.342	0.9397	0.364
21	0.3584	0.9336	0.3839
22	0.3746	0.9272	0.404
23	0.3907	0.9205	0.4245
24	0.4067	0.9135	0.4452
25	0.4226	0.9063	0.4663

더 보기좋게 하려면 지난 주에 배운 `\format_num:n`을 적용할 수 있습니다.

숙제에 대한 코멘트 박승원 군이 이 문제를 다음과 같이 해결했는데요,

```
\ExplSyntaxOn
\begin{center}
\begin{tabular}{|c|c|}
\hline
$ x $ & $ \sin{x} $ \\
\hline
\int_step_inline:nnn { 0 } { 25 }
{%
    #1 & \fp_eval:n { round( sin ( #1 * pi / 180 ) , 4 ) } \\
}%
\hline
\end{tabular}
\end{center}
\ExplSyntaxOff
```

`sind` 함수 대신 deg를 rad로 바꾸고 그 값에 `sin`을 취했네요.
그리고 위의 코드는 tabular 관련 대표적 에러 중의 하나인 `\noalign` 에러를 만날 것입니다. 그 이유는 `\int_step_...`이 마지막에 loop를 중단하는 quark들이 몇 개 들어가는데 이것이 확장되면서 새로운 tabular line이 시작한 것처럼 tabular가 인식하기 때문이에요. 그러니까 24행까지만 step함수를 쓰고 마지막 행은 직접 적어줍니다.

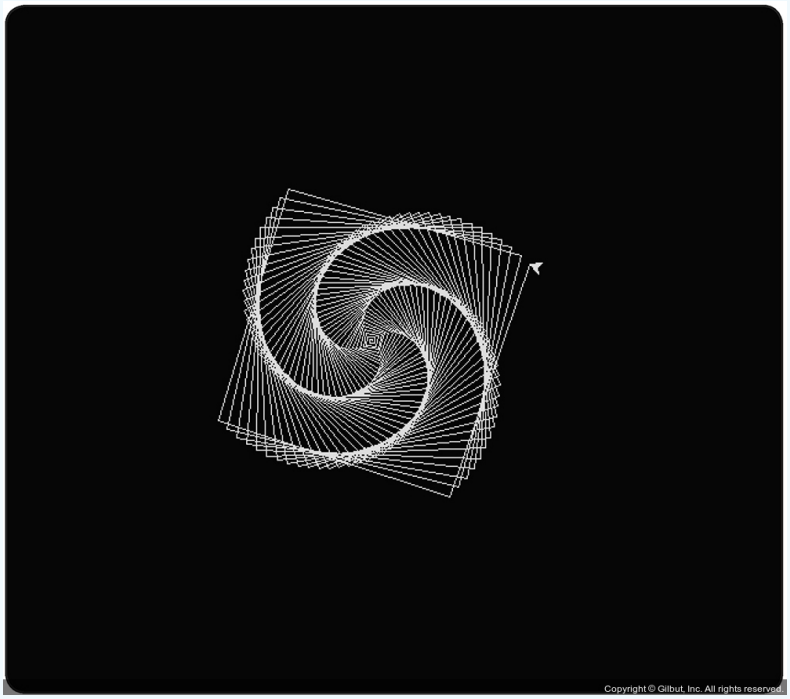
```
\ExplSyntaxOn
\begin{center}
\begin{tabular}{|c|c|}
\hline
$ x $ & $ \sin{x} $ \\
\hline
\int_step_inline:nnn { 0 } { 4 }
{
    #1 & \fp_eval:n { round( sin ( #1 * pi / 180 ) , 4 ) } \\
}
    5 & \fp_eval:n { round( sin ( 5 * pi / 180 ) , 4 ) } \\
\hline
\end{tabular}
```

```
\end{center}
\ExplSyntaxOff
```

x	$\sin x$
0	0
1	0.0175
2	0.0349
3	0.0523
4	0.0698
5	0.0872

연습문제

실력 4. 다음 그림을 그려보아라. 배경색은 별도로 지정하지 않아도 좋다.



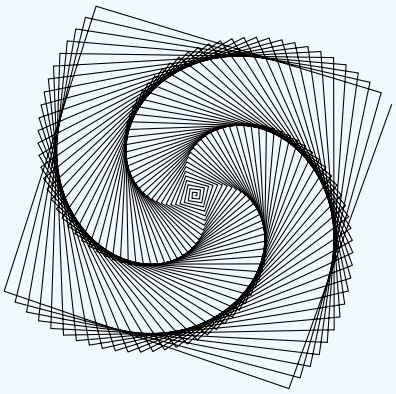
python turtle 모듈로 이 그림을 그리는 코드가 다음과 같습니다.

```
import turtle as t
angle=89
for x in range(200):
    t.forward(x)
    t.left(angle)
```

조인성 교수께서 제공하신 해법(마지막에 전체 소스를 붙였습니다)으로 이 코드를 구현하면 다음과 같이 됩니다.

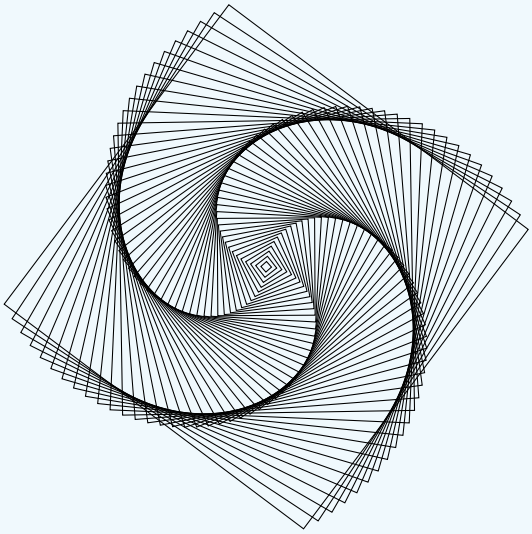
```
\ExplSyntaxOn
\tl_set:Nn \l_angle_tl { 89 }
\tl_set:Nn \l_multiplier_tl { 0.02 }

\cs_new:Npn \build_turn_box:n #1
{
    \tl_clear:N \l_tmpa_tl
    \int_step_inline:nn { #1 }
    {
        \tl_put_right:Nx \l_tmpa_tl
        {
            -- ( [turn] 89\c_colon_str \fp_eval:n { \l_multiplier_tl * ##1 }
                )
        }
    }
```

```
15
16      \tl_put_left:Nn \l_tmpa_tl { (0,0) }
17  }
18
19  %%%% === test ===
20  \build_turn_box:n { 200 }
21  \begin{tikzpicture}
22  \draw \l_tmpa_tl ;
23  \end{tikzpicture}
24
25  \ExplSyntaxOff
```



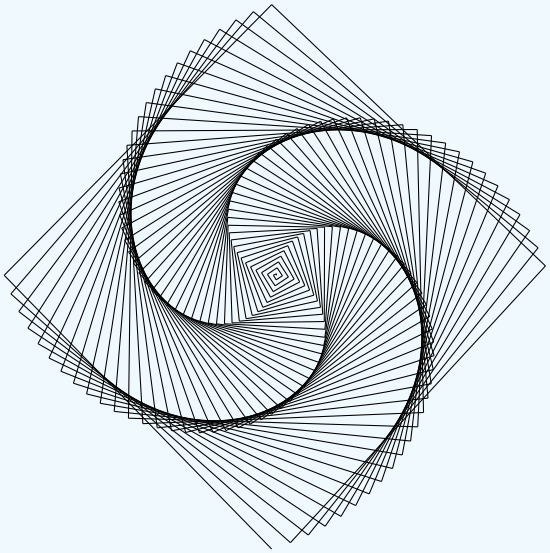
이재호 군이 시도해본 것이 이 아이디어였던 듯한데, 참고가 되기를 바랍니다.
한편 expl3에 의존하지 않고 tikz만으로 박승원 군이 다음처럼 할 수 있음을 보여주었습니다. 출발점과 끝점의 좌표를 계산하고 있다는 점이 재미있습니다.

```
1   \ExplSyntaxOn
2   \cs_new:Npn \mysin:n #1
3   {
4       \fp_eval:n { sin ( #1 ) }
5   }
6   \cs_new:Npn \mycos:n #1
7   {
8       \fp_eval:n { cos ( #1 ) }
9   }
10  \cs_set_eq:NN \mysin \mysin:n
11  \cs_set_eq:NN \mycos \mycos:n
12  \ExplSyntaxOff
13
14  \begin{tikzpicture}[scale=.7]
15      \foreach \i in {0, 0.2, 0.4, ..., 10}{
16          \draw (-0.5*\i*\mycos{0.3*\i}, 0.5*\i*\mysin{0.3*\i})
17          -- (0.5*\i*\mysin{0.3*\i}, 0.5*\i*\mycos{0.3*\i})
18          -- (0.5*\i*\mycos{0.3*\i}, -0.5*\i*\mysin{0.3*\i})
19          -- (-0.5*\i*\mysin{0.3*\i}, -0.5*\i*\mycos{0.3*\i})
20          -- cycle;
21      }
22  \end{tikzpicture}
```



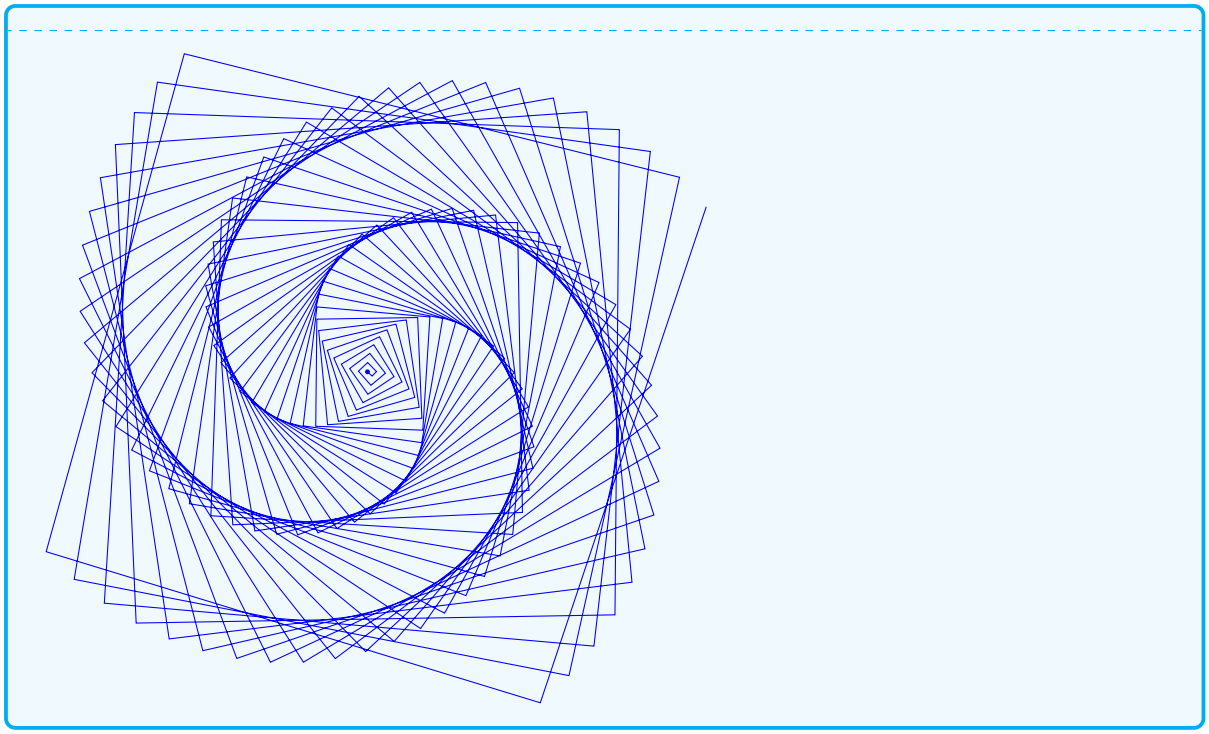
또다른 방법도 있는데, 이것은 `\usetikzlibrary{intersections}` 로 intersections 라이브러리를 이용하여 마지막에 도달한 점의 x, y 좌표를 얻어낸 것입니다.

```
\ExplSyntaxOn
\begin{tikzpicture}
\draw (0,0) -- (89 \c_colon_str 0.2mm);
\int_step_inline:nn { 180 }
  {
    \fp_set:Nn \l_tmpa_fp { 0.2 + #1 * 0.2 }
    \dim_set:Nn \l_tmpa_dim { \fp_use:N \l_tmpa_fp mm }
    \pgfgetlastxy\lastx\lasty
    \draw (\lastx,\lasty) --
      ( 89 + #1 * 89 \c_colon_str \dim_use:N \l_tmpa_dim );
  }
\end{tikzpicture}
\ExplSyntaxOff
```



참고로, 조인성 교수께서 보내주신 실제 코드를 다음에 인용합니다.

```
\ExplSyntaxOn
\def\angturn{-88.5} % turning angle
\def\aa{7} % initial line length
\def\bb{12} % shrink rate
\def\cc{2} % step rate

\int_zero:N \l_tmpa_int
\int_set:Nn \l_tmpb_int { 1 }

\NewDocumentCommand \buildturnbox { m }
{
  \tl_clear:N \l_tmpa_tl
  \int_step_inline:nnnn { 0 } { 1 } { #1 }
  {
    \int_set:Nn \l_tmpa_int { ##1 }
    \int_compare:nTF { \int_mod:nn { \l_tmpa_int } { \cc } == 0 }
    {
      \tl_put_right:Nx \l_tmpa_tl
      {
        -- ([turn]\angturn\c_colon_str \fp_eval:n { \aa -\l_tmpb_int/\bb } )
      }
      \int_incr:N \l_tmpb_int
    }
    {
      \tl_put_right:Nx \l_tmpa_tl
      {
        -- ([turn]\angturn\c_colon_str \fp_eval:n { \aa -\l_tmpb_int/\bb } )
      }
    }
  }
%%%% starting point
  \tl_put_left:Nn \l_tmpa_tl { (0,0) }
  \tl_use:N \l_tmpa_tl
}

\NewDocumentCommand \printturnbox { }
{\l_tmpa_tl}

\ExplSyntaxOff

\begin{tikzpicture}[rotate=70]
\buildturnbox{166}
\draw [blue] \printturnbox node [draw,fill,circle,inner sep=.5pt] {} ;
\end{tikzpicture}
```



Nova de Hi.