6장 배열, 포인터, 문자열

1 차원 배열

- 배열 : 첨자가 붙은 변수를 사용하고 여러 개의 동질적 값을 표현할 수 있는 자료형
- 예 (성적처리를 위한 변수 선언)

```
int    grade0, grade1, grade2;
int    grade[3];
```

- 1차원 배열 선언

```
int   a[size];
```

  - lower bound = 0
  - upper bound = size - 1
  - size = upper bound + 1

1 차원 배열

- 사용 예

```
#define    N    100
int   a[N];
for (i = 0; i < N; ++i)
   sum += a[i];
```

배열의 초기화

- 배열은 자동, 외부, 정적 기억영역 클래스는 될 수 있지만, 레지스터는 될 수 없음
- 전통적인 C에서는 외부와 정적 배열만 배열 초기자를 사용하여 초기화할 수 있음
- ANSI C에서는 자동 배열도 초기화될 수 있다

배열의 초기화

- 초기화 예제

```
float   f[5] = {0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0};
```

  - f[0] = 0.0, f[1] = 1.0, . . .

- 초기자 목록이 초기화되는 배열 원소 개수보다 적다면, 나머지 원소들은 0으로 초기화됨

```
int   a[100] = {0};
```

  - a의 모든 원소들이 0으로 초기화됨

- 외부와 정적 배열이 명시적으로 초기화되지 않았다면, 시스템은 디폴트로 모든 원소를 0으로 초기화함

배열의 초기화

- 배열의 크기가 기술되어 있지 않고 일련의 값으로 초기화되도록 선언되어 있다면, 초기자의 개수가 배열의 암시적인 크기가 됨

```
int a[] = {2, 3, 5, -7};
```

```
int a[4] = {2, 3, 5, -7};
```

- 따라서, 위의 두 선언문은 같은 선언문임

배열의 초기화

- 문자열에서는 주의를 요함

```
char   s[] = "abc";
```

  - 이 선언문은 다음과 같음

```
char   s[] = {'a', 'b', 'c', '/0'};
```

  - 즉, s 배열의 크기는 3이 아니라 4임

첨자

- a가 배열이면, a의 원소를 접근할 때 a[expr]와 같이 씀
  - 여기서, expr은 정수적 수식이고,
  - expr을 a의 첨자, 또는 색인이라고 함

첨자

- 사용 예

```
int    i, a[N];
```

  - 여기서 N은 기호 상수이고,
  - 하나의 배열 원소를 참조하기 위해서는 첨자 i에 적당한 값을 할당한 후 a[i] 수식을 사용하면 됨
  - 이때, i는 0보다 크거나 같고 N - 1보다 작거나 같아야함
  - i가 이 범위를 벗어나는 값을 갖는다면, a[i]를 접근할 때 실행시간 오류가 발생함

포인터

- 프로그램에서 메모리를 접근하고 주소를 다루기 위해 사용
- 주소 연산자 &
  - v가 변수라면, &v는 이 변수의 값이 저장된 메모리 위치, 또는 주소임
- 포인터 변수
  - 값으로 주소를 갖는 변수
  - 선언 방법

    ```
    int *p;
    ```

  - 즉, 변수 이름 앞에 *를 붙여서 선언함

포인터 변수

- 포인터의 유효한 값의 범위
  - 특정주소 0
  - 주어진 C 시스템에서 기계 주소로 해석될 수 있는 양의 정수 집합

포인터 변수

- 올바른 예제

```
p = 0;
p = NULL;
p = &i;
p = (int *) 1776;
```

- 잘못된 예제

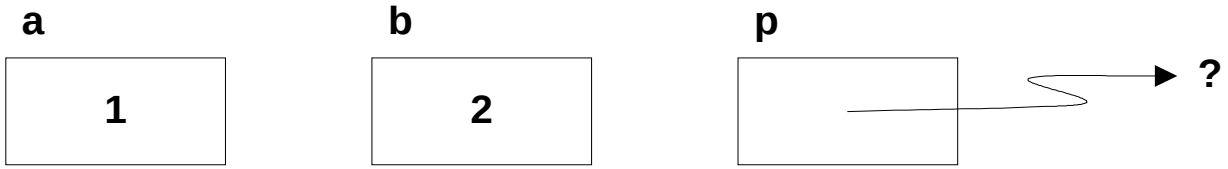
```
p = &3;
p = &(i + 99);
p = &v                    /* register v; */
```

역참조 연산자 *

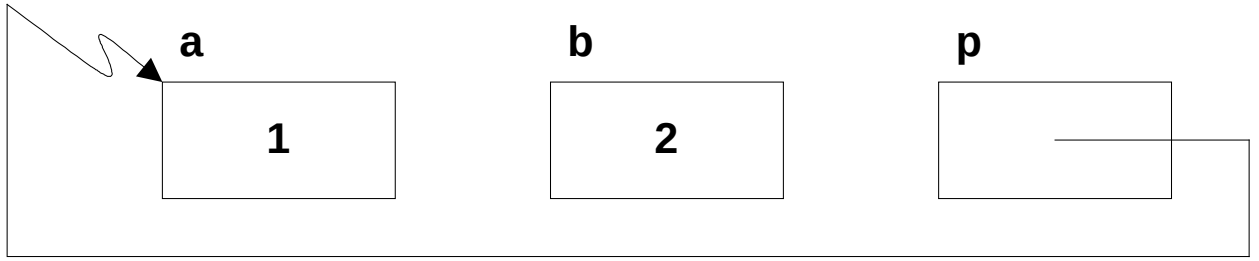
- 간접지정 연산자라고도 함
- 단항 연산자, 우에서 좌로의 결합 법칙
- p가 포인터라면, *p는 p가 주소인 변수의 값을 나타냄

포인터 예제

```
int     a = 1, b = 2, *p;
```




```
p = &a;
```




```
b = *p;          /* b = a; */
```

포인터 예제

```
#include   <stdio.h>
int main(void){
   int   i = 7, *p = &i;
   printf("%s%d\n%s%p\n",
     "     Value of i: ", *p,
     "  Location of i: ", p);
   return 0;
}
```

- 출력

```
     Value of i: 7
  Location of i: effffb24
```

포인터 예제

선언 및 초기화		
int i = 3, j =5, *p = &i, *q = &j, *r; double x;		
수 식	등가 수식	값
p == & i	p == (& i)	1
* * & p	* (* (& p))	3
r = & x	r = (& x)	/* illegal */
7 * * p / * q + 7	(((7 * (* p))) / (* q)) + 7	11
* (r = & j) *= *p	(* (r = (& j))) *= (* p)	15

(주의) 7 * * p /* q + 7 ???

포인터 예제

선언	

`int *p;`
`float *q;`
`void *v;`	

올바른 배정문	잘못된 배정문

`p = 0;`
`p = (int *) 1;`
`p = v = q;`
`p = (int *) q;`
	`p = 1;`
	`v = 1;`
	`p = q;`

참조에 의한 호출

- C는 기본적으로 "값에 의한 호출" 메커니즘 사용
- "참조에 의한 호출"의 효과를 얻기 위해서는 함수 정의의 매개변수 목록에서 포인터를 사용해야 함
- 예제 프로그램

```
void swap(int *p, int *q){
   int tmp;
   tmp = *p;
   *p = *q;
   *q = tmp;
}
```

```
void swap(int *, int *);
int main(void){
   int i = 3, j = 5;
   swap(&i, &j);
   printf("%d %d\n", i, j);
      /* 5  3 is printed */
   return 0;
}
```

참조에 의한 호출

- "참조에 의한 호출"의 효과를 얻는 방법
  1. 함수 매개변수를 포인터형으로 선언
  2. 함수 몸체에서 역참조 포인터 사용
  3. 함수를 호출할 때 주소를 인자로 전달

배열과 포인터의 관계

- 배열 이름 그 자체는 주소 또는 포인터 값이고, 배열과 포인터에는 둘 다 첨자를 사용할 수 있음
- 포인터 변수는 다른 주소들을 값으로 가질 수 있음
- 반면에 배열 이름은 고정된 주소 또는 포인터임

배열과 포인터의 관계

- 예제

```
int  * p, * q ;
int  a[4] ;
p = a;              /* p = &a[0]; */
q = a + 3;          /* q = &a[3]; */
```

배열과 포인터의 관계

- a와 p는 포인터이고 둘 다 첨자를 붙일 수도 있음

```
a[i] <==> *(a + i)
p[i] <==> *(p + i)
```

- 포인터 변수는 다른 값을 가질 수 있지만, 배열 이름은 안됨

```
p = a + i ;
a = q ;          /* error */
```

배열과 포인터의 관계

- 예제 코드 (배열의 합 구하기)

```
#define   N                100
int       * p, a[N], sum ;
```

- Version 1

```
for (i = 0, sum = 0; i < N; ++i)
     sum += a[i] ;    /* 또는  sum += *(a + i) ; */
```

- Version 2

```
for (p = a, sum = 0; p < &a[N]; ++p)
     sum += *p ;
```

- Version 3

```
for (p = a, i = 0, sum = 0; i < N; ++i)
     sum += p[i] ;
```

포인터 연산과 원소 크기

- 포인터 연산은 C의 강력한 특징 중 하나
- 변수 p를 특정형에 대한 포인터라고 하면, 수식 p + 1은 그 형의 다음 변수를 나타냄
- p와 q가 모두 한 배열의 원소들을 포인트하고 있다면, p - q는 p와 q 사이에 있는 배열 원소의 개수를 나타내는 int 값을 생성함

포인터 연산과 원소 크기

- 포인터 수식과 산술 수식은 형태는 유사하지만, 완전히 다름

```
double   a[2], *p, *q;
p = a;          /* points to base of array */
q = p + 1;      /* equivalent to q=&a[1] */
printf("%d\n", q - p);           /* 1 is printed */
printf("%d\n", (int) q - (int) p); /* 8 is printed */
```

함수 인자로서의 배열

- 함수 정의에서 배열로 선언된 형식 매개변수는 실질적으로는 포인터임
- 함수의 인자로 배열이 전달되면, 배열의 기본 주소가 "값에 의한 호출"로 전달됨
- 배열 원소 자체는 복사되지 않음
- 표기상의 편리성 때문에 포인터를 매개변수로 선언할 때 배열의 각괄호 표기법을 사용할 수 있음

함수 인자로서의 배열

- 예제 코드

```
double sum(double a[], int n)  /* n is the size a[] */
{
   int     i;
   double  sum = 0.0;
   for (i = 0; i < n; ++i)
       sum += a[i];
   return sum;
}
```

함수 인자로서의 배열

- 함수 헤드를 다음과 같이 정의해도 됨

```
double sum(double *a, int n)   /* n is the size a[] */
{
    .....
```

함수 인자로서의 배열

- 다양한 함수 호출 방법 및 의미

호출	계산 및 리턴되는 값
`sum(v, 100)`	`v[0] + v[1] + ... + v[99]`
`sum(v, 88)`	`v[0] + v[1] + ... + v[87]`
`sum(&v[7], k - 7)`	`v[7] + v[8] + ... + v[k - 1]`
`sum(v + 7, 2 * k)`	`v[7] + v[8] + ... + v[2 * k + 6]`

calloc()과 malloc()

- stdlib.h에 정의되어 있음
  - calloc : contiguous allocation
  - malloc : memory allocation
- 프로그래머는 calloc()과 malloc()을 사용하여 배열, 구조체, 공용체를 위한 공간을 동적으로 생성함

calloc()과 malloc()

- 각 원소의 크기가 el_size인 n 개의 원소를 할당하는 방법

  calloc(n, el_size);

  malloc(n * el_size);

  - calloc()은 모든 원소를 0으로 초기화하는 반면 malloc()은 하지 않음

- 할당받은 것을 반환하기 위해서는 free()를 사용

calloc()과 malloc()

- 예제 코드

```
#include   <stdio.h>
#include   <stdlib.h>
int main(void){
   int   *a;          /* to be used as an array */
   int   n ;          /* the size of the array */
   .....              /* get n from somewhere,  perhaps
                         interactively from the user */
   a = calloc(n, sizeof(int));   /* get space for a */
   .....
   free(a);
   .....
}
```

문자열

- **문자열**
  - char 형의 1차원 배열
  - 문자열은 끝의 기호인 **\0**, 또는 널 문자로 끝남
  - 널 문자 : 모든 비트가 0인 바이트; 십진 값 0
  - 문자열의 크기는 **\0**까지 포함한 크기

문자열

- **문자열 상수**
  - 큰따옴표 안에 기술됨
  - 문자열 예 : "abc"
    - 마지막 원소가 널 문자이고 크기가 4인 문자 배열
- **주의 - "a"와 'a'는 다름**
  - 배열 "a"는 두 원소를 가짐
  - 첫 번째 원소는 'a', 두 번째 원소는 '**\0**'

문자열

- 컴파일러는 문자열 상수를 배열 이름과 같이 포인터로 취급

```
char  *p = "abc";
printf("%s %s\n", p, p + 1);   /* abc bc is printed */
```

  - 변수 p에는 문자 배열 "abc"의 기본 주소가 배정
  - char 형의 포인터를 문자열 형식으로 출력하면, 그 포인터가 포인트하는 문자부터 시작하여 \0이 나올 때까지 문자들이 연속해서 출력됨

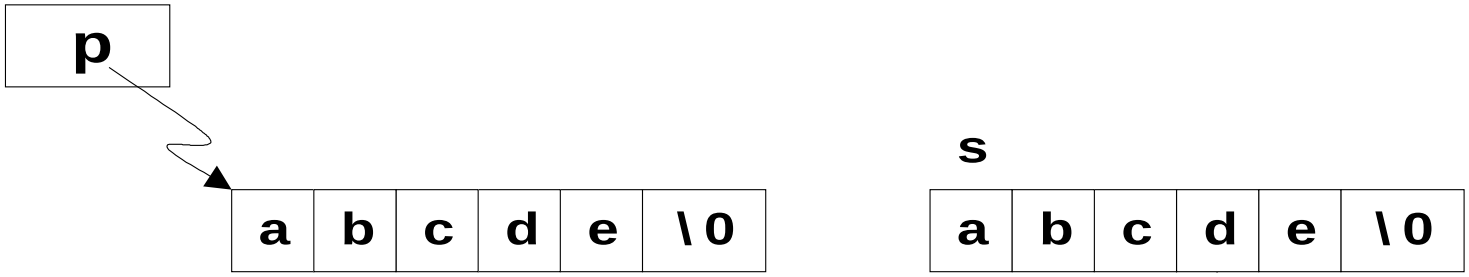
문자열

- "abc"와 같은 문자열 상수는 포인터로 취급되기 때문에 "abc"[1] 또는 *("abc" + 2)와 같은 수식을 사용할 수 있음

문자열

- 배열과 포인터의 차이

```
char  *p = "abcde";
char  s[ ] = "abcde";
 // char  s[ ] = {'a', 'b', 'c', 'd', 'e', '\0'};
```



문자열

- 예제 코드

```
#include   <ctype.h>
int word_cnt(const char *s){
   int   cnt = 0;
   while (*s != '\0') {
      while (isspace(*s))          // skip white space
         ++s;
      if (*s != '\0') {            // found a word
         ++cnt;
         while (!isspace(*s) && *s != '\0')
                                   // skip the word
            ++s;
      }
   }
   return cnt;
}
```

문자열 조작 함수

- char *strcat(char *s1, const char *s2);
  - 두 문자열 s1,s2를 결합하고, 결과는 s1에 저장
- int strcmp(const char *s1, const char *s2);
  - s1과 s2를 사전적 순서로 비교하여, s1이 작으면 음수, 크면 양수, 같으면 0을 리턴
- char *strcpy(char *s1, const char *s2);
  - s2의 문자를 **\0**이 나올 때까지 s1에 복사
- size_t strlen(const char *s);
  - **\0**을 뺀 문자의 개수를 리턴

문자열 조작 함수 strlen()

```
size_t strlen(const char *s){
    size_t   n;
    for (n = 0; *s != '\0'; ++s)
        ++n;
    return n;
}
```

문자열 조작 함수 – strcpy()

```
char *strcpy(char *s1, register const char *s2)
{
    register char   *p = s1;
    while (*p++ = *s2++)
        ;
    return s1;
}
```

문자열 조작 함수

선언 및 초기화	
`char  s1[ ] = "beautiful big sky country",` `      s2[ ] = "how now brown cow";`	
수식	값

`strlen(s1)`
`strlen(s2 + 8)`
`strcmp(s1, s2)`
	`25`
	`9`
	음의 정수

문장	출력되는 값

`printf("%s", s1+10);`
`strcpy(s1 + 10, s2 + 8);`
`strcat(s1, "s!");`
`printf("%s", s1);`
	`big sky country`
	
	`beautiful brown cows!`

다차원 배열

- C 언어는 배열의 배열을 포함한 어떠한 형의 배열도 허용함
- 2차원 배열은 두 개의 각괄호로 만듦
- 이 개념은 더 높은 차원의 배열을 만들 때에도 반복적으로 적용됨

배열 선언의 예	설명
`int a[100];`	1차원 배열
`int b[2][7];`	2차원 배열
`int c[5][3][2];`	3차원 배열

2차원 배열

- 2차원 배열은 행과 열을 갖는 직사각형의 원소의 집합으로 생각하는 것이 편리함
  - 사실 원소들은 하나씩 연속적으로 저장됨
- 선언

```
int a[3][5];
```

	1 열	2 열	3 열	4 열	5 열
1 행	a[0][0]	a[0][1]	a[0][2]	a[0][3]	a[0][4]
2 행	a[1][0]	a[1][1]	a[1][2]	a[1][3]	a[1][4]
3 행	a[2][0]	a[2][1]	a[2][2]	a[2][3]	a[2][4]

2차원 배열

- a[i][j]와 같은 표현들
  - *(a[i] + j)
  - (*(a + i)) [j]
  - *((*(a + i)) + j)
  - *(&a[0][0] + 5 * i + j)

기억장소 사상 함수

- 배열에서 포인터 값과 배열 첨자 사이의 사상
- 예

```
int  a[3][5];
```

- 배열 a의 a[i][j]에 대한 기억장소 사상 함수:

```
*(&a[0][0] + 5 * i + j)
```

형식 매개변수 선언

- 함수 정의에서 형식 매개변수가 다차원 배열일 때, 첫 번째 크기를 제외한 다른 모든 크기를 명시해야 함
  - 기억장소 사상 함수를 위해

형식 매개변수 선언

- 예 (int a[3][5];으로 선언되어 있을 때)

```
int sum(int a[][5]){   /* int sum(int a[3][5])
                          or int sum(int (*a)[5]) */
   int  i, j, sum=0;
   for (i = 0; i < 3; ++i)
      for (j = 0; j < 5; ++j)
         sum += a[i][j];
   return sum;
}
```

3차원 배열

- 3차원 배열 선언 예

```
int   a[7][9][2];
```

- a[i][j][k]를 위한 기억장소 사상 함수:

```
*(&a[0][0][0] + 9 * 2 * i + 2 * j + k)
```

- 함수 정의 헤더에서 다음은 다 같음

```
int sum(int a[][9][12])
int sum(int a[7][9][12])
int sum(int (*a)[9][12])
```

초기화

- 다차원 배열 초기화 방법

```
int     a[2][3] = {1, 2, 3, 4, 5, 6};
int     a[2][3] = {{1, 2, 3}, {4, 5, 6}};
int     a[ ][3] = {{1, 2, 3}, {4, 5, 6}};
```

  - 내부 중괄호가 없으면, 배열은 a[0][0], a[0][1], ..., a[1][2] 순으로 초기화되고, 인덱싱은 행 우선 임
  - 배열의 원소 수보다 더 적은 수의 초기화 값이 있다면, 남는 원소는 0으로 초기화됨
  - 첫 번째 각괄호가 공백이면, 컴파일러는 내부 중괄호 쌍의 수를 그것의 크기로 함
  - 첫 번째 크기를 제외한 모든 크기는 명시해야 함

초기화

- 초기화 예

```
int  a[2][2][3]={
        {{1, 1, 0}, {2, 0, 0}},
        {{3, 0, 0}, {4, 4, 0}}
     };
```

- 이것은 다음과 같음

```
int a[][2][3]={{{1, 1}, {2}}, {{3}, {4, 4}}};
```

- 모든 배열 원소를 0으로 초기화 하기

```
int  a[2][2][3] = {0};
       /* all element initialized to zero */
```

typedef

- 사용 예

```
#define   N   3
typedef   double  scalar;
typedef   scalar  vector[N];
typedef   scalar  matrix[N][N];
/* typedef vector matrix[N]; */
```

- 의미있는 이름을 사용하는 형 이름을 정의하여 가독성을 높임

포인터 배열

- 배열의 원소의 형은 포인터형을 포함하여 임의의 형이 될 수 있음
- 포인터 배열은 문자열을 다룰 때 많이 사용됨

main() 함수의 인자

- main()은 운영체제와의 통신을 위해 argc와 argv라는 인자를 사용함
- 예제 코드

```
void main(int argc, char *argv[]) {
   int   i;
   printf("argc = %d\n", argc);
   for (i = 0; i < argc; ++i)
      printf("argv[%d] = %s\n", i, argv[i]);
}
```

- argc : 명령어 라인 인자의 개수를 가짐
- argv : 명령어 라인을 구성하는 문자열들을 가짐

main() 함수의 인자

- 앞의 프로그램을 컴파일하여 my_echo로 한 후, 다음 명령으로 실행:

```
$ my_echo a is for apple
```

- 출력:

```
argc = 5
argv[0] = my_echo
argv[1] = a
argv[2] = is
argv[3] = for
argv[4] = apple
```

래기드 배열

- 예제 코드

```
#include   <stdio.h>
int main(void){
   char   a[2][15] = {"abc:", "a is for apple"};
   char   *p[2]    = {"abc:", "a is for apple"};
   printf("%c%c%c %s %s\n",
            a[0][0], a[0][1], a[0][2], a[0], a[1]);
   printf("%c%c%c %s %s\n",
            p[0][0], p[0][1], p[0][2], p[0], p[1]);
   return 0;
}
```

- 출력

```
abc abc: a is for apple
abc abc: a is for apple
```

래기드 배열

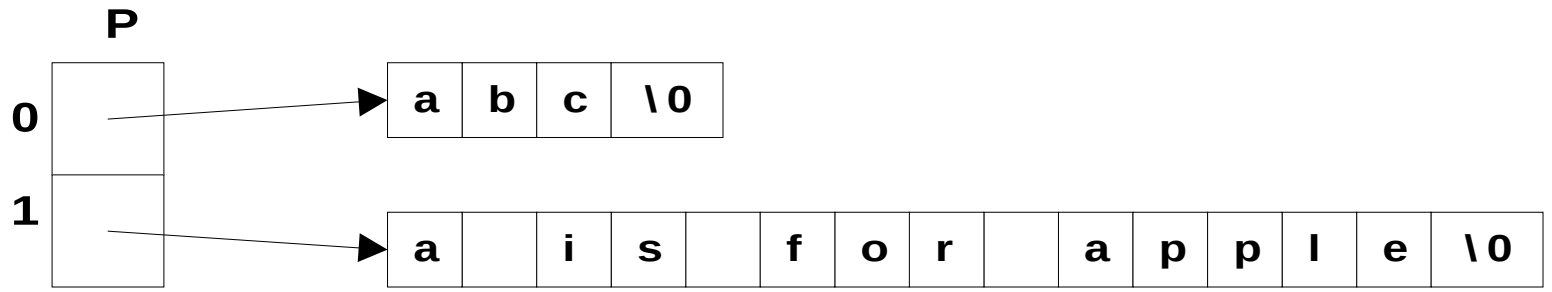
- 식별자 a
  - 2차원 배열
  - 30개의 char 형을 위한 공간이 할당
  - 즉, a[0]과 a[1]은 15개 char의 배열
  - 배열 a[0]은 다음으로 초기화됨: `{'a', 'b', 'c', ':', '\0'}`
  - 5개의 원소만 명시되어 있기 때문에, 나머지는 0(널 문자)으로 초기화됨
  - 이 프로그램에서 배열의 모든 원소가 사용되지는 않지만, 모든 원소를 위한 공간이 할당됨
  - 컴파일러는 a[i][j]의 접근을 위해 기억장소 사상 함수를 사용
  - 즉, 각 원소를 접근하기 위해서는 한 번의 곱셈과 한 번의 덧셈이 필요함

래기드 배열

- 식별자 p
  - char 포인터의 1차원 배열
  - 이 선언으로 두 포인터를 위한 공간이 할당
  - p[0] 원소는 "abc :"를 포인트하도록 초기화되고, 이 문자열은 5개의 char를 위한 공간을 필요로 함
  - p[1] 원소는 "a is ..."를 포인트하도록 초기화되고, 이 문자열은 15개의 char를 위한 공간을 필요로 함
  - 즉, p는 a보다 더 적은 공간을 사용
  - p[i][j] 접근을 위해 기억장소 사상 함수 사용하지 않음
    (p를 사용하는 것이 a를 사용하는 것보다 빠름)
  - a[0][14]는 유효한 수식이지만, p[0][14]는 그렇지 않음
  - p[0]과 p[1]은 상수 문자열을 포인트함 - 변경할 수 없음

래기드 배열

- 래기드 배열 : 배열의 원소인 포인터가 다양한 크기의 배열을 포인트하는 것
- 앞의 프로그램에서 p의 행들은 다른 길이를 갖기 때문에, p를 래기드 배열이라고 할 수 있음



인자로서의 함수

- 함수의 포인터는 인자로서 전달될 수 있고, 배열에서도 사용되며, 함수로부터 리턴될 수도 있음
- 예제 코드

```
double sum_square(double f(double x), int m, int n) {
   int      k;
   double   sum = 0.0;
   for (k = m; k <= n; ++k)
      sum += f(k) * f(k);
   return sum;
}
```

인자로서의 함수

- 앞의 코드에서 식별자 x는 사람을 위한 것으로, 컴파일러는 무시함
  - 즉, 다음과 같이 해도 됨

```
double sum_square(double f(double), int m, int n)
{
    . . . .
```

인자로서의 함수

- 포인터 f를 함수처럼 취급할 수도 있고, 또는 포인터 f를 명시적으로 역참조할 수도 있음
  - 즉, 다음 두 문장은 같음:

```
sum += f(k) * f(k);
sum += (*f)(k) * (*f)(k);
```

인자로서의 함수

- (*f)(k)
  - f 함수에 대한 포인터
  - *f 함수 그 자체
  - (*f)(k) 함수 호출

const

- const는 선언에서 기억영역 클래스 뒤와 형 앞에 옴
- 사용 예

```
static const int k = 3;
```

  - 이것은 "k는 기억영역 클래스 static인 상수 int이다"라고 읽음
- const 변수는 초기화될 수는 있지만, 그 후에 배정되거나, 증가, 감소, 또는 수정될 수 없음
- 변수가 const로 한정된다 해도, 다른 선언에서 배열의 크기를 명시하는 데는 사용될 수 없음

const

- 예 1

```
const int  n = 3;
int        v[n];
           /* any C compiler should complain */
```

const

- 예 2

```
const int  a = 7;
int        *p = &a;  /* the compiler will complain */
```

  - p는 int를 포인트하는 보통의 포인터이기 때문에, 나중에 ++*p와 같은 수식을 사용하여 a에 저장되어 있는 값을 변경할 수 있음

const

- 예 3

```
const  int  a = 7;
const  int  *p = &a;
```

  - 여기서 p 자체는 상수가 아님
  - p에 다른 주소를 배정할 수 있지만, *p에 값을 배정할 수는 없음

const

- 예 4

```
int                 a;
int * const         p = &a;
```

  - p는 int에 대한 상수 포인터임
  - 따라서, p에 값을 배정할 수는 없지만, *p에는 가능함

const

- 예 5

```
const int             a = 7;
const int *const      p = &a;
```

  - p는 상수 int를 포인트하는 상수 포인터임
  - 이제 p와 *p 모두는 배정될 수 없고, 증가나 감소도 안됨

volatile

- volatile 객체는 하드웨어에 의하여 어떤 방법으로 수정될 수 있음

```
extern const volatile int   real_time_clock;
```

  - 한정자 volatile은 하드웨어에 의해 영향을 받는 객체임을 나타냄
  - 또한 const도 한정자이므로, 이 객체는 프로그램에서 증가, 감소, 또는 배정될 수 없음
  - 즉, 하드웨어는 변경할 수 있지만, 코드로는 변경할 수 없음