

Numerical Python - numpy

TEAMLAB director
최성철

**어떻게 행렬과 매트릭스를
코드로 표현할 것인가?**

$$\begin{aligned} 2x_1 + 2x_2 + x_3 &= 9 \\ 2x_1 - x_2 + 2x_3 &= 6 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 &= 5 \end{aligned} \quad \begin{bmatrix} 2 & 2 & 1 & 9 \\ 2 & -1 & 2 & 6 \\ 1 & -1 & 2 & 5 \end{bmatrix}$$

```
coefficient_matrix = [[2, 2, 1], [2, -1, 2], [1, -1, 2]]  
constant_vector = [9, 6, 5]
```

```
coefficient_matrix = [[2, 2, 1], [2, -1, 2], [1, -1, 2]]  
constant_vector = [9, 6, 5]
```

- 다양한 Matrix 계산을 어떻게 만들 것인가?
- 굉장히 큰 Matrix에 대한 표현
- 처리 속도 문제 - python은 Interpreter 언어

적절한 패키지의 활용

파이썬 과학 처리 패키지

numpy

- Numerical Python
- 파이썬의 고성능 과학 계산용 패키지
- Matrix와 Vector와 같은 Array 연산의 사실상의 표준
- 한글로 넘파이로 주로 통칭
- 누군가는 넘피/눔파이라고 부르기도 함

- 일반 List에 비해 빠르고, 메모리 효율적
- 반복문 없이 데이터 배열에 대한 처리를 지원함
- 선형대수와 관련된 다양한 기능을 제공함
- C, C++, 포트란 등의 언어와 통합 가능

From [파이썬 라이브러리를 활용한 데이터 분석](#)

```
activate ml  
conda install numpy
```

- Windows 환경에선 conda로 패키지 관리 필요
(C 패키지 핸들링 등)
- jupyter 등을 설치한 상태에서는 추가 설치 필요 없음

ndarray

import

ndarray

```
import numpy as np
```

- numpy의 호출 방법
- 일반적으로 numpy는 np라는 alias(별칭) 이용해서 호출함
- 특별한 이유는 없음, 세계적인 약속 같은 것

array creation

ndarray

```
test_array = np.array([1, 4, 5, 8], float)  
print(test_array)  
type(test_array[3])
```

- numpy는 np.array 함수를 활용 배열을 생성함
→ ndarray
- numpy는 하나의 데이터 type만 배열에 넣을 수 있음
- List와 가장 큰 차이점 → dynamic typing not supported
- C의 Array를 사용하여 배열을 생성함

array creation

ndarray

```
test_array = np.array([1, 4, 5, 8], float)  
test_array
```

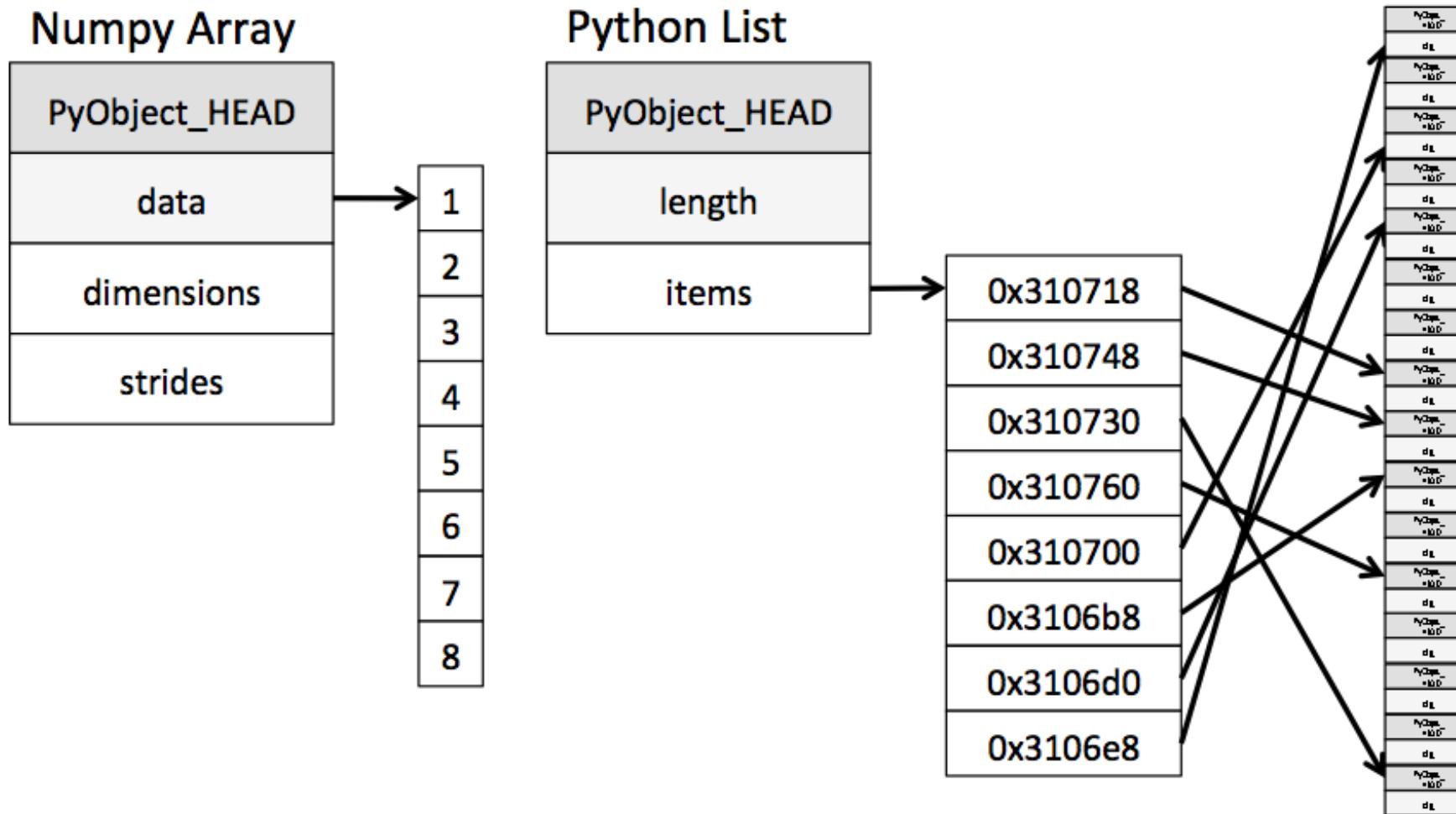
```
array([ 1., 4., 5., 8.])
```

```
type(test_array[3])
```

```
numpy.float64
```

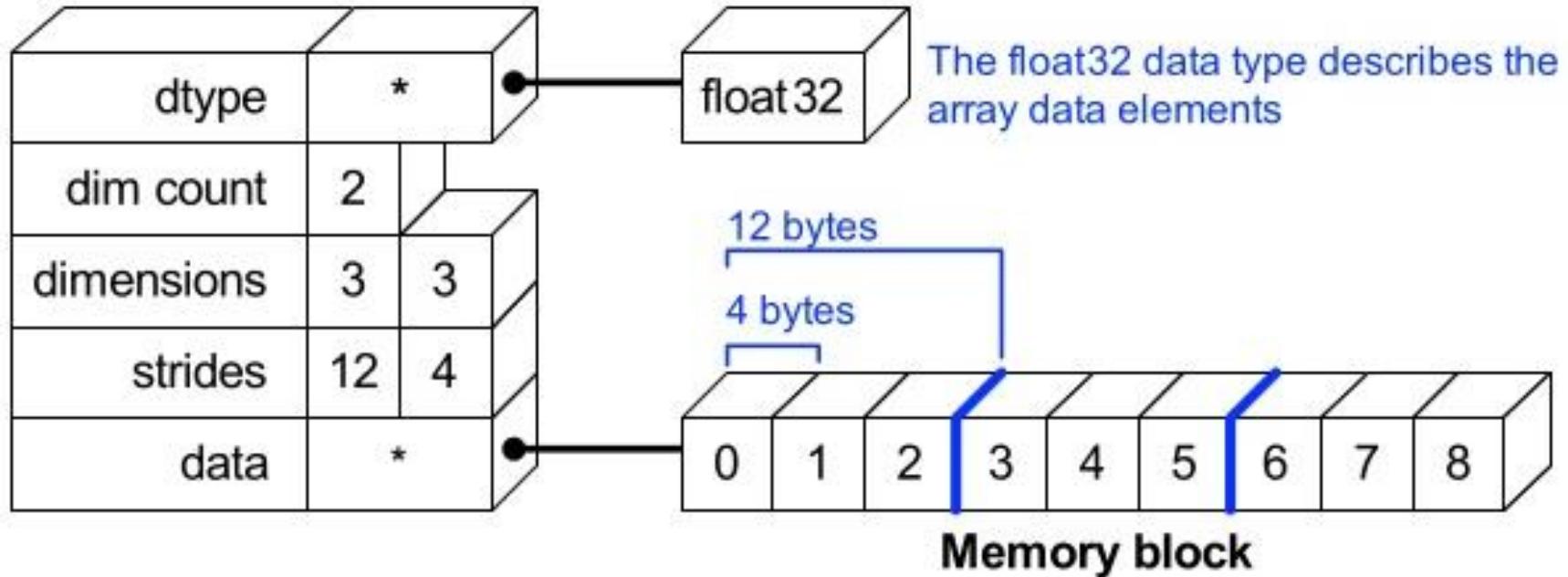
array creation

ndarray



<https://jakevdp.github.io/blog/2014/05/09/why-python-is-slow/>

NDArray Data Structure



<https://www.slideshare.net/enthought/numpy-talk-at-siam>

- shape : numpy array의 dimension 구성을 반환함
- dtype : numpy array의 데이터 type을 반환함

```
test_array = np.array([1, 4, 5, "8"], float)      # String Type의 데이터를 입력해도  
print(test_array)  
print(type(test_array[3]))                         # Float Type으로 자동 형변환을 실시  
print(test_array.dtype)                            # Array(배열) 전체의 데이터 Type을 반환함  
print(test_array.shape)                           # Array(배열) 의 shape을 반환함
```

<https://docs.scipy.org/doc/numpy/reference/arrays.scalars.html#arrays-scalars-built-in>

array creation

ndarray

```
test_array = np.array([1, 4, 5, "8"], float) # String Type의 데이터를 입력해도  
test_array
```

```
array([ 1., 4., 5., 8.])
```

```
type(test_array[3]) # Float Type으로 자동 형변환을 실시
```

```
numpy.float64
```

```
test_array.dtype # Array(배열) 전체의 데이터 Type을 반환함
```

```
dtype('float64')
```

```
test_array.shape # Array(배열) 의 shape을 반환함
```

```
(4,)
```

- array의 RANK에 따라 불리는 이름이 있음

Rank	Name	Example
0	scalar	7
1	vector	[10, 10]
2	matrix	[[10, 10], [15, 15]]
3	3-tensor	[[[1, 5, 9], [2, 6, 10]], [[3, 7, 11], [4, 8, 12]]]
n	n-tensor	

- shape : array의 크기, 형태 등에 대한 정보

```
test_array = np.array([1, 4, 5, "8"], float)  
test_array  
  
array([ 1., 4., 5., 8.])
```



(4,)

ndarray의 구성

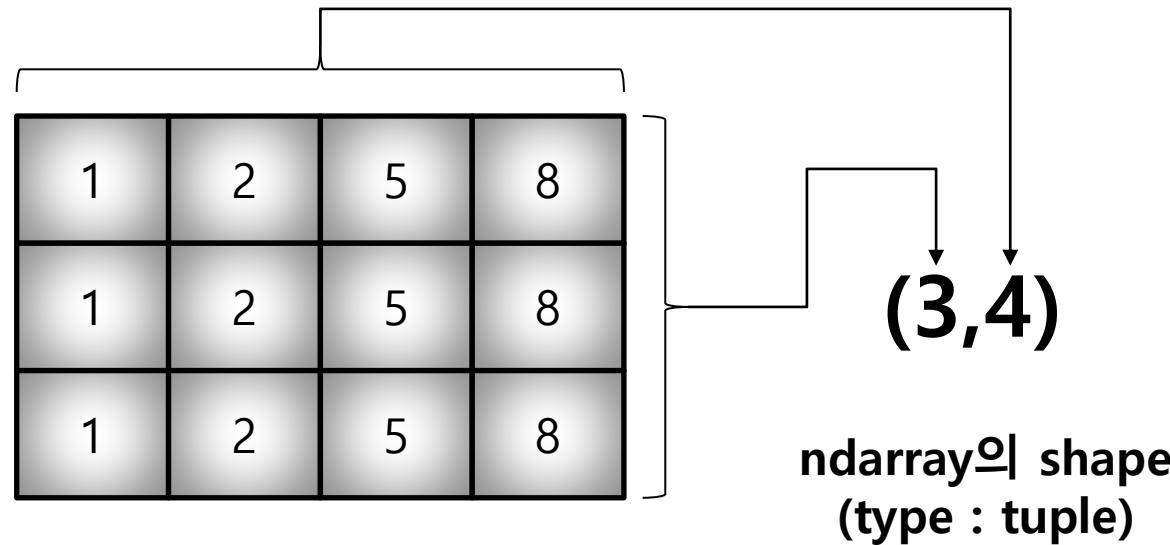
ndarray의 shape
(type : tuple)

Array shape (matrix)

ndarray

```
matrix = [[1,2,5,8],[1,2,5,8],[1,2,5,8]]  
np.array(matrix, int).shape
```

(3, 4)

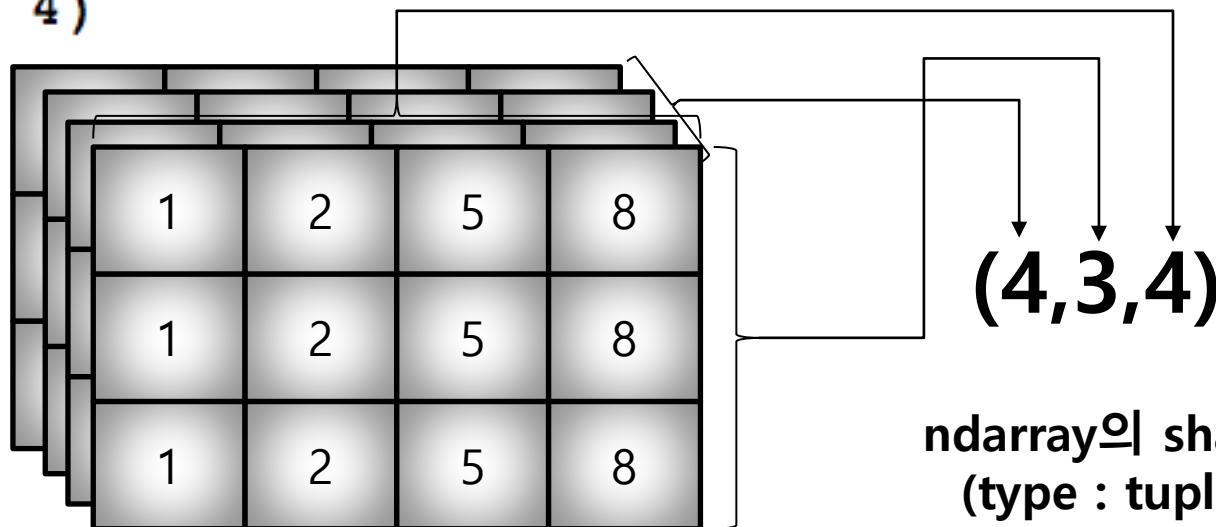


Array shape (3rd order tensor)

ndarray

```
tensor = [[[1,2,5,8],[1,2,5,8],[1,2,5,8]],
          [[1,2,5,8],[1,2,5,8],[1,2,5,8]],
          [[1,2,5,8],[1,2,5,8],[1,2,5,8]],
          [[1,2,5,8],[1,2,5,8],[1,2,5,8]]]
np.array(tensor, int).shape
```

(4, 3, 4)



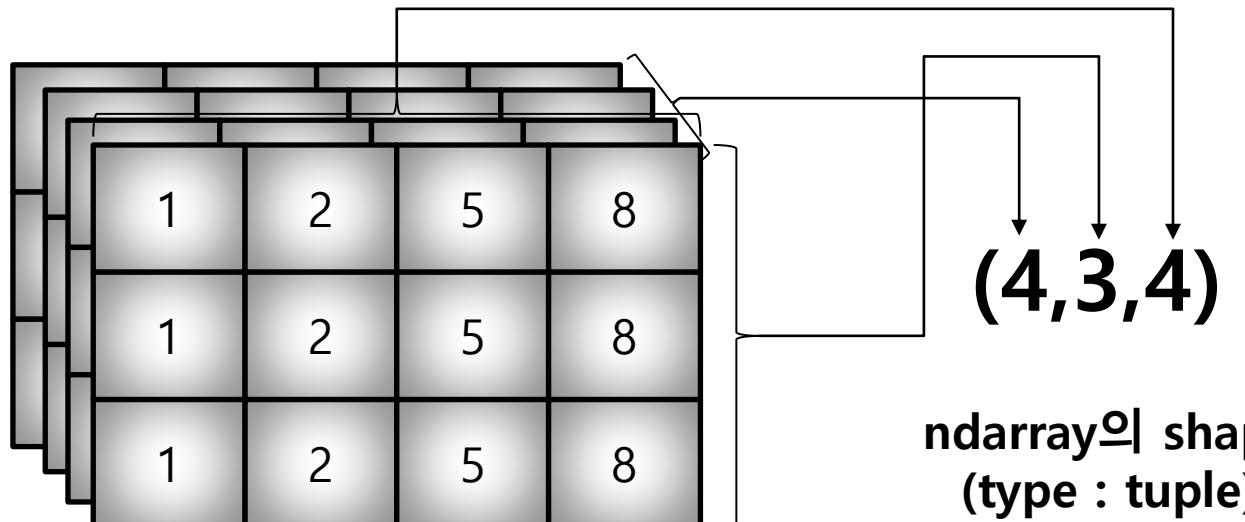
ndarray의 shape
(type : tuple)

Array shape (3rd order tensor)

ndarray

- ndim – number of dimensions
- size – data의 개수

```
tensor = [[[1,2,5,8],[1,2,5,8],[1,2,5,8]],  
          [[1,2,5,8],[1,2,5,8],[1,2,5,8]],  
          [[1,2,5,8],[1,2,5,8],[1,2,5,8]],  
          [[1,2,5,8],[1,2,5,8],[1,2,5,8]]]
```



ndarray의 shape
(type : tuple)

- ndarray의 single element가 가지는 data type
- 각 element가 차지하는 memory의 크기가 결정됨

```
np.array([[1, 2, 3], [4.5, 5, 6]], dtype=int)
```

```
array([[1, 2, 3],  
       [4, 5, 6]])
```

Data type을 integer로 선언

```
np.array([[1, 2, 3], [4.5, "5", "6"]], dtype=np.float32)
```

```
array([[ 1.,  2.,  3.],  
       [ 4.5,  5.,  6.]], dtype=float32)
```

Data type을 float로 선언

- C의 data type과 compatible

Basic Type	Available NumPy types
Boolean	bool
Integer	int8, int16, int32, int64, int128, int
Unsigned Integer	uint8, uint16, uint32, uint64, uint128, uint
Float	float32, float64, float, longfloat,
Complex	complex64, complex128, complex
Strings	str, unicode
Object	object
Records	void

Data Types	Size in Bytes	Can contain:
boolean	1	true (1) or false (0)
char	1	ASCII character or signed value between -128 and 127
unsigned char, byte, uint8_t	1	ASCII character or unsigned value between 0 and 255
int, short	2	signed value between -32,768 and 32,767
unsigned int, word, uint16_t	2	unsigned value between 0 and 65,535
long	4	signed value between -2,147,483,648 and 2,147,483,647
unsigned long, uint32_t	4	unsigned value between 0 and 4,294,967,295
float, double	4	floating point value between - 3.4028235E+38 and 3.4028235E+38 (Note that double is the same as a float on this platform.)

<https://www.slideshare.net/enthought/numpy-talk-at-siam>

- nbytes - ndarray object의 메모리 크기를 반환함

```
np.array([[1, 2, 3], [4.5, "5", "6"]], dtype=np.float32).nbytes
```

24

32bits = 4bytes → 6 * 4bytes

```
np.array([[1, 2, 3], [4.5, "5", "6"]], dtype=np.int8).nbytes
```

6

8bits = 1bytes → 6 * 1bytes

```
np.array([[1, 2, 3], [4.5, "5", "6"]], dtype=np.float64).nbytes
```

48

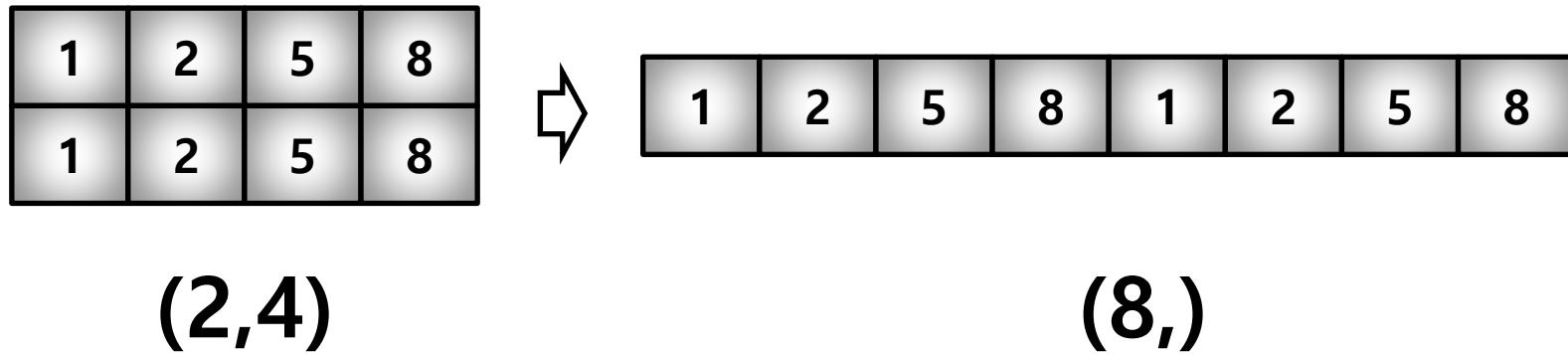
64bits = 8bytes → 6 * 48bytes

Handling shape

reshape

handling shape

- reshape : Array의 shape의 크기를 변경함, element의 갯수는 동일



- reshape : Array의 shape의 크기를 변경함, element의 갯수는 동일

```
test_matrix = [[1,2,3,4], [1,2,5,8]]  
np.array(test_matrix).shape
```

(2, 4)

```
np.array(test_matrix).reshape(8, )
```

array([1, 2, 3, 4, 1, 2, 5, 8])

```
np.array(test_matrix).reshape(8, ).shape
```

(8,)

- reshape : Array의 shape의 크기를 변경함, element의 갯수는 동일

```
np.array(test_matrix).reshape(2,4).shape  
(2, 4)
```

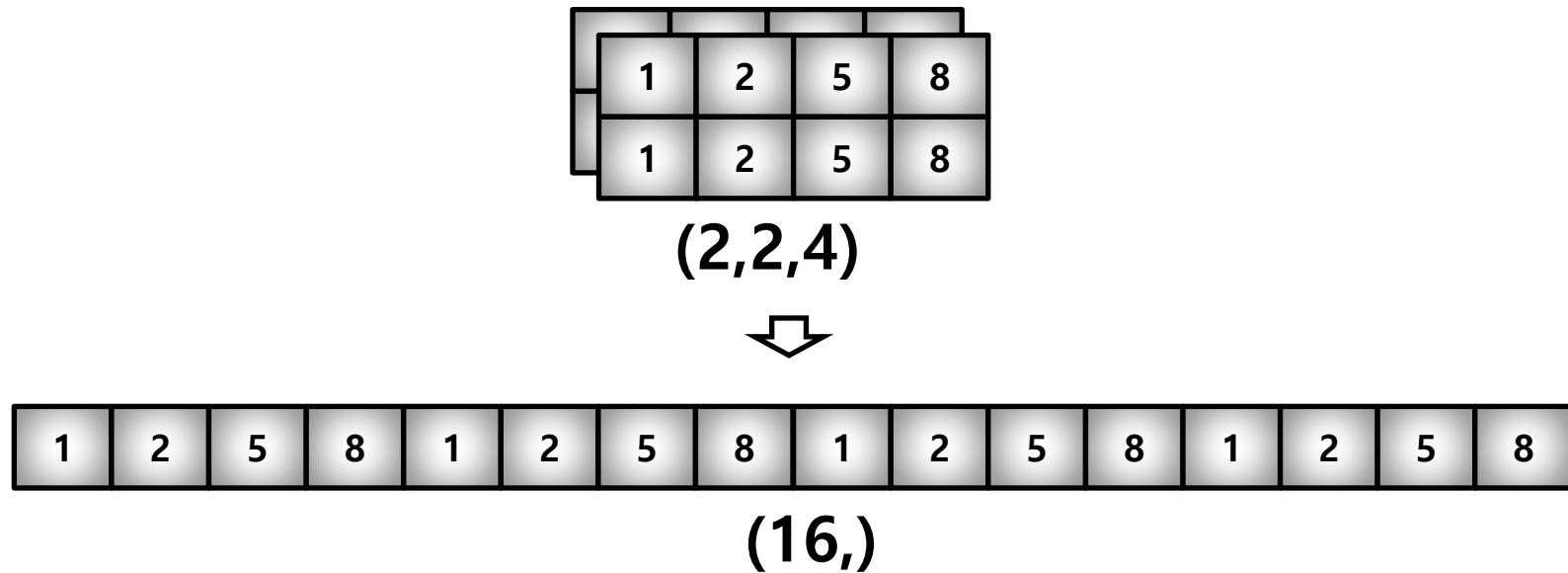
```
np.array(test_matrix).reshape(-1,2).shape  
(4, 2)
```

-1: size를 기반으로 row 개수 설정

```
np.array(test_matrix).reshape(2,2,2)  
array([[[1, 2],  
       [3, 4]],  
  
      [[[1, 2],  
        [5, 8]]])
```

```
np.array(test_matrix).reshape(2,2,2).shape  
(2, 2, 2)
```

- flatten : 다차원 array를 1차원 array로 변환



- flatten : 다차원 array를 1차원 array로 변환

```
test_matrix = [[[1,2,3,4], [1,2,5,8]], [[1,2,3,4], [1,2,5,8]]]
np.array(test_matrix).flatten()
```

```
array([1, 2, 3, 4, 1, 2, 5, 8, 1, 2, 3, 4, 1, 2, 5, 8])
```

indexing & slicing

- list와 달리 이차원 배열에서 [0,0] 표기법을 제공함
- matrix 일 경우 앞은 row 뒤는 column을 의미함

```
a = np.array([[1, 2, 3], [4.5, 5, 6]], int)
print(a)
print(a[0,0]) # Two dimensional array representation #1
print(a[0][0]) # Two dimensional array representation #2

a[0,0] = 12 # Matrix 0,0 에 12 할당
print(a)
a[0][0] = 5 # Matrix 0,0 에 12 할당
print(a)
```

indexing for numpy array

indexing & slicing

```
test_exmaple = np.array([[1, 2, 3], [4.5, 5, 6]], int)  
test_exmaple
```

```
array([[1, 2, 3],  
       [4, 5, 6]])
```

```
test_exmaple[0][0]
```

```
1
```

```
test_exmaple[0,0]
```

```
1
```

```
test_exmaple[0,0] = 12 # Matrix 0,0에 12 할당
```

```
test_exmaple
```

```
array([[12,  2,  3],  
       [ 4,  5,  6]])
```

```
test_exmaple[0][0] = 5 # Matrix 0,0에 12 할당
```

```
test_exmaple[0,0]
```

5

- list와 달리 행과 열 부분을 나눠서 slicing이 가능함
- matrix의 부분 집합을 추출할 때 유용함

```
a = np.array([[1, 2, 3, 4, 5], [6, 7, 8, 9, 10]], int)  
a[:,2:] # 전체 Row의 2열 이상  
a[1,1:3] # 1 Row의 1열 ~ 2열  
a[1:3] # 1 Row ~ 2Row의 전체
```

slicing for numpy array

indexing & slicing

1	2	5	8
1	2	5	8
1	2	5	8
1	2	5	8



1	2	5	8
<hr/>			
1	2	5	8
1	2	5	8

[:2,:]

Row - 0~1 까지

column - 전체

slicing for numpy array

indexing & slicing

```
test_exmaple = np.array([
    [1, 2, 5, 8], [1, 2, 5, 8], [1, 2, 5, 8], [1, 2, 5, 8]], int)
test_exmaple[:2,:]

array([[1, 2, 5, 8],
       [1, 2, 5, 8]])
```

```
test_exmaple[:,1:3]
test_exmaple[1,:2]
```

1	2	5	8
1	2	5	8
1	2	5	8
1	2	5	8

slicing for numpy array

indexing & slicing

```
test_exmaple = np.array([[1, 2, 3, 4, 5], [6, 7, 8, 9, 10]], int)
test_exmaple[:,2:] # 전체 Row의 2열 이상
```

```
array([[ 3,  4,  5],
       [ 8,  9, 10]])
```

```
test_exmaple[1,1:3] # 1 Row의 1열 ~ 2열
```

```
array([7, 8])
```

```
test_exmaple[1:3] # 1 Row ~ 2Row의 전체
```

```
array([[ 6,  7,  8,  9, 10]])
```

slicing for numpy array

indexing & slicing

0	1	2	3	4
5	6	7	8	9
10	11	12	13	14

arr[:,::2]

0	1	2	3	4
5	6	7	8	9
10	11	12	13	14

arr[::-2,::3]

<https://www.slideshare.net/PyData/introduction-to-numpy>

creation function

- array의 범위를 지정하여, 값의 list를 생성하는 명령어

```
np.arange(30) # range: List의 range와 같은 효과, integer로 0부터 29까지 배열추출
```

```
array([ 0,  1,  2,  3,  4,  5,  6,  7,  8,  9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16,
       17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29])
```

(시작, 끝, step)

```
np.arange(0, 5, 0.5) # floating point도 표시가능함
```

```
array([ 0.,  0.5,  1.,  1.5,  2.,  2.5,  3.,  3.5,  4.,  4.5])
```

```
np.arange(30).reshape(5,6)
```

```
array([[ 0,  1,  2,  3,  4,  5],
       [ 6,  7,  8,  9, 10, 11],
       [12, 13, 14, 15, 16, 17],
       [18, 19, 20, 21, 22, 23],
       [24, 25, 26, 27, 28, 29]])
```

- zeros - 0으로 가득찬 ndarray 생성

np.zeros(shape, dtype, order)

```
np.zeros(shape=(10,), dtype=np.int8) # 10 - zero vector 생성  
array([0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0], dtype=int8)
```

```
np.zeros((2,5)) # 2 by 5 - zero matrix 생성  
array([[ 0.,  0.,  0.,  0.,  0.],  
       [ 0.,  0.,  0.,  0.,  0.]])
```

- ones - 1로 가득찬 ndarray 생성

`np.ones(shape, dtype, order)`

```
np.ones(shape=(10,), dtype=np.int8)
array([1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1], dtype=int8)
```

```
np.ones((2,5))
array([[ 1.,  1.,  1.,  1.,  1.],
       [ 1.,  1.,  1.,  1.,  1.]])
```

- empty - shape만 주어지고 비어있는 ndarray 생성
(memory initialization 이 되지 않음)

```
np.empty(shape=(10,), dtype=np.int8)
```

```
array([ 0,  0,  0,  0,  0,  0,  0,  64, -74, 105], dtype=int8)
```

```
np.empty((3,5))
```

```
array([[ 2.00000000e+000,  2.00000000e+000,   6.42285340e-323,
         0.00000000e+000,  0.00000000e+000],
       [ 0.00000000e+000,  0.00000000e+000,   0.00000000e+000,
         0.00000000e+000,  0.00000000e+000],
       [ 0.00000000e+000,  2.12199579e-314,   2.00000000e+000,
         2.00000000e+000,  3.45845952e-323]])
```

- 기존 ndarray의 shape 크기 만큼 1, 0 또는 empty array를 반환

```
test_matrix = np.arange(30).reshape(5,6)
np.ones_like(test_matrix)
```

```
array([[1, 1, 1, 1, 1, 1],
       [1, 1, 1, 1, 1, 1],
       [1, 1, 1, 1, 1, 1],
       [1, 1, 1, 1, 1, 1],
       [1, 1, 1, 1, 1, 1]])
```

- 단위 행렬(i 행렬)을 생성함

n → number of rows

```
np.identity(n=3, dtype=np.int8)
```

```
array([[1, 0, 0],  
       [0, 1, 0],  
       [0, 0, 1]], dtype=int8)
```

```
np.identity(5)
```

```
array([[ 1.,  0.,  0.,  0.,  0.],  
       [ 0.,  1.,  0.,  0.,  0.],  
       [ 0.,  0.,  1.,  0.,  0.],  
       [ 0.,  0.,  0.,  1.,  0.],  
       [ 0.,  0.,  0.,  0.,  1.]])
```

- 대각선인 1인 행렬, k값의 시작 index의 변경이 가능

```
np.eye(3)
```

```
array([[ 1.,  0.,  0.],
       [ 0.,  1.,  0.],
       [ 0.,  0.,  1.]])
```

```
np.eye(N=3, M=5, dtype=np.int8)
```

```
array([[1, 0, 0, 0, 0],
       [0, 1, 0, 0, 0],
       [0, 0, 1, 0, 0]], dtype=int8)
```

```
np.eye(3,5,k=2)
```

```
array([[ 0.,  0.,  1.,  0.,  0.],
       [ 0.,  0.,  0.,  1.,  0.],
       [ 0.,  0.,  0.,  0.,  1.]])
```

- 대각 행렬의 값을 추출함

0	1	2
3	4	5
6	7	8

```
matrix = np.arange(9).reshape(3,3)  
np.diag(matrix)  
  
array([0, 4, 8])
```

0	1	2
3	4	5
6	7	8

```
np.diag(matrix, k=1)    k → start index  
  
array([1, 5])
```

- 데이터 분포에 따른 sampling으로 array를 생성

```
np.random.uniform(0, 1, 10).reshape(2,5) 균등분포
```

```
array([[ 0.67406593,  0.71072857,  0.06963986,  0.09194939,  0.47293574],  
       [ 0.13840676,  0.97410297,  0.60703044,  0.04002073,  0.08057727]])
```

```
np.random.normal(0, 1, 10).reshape(2,5) 정규분포
```

```
array([[ 1.02694847,  0.39354215,  0.63411928, -1.03639086, -1.76669162],  
       [ 0.50628853, -1.42496802,  1.23288754,  1.26424168,  0.53718751]])
```

operation functions

- ndarray의 element들 간의 합을 구함, list의 sum 기능과 동일

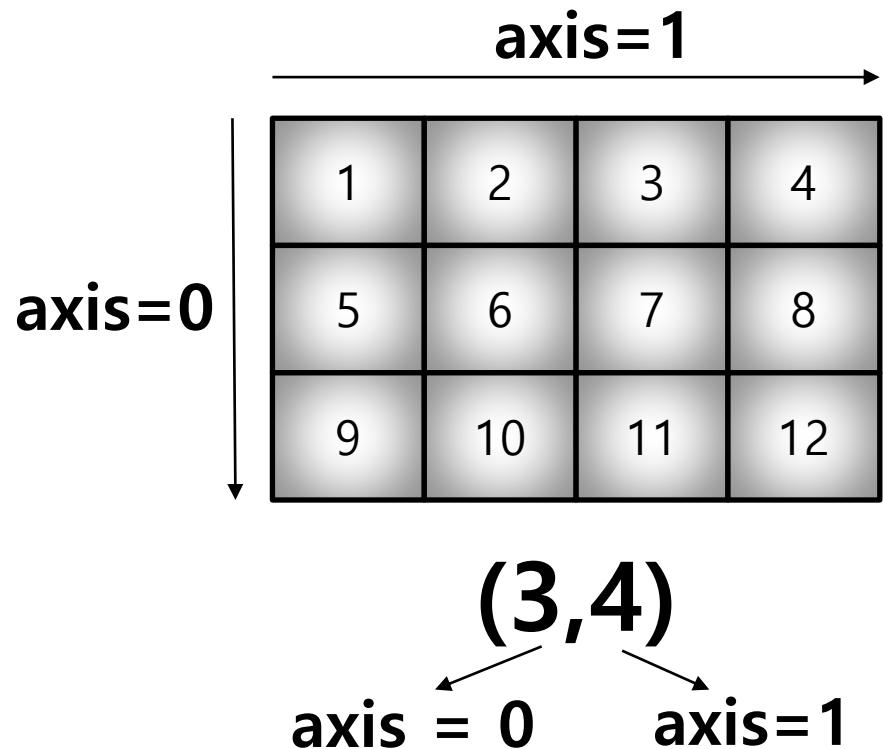
```
test_array = np.arange(1,11)  
test_array
```

```
array([ 1,  2,  3,  4,  5,  6,  7,  8,  9, 10])
```

```
test_array.sum(dtype=np.float)
```

```
55.0
```

- 모든 operation function을 실행할 때 기준이 되는 dimension 축

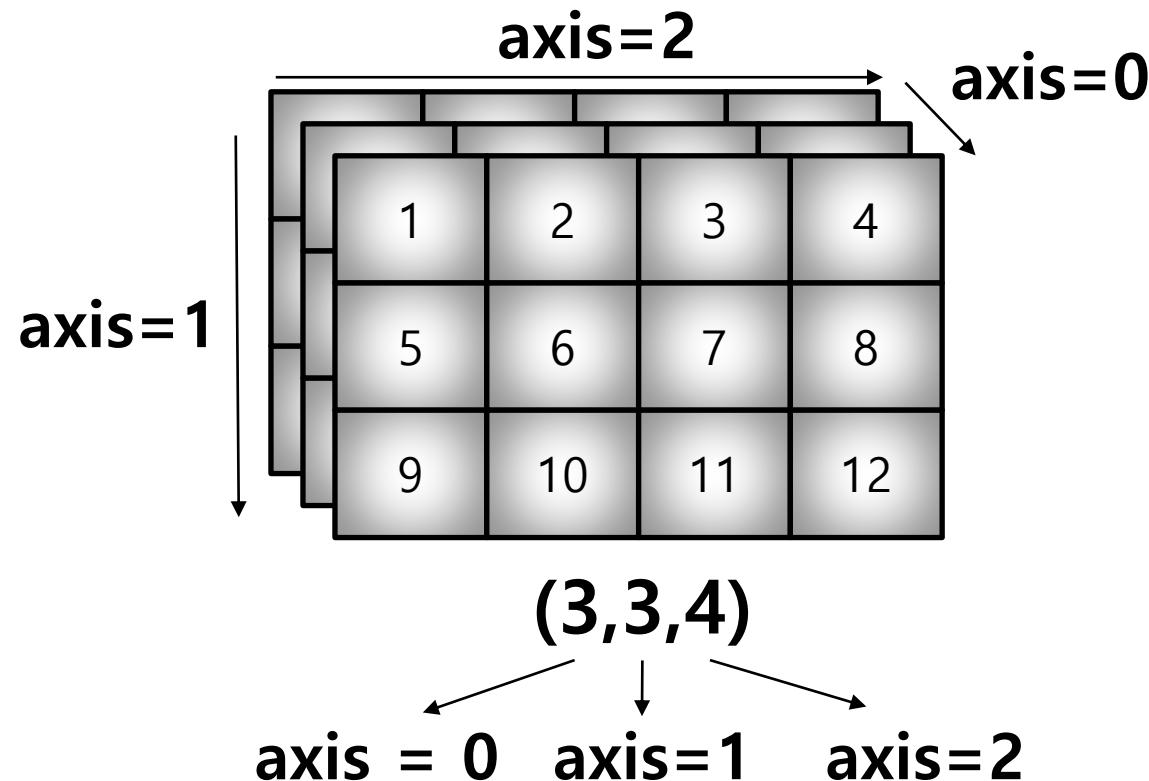


```
test_array = np.arange(1,13).reshape(3,4)  
test_array
```

```
array([[ 1,  2,  3,  4],  
       [ 5,  6,  7,  8],  
       [ 9, 10, 11, 12]])
```

```
test_array.sum(axis=1), test_array.sum(axis=0)
```

```
(array([10, 26, 42]), array([15, 18, 21, 24]))
```



```
third_order_tensor.sum(axis=2)
```

```
array([[10, 26, 42],  
       [10, 26, 42],  
       [10, 26, 42]])
```

```
third_order_tensor.sum(axis=1)
```

```
array([[15, 18, 21, 24],  
       [15, 18, 21, 24],  
       [15, 18, 21, 24]])
```

```
third_order_tensor.sum(axis=0)
```

```
array([[ 3,  6,  9, 12],  
       [15, 18, 21, 24],  
       [27, 30, 33, 36]])
```

- ndarray의 element들 간의 평균 또는 표준 편차를 반환

```
test_array = np.arange(1,13).reshape(3,4)  
test_array
```

```
array([[ 1,  2,  3,  4],  
       [ 5,  6,  7,  8],  
       [ 9, 10, 11, 12]])
```

```
test_array.mean(), test_array.mean(axis=0)  
(6.5, array([ 5.,  6.,  7.,  8.]))
```

```
test_array.std(), test_array.std(axis=0)  
(3.4520525295346629,  
 array([ 3.26598632,  3.26598632,  3.26598632,  3.26598632]))
```

- 그 외에도 다양한 수학 연산자를 제공함 (np.something 호출)

exponential: exp, expm1, exp2, log, log10, log1p, log2,
power, sqrt

trigonometric: sin, cos, tan, acsin, arccos, atctan

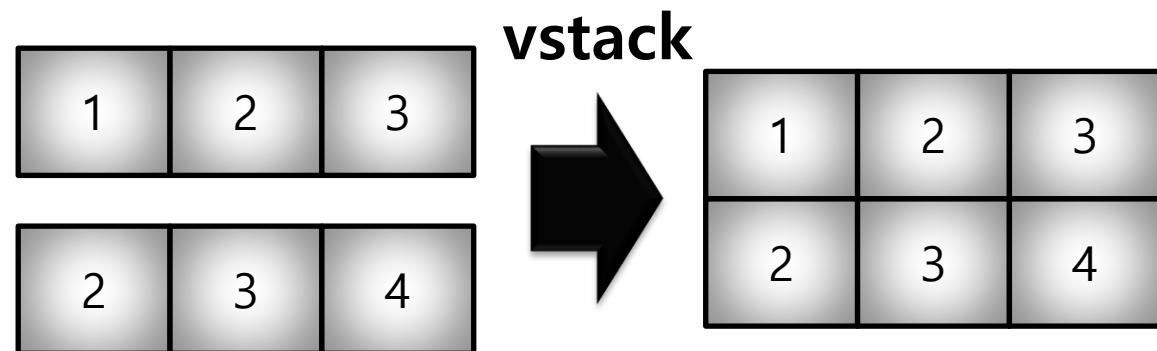
hyperbolic: sinh, cosh, tanh, acsinh, arccosh, atctanh

- 그 외에도 다양한 수학 연산자를 제공함 (np.something 호출)

```
np.exp(test_array), np.sqrt(test_array)
```

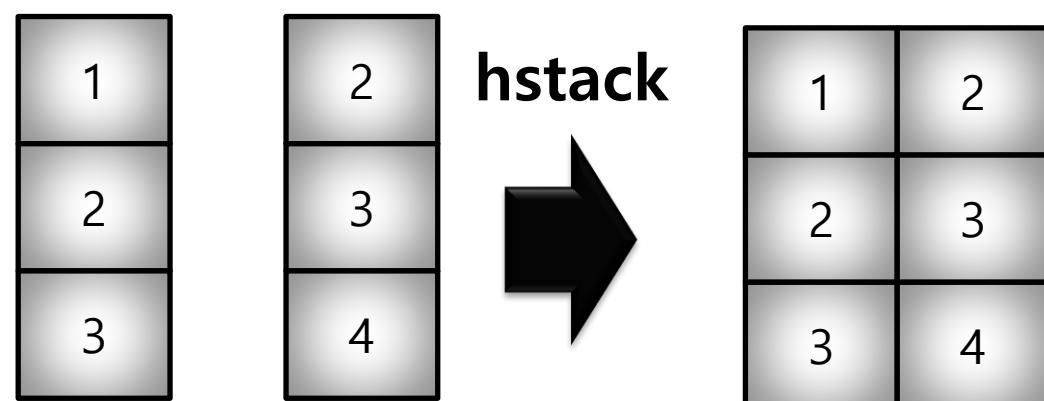
```
(array([[ 2.71828183e+00,    7.38905610e+00,    2.00855369e+01,
          5.45981500e+01],
         [ 1.48413159e+02,    4.03428793e+02,    1.09663316e+03,
          2.98095799e+03],
         [ 8.10308393e+03,    2.20264658e+04,    5.98741417e+04,
          1.62754791e+05]]),
 array([[ 1.           ,  1.41421356,  1.73205081,  2.           ],
         [ 2.23606798,  2.44948974,  2.64575131,  2.82842712],
         [ 3.           ,  3.16227766,  3.31662479,  3.46410162]]))
```

- numpy array를 합치는(붙이는) 함수



```
a = np.array([1, 2, 3])
b = np.array([2, 3, 4])
np.vstack((a,b))
```

```
array([[1, 2, 3],
       [2, 3, 4]])
```

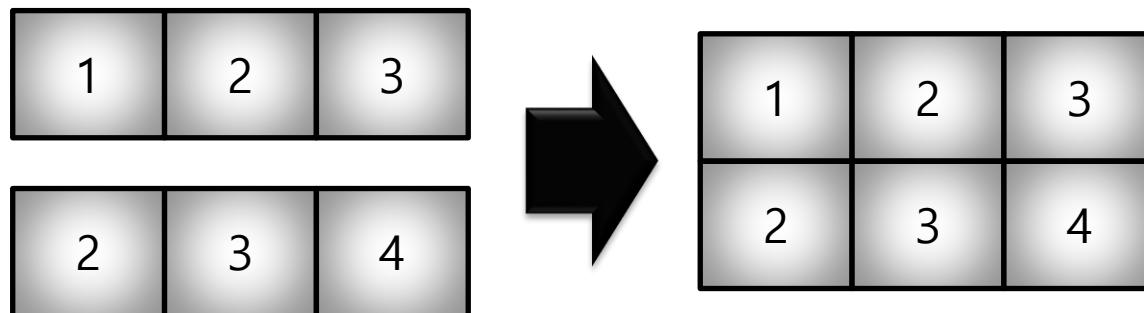


```
a = np.array([[1], [2], [3]])
b = np.array([[2], [3], [4]])
np.hstack((a,b))
```

```
array([[1, 2],
       [2, 3],
       [3, 4]])
```

- numpy array를 합치는(붙이는) 함수

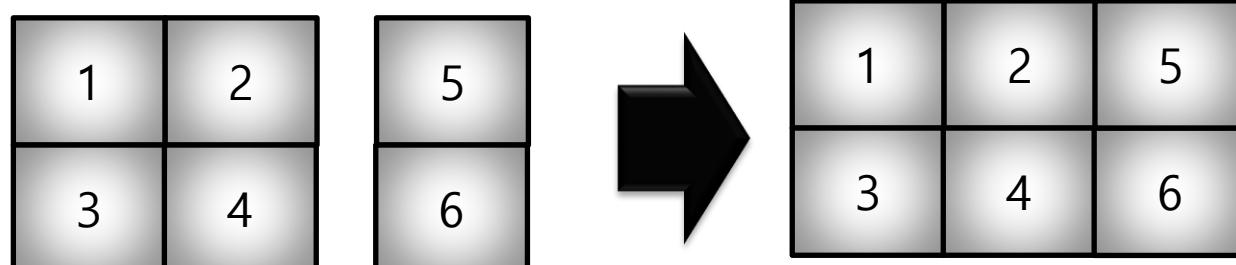
concatenate / axis=0



```
a = np.array([[1, 2, 3]])  
b = np.array([[2, 3, 4]])  
np.concatenate( (a,b) ,axis=0)
```

```
array([[1, 2, 3],  
       [2, 3, 4]])
```

concatenate / axis=1



```
a = np.array([[1, 2], [3, 4]])  
b = np.array([[5, 6]])  
np.concatenate( (a,b.T) ,axis=1)
```

```
array([[1, 2, 5],  
       [3, 4, 6]])
```

array operations

- numpy는 array간의 기본적인 사칙 연산을 지원함

```
test_a = np.array([[1,2,3],[4,5,6]], float)
```

```
test_a + test_a # Matrix + Matrix 연산
```

```
array([[ 2.,  4.,  6.],
       [ 8., 10., 12.]])
```

```
test_a - test_a # Matrix - Matrix 연산
```

```
array([[ 0.,  0.,  0.],
       [ 0.,  0.,  0.]])
```

```
test_a * test_a # Matrix내 element들 간 같은 위치에 있는 값들끼리 연산
```

```
array([[ 1.,  4.,  9.],
       [16., 25., 36.]])
```

- Array간 shape이 같을 때 일어나는 연산

The diagram illustrates element-wise multiplication (Hadamard product) of two 3x4 matrices. A large black asterisk (*) symbol is positioned between the two matrices, indicating the operation. Blue arrows point from the top row of the first matrix to the top row of the second matrix, and another blue arrow points from the result matrix to the rightmost column of the second matrix, highlighting the correspondence between elements.

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12

1	4	9	16
25	36	49	64
81	100	121	144

```
matrix_a = np.arange(1,13).reshape(3,4)  
matrix_a * matrix_a
```

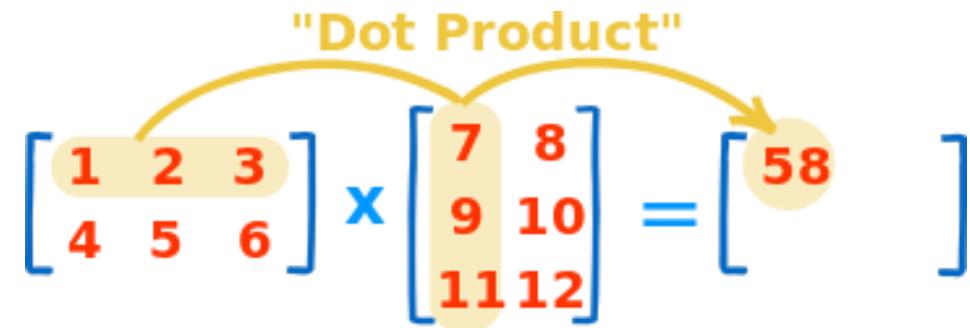
```
array([[ 1,  4,  9, 16],  
       [25, 36, 49, 64],  
       [81, 100, 121, 144]])
```

- Matrix의 기본 연산, dot 함수 사용

```
test_a = np.arange(1,7).reshape(2,3)
test_b = np.arange(7,13).reshape(3,2)
```

```
test_a.dot(test_b)
```

```
array([[ 58,  64],
       [139, 154]])
```



<https://www.mathsisfun.com/algebra/matrix-multiplying.html>

- transpose 또는 T attribute 사용

```
test_a = np.arange(1,7).reshape(2,3)  
test_a
```

```
array([[1, 2, 3],  
       [4, 5, 6]])
```

```
test_a.transpose()
```

```
array([[1, 4],  
       [2, 5],  
       [3, 6]])
```

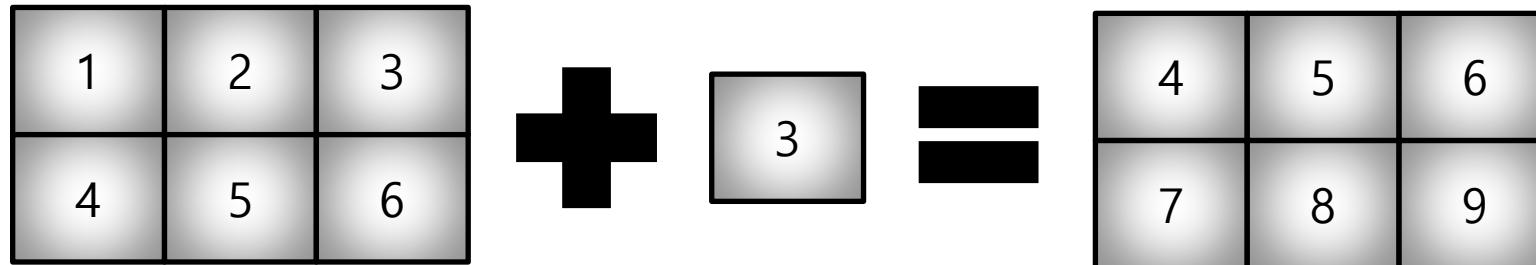
```
test_a.T.dot(test_a) # Matrix 간 곱셈
```

```
array([[ 17.,  22.,  27.],  
       [ 22.,  29.,  36.],  
       [ 27.,  36.,  45.]])
```

```
test_a.T
```

```
array([[1, 4],  
       [2, 5],  
       [3, 6]])
```

- Shape이 다른 배열 간 연산을 지원하는 기능



```
test_matrix = np.array([[1,2,3],[4,5,6]], float)  
scalar = 3
```

```
test_matrix + scalar # Matrix - Scalar 덧셈
```

```
array([[ 4.,  5.,  6.],  
       [ 7.,  8.,  9.]])
```

broadcasting

array operations

```
test_matrix - scalar # Matrix - Scalar 뺄셈
```

```
array([[-4., -3., -2.],  
       [-1.,  0.,  1.]])
```

```
test_matrix * 5 # Matrix - Scalar 곱셈
```

```
array([[ 5., 10., 15.],  
       [20., 25., 30.]])
```

```
test_matrix / 5 # Matrix - Scalar 나눗셈
```

```
array([[ 0.2,  0.4,  0.6],  
       [ 0.8,  1. ,  1.2]])
```

broadcasting

array operations

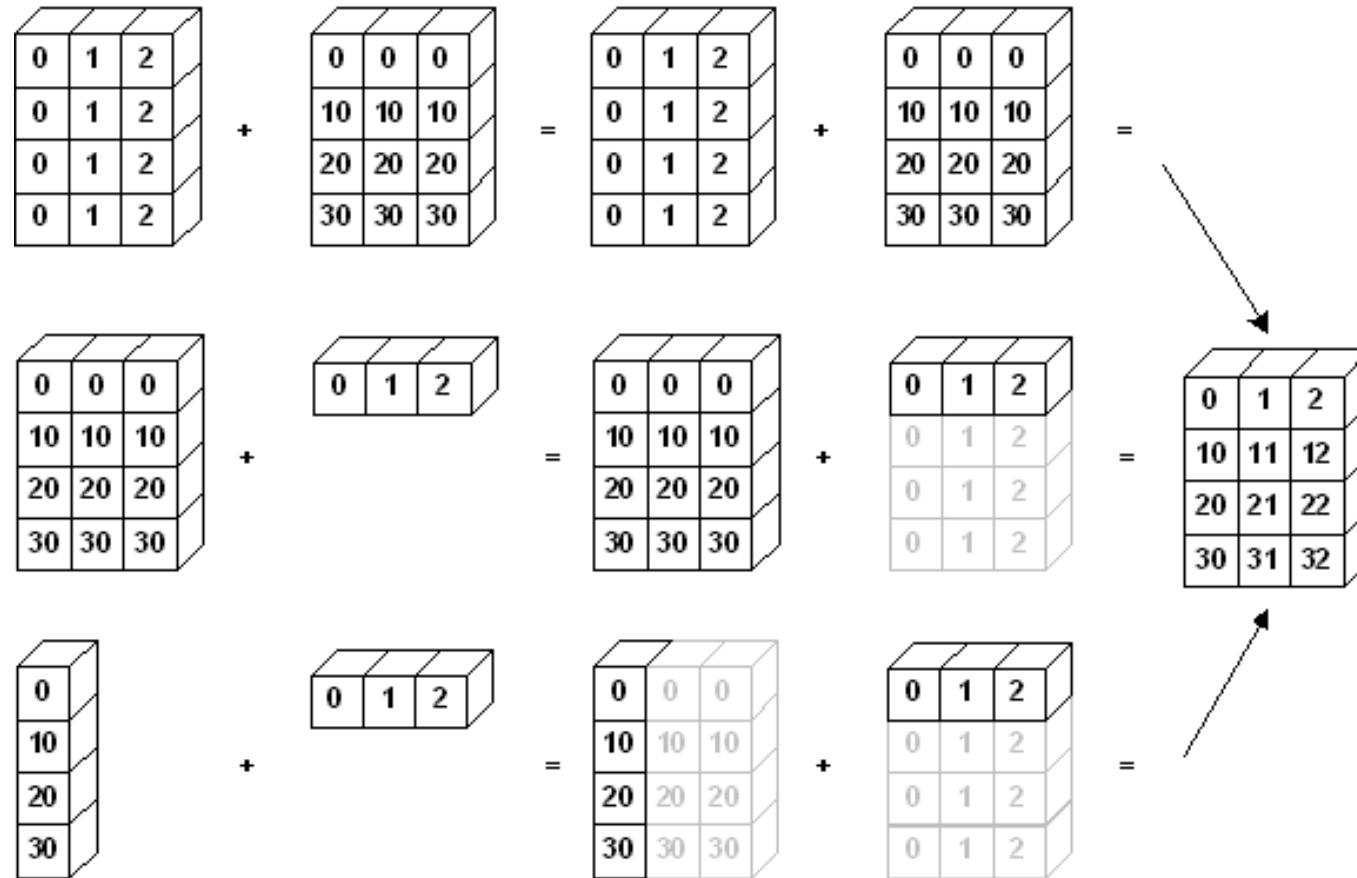
```
test_matrix // 0.2 # Matrix - Scalar 뒷
```

```
array([[ 4.,  9., 14.],  
       [19., 24., 29.]])
```

```
test_matrix ** 2 # Matrix - Scalar 제곱
```

```
array([[ 1.,  4.,  9.],  
       [16., 25., 36.]])
```

Scalar – vector 외에도 vector – matrix 간의 연산도 지원



broadcasting

array operations

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12

+

10	20	30
----	----	----

=

11	22	33
14	25	36
17	28	39
20	31	42

```
test_matrix = np.arange(1,13).reshape(4,3)
test_vector = np.arange(10,40,10)
test_matrix + test_vector
```

```
array([[11, 22, 33],
       [14, 25, 36],
       [17, 28, 39],
       [20, 31, 42]])
```

timeit: jupyter 환경에서 코드의 퍼포먼스를 체크하는 함수

```
def scalar_vector_product(scalar, vector):
    result = []
    for value in vector:
        result.append(scalar * value)
    return result

iteration_max = 100000000

vector = list(range(iteration_max))
scalar = 2

%timeit scalar_vector_product(scalar, vector) # for loop을 이용한 성능
%timeit [scalar * value for value in range(iteration_max)]
# list comprehension을 이용한 성능
%timeit np.arange(iteration_max) * scalar # numpy를 이용한 성능
```

- 일반적으로 속도는 아래 순
for loop < list comprehension < numpy
- 100,000,000 번의 loop이 돌 때, 약 4배 이상의 성능 차이를 보임
- Numpy는 C로 구현되어 있어, 성능을 확보하는 대신 파이썬의 가장 큰 특징인 dynamic typing을 포기함
- 대용량 계산에서는 가장 흔히 사용됨
- Concatenate 처럼 계산이 아닌, 할당에서는 연산 속도의 이점이 없음

comparisons

- Array의 데이터 전부(and) 또는 일부(or)가 조건에 만족 여부 반환

```
a = np.arange(10)  
a
```

```
array([0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9])
```

```
np.any(a>5), np.any(a<0)
```

(True, False) any → 하나라도 조건에 만족한다면 true

```
np.all(a>5) , np.all(a < 10)
```

(False, True) all → 모두가 조건에 만족한다면 true

- numpy는 배열의 크기가 동일 할 때
element간 비교의 결과를 Boolean type으로 반환

```
test_a = np.array([1, 3, 0], float)
test_b = np.array([5, 2, 1], float)
test_a > test_b
```

```
array([False, True, False], dtype=bool)
```

```
test_a == test_b
```

```
array([False, False, False], dtype=bool)
```

```
(test_a > test_b).any()
```

True

any → 하나라도 true라면 true

comparison operation #2

comparisons

```
a = np.array([1, 3, 0], float)
np.logical_and(a > 0, a < 3) # and 조건의 condition
array([ True, False, False], dtype=bool)
```

```
b = np.array([True, False, True], bool)
np.logical_not(b) # NOT 조건의 condition
array([False,  True, False], dtype=bool)
```

```
c = np.array([False, True, False], bool)
np.logical_or(b, c) # OR 조건의 condition
array([ True,  True,  True], dtype=bool)
```

np.where

comparisons

```
np.where(a > 0, 3, 2) # where(condition, TRUE, FALSE)  
array([3, 3, 2])
```

```
a = np.arange(10)      Index 값 반환  
np.where(a>5)
```

```
(array([6, 7, 8, 9]),)
```

```
a = np.array([1, np.NaN, np.Inf], float)  
np.isnan(a)          Not a Number
```

```
array([False, True, False], dtype=bool)
```

```
np.isfinite(a)    is finite number
```

```
array([ True, False, False], dtype=bool)
```

- array내 최대값 또는 최소값의 index를 반환함

```
a = np.array([1,2,4,5,8,78,23,3])  
np.argmax(a) , np.argmin(a)
```

(5, 0)

- axis 기반의 반환

```
a=np.array([[1,2,4,7],[9,88,6,45],[9,76,3,4]])  
np.argmax(a, axis=1) , np.argmin(a, axis=0)  
  
(array([3, 1, 1]), array([0, 0, 2, 2]))
```

1	2	4	7
9	88	6	45
9	76	3	4

boolean & fancy index

- 특정 조건에 따른 값을 배열 형태로 추출
- Comparison operation 함수들도 모두 사용가능

```
test_array = np.array([1, 4, 0, 2, 3, 8, 9, 7], float)  
test_array > 3
```

```
array([False, True, False, False, False, True, True, True], dtype=bool)
```

test_array[test_array > 3] 조건이 True인 index의 element만 추출

```
array([ 4., 8., 9., 7.])
```

```
condition = test_array < 3  
test_array[condition]
```

```
array([ 1., 0., 2.])
```

- numpy는 array를 index value로 사용해서 값 추출

```
a = np.array([2, 4, 6, 8], float)
b = np.array([0, 0, 1, 3, 2, 1], int) # 반드시 integer로 선언
a[b] #bracket index, b 배열의 값을 index로 하여 a의 값을 추출함
```

```
array([ 2.,  2.,  4.,  8.,  6.,  4.])
```

a.take(b) #take 함수: bracket index와 같은 효과

```
array([ 2.,  2.,  4.,  8.,  6.,  4.])
```

0	1	2	3
2	4	6	8

- matrix 형태의 데이터도 가능

```
a = np.array([[1, 4], [9, 16]], float)
b = np.array([0, 0, 1, 1, 0], int)
c = np.array([0, 1, 1, 1, 1], int)
a[b,c] # b를 row index, c를 column index로 변환하여 표시함
```

	0	1
0	1	4
1	9	16

```
array([ 1., 4., 16., 16., 4.])
```

numpy data i/o

- text type의 데이터를 읽고, 저장하는 기능

```
a = np.loadtxt("./populations.txt")  
a[:10]
```

파일 호출

```
array([[ 1900., 30000., 4000., 48300.],  
       [ 1901., 47200., 6100., 48200.],  
       [ 1902., 70200., 9800., 41500.],  
       [ 1903., 77400., 35200., 38200.],  
       [ 1904., 36300., 59400., 40600.],  
       [ 1905., 20600., 41700., 39800.],  
       [ 1906., 18100., 19000., 38600.],  
       [ 1907., 21400., 13000., 42300.],  
       [ 1908., 22000., 8300., 44500.],  
       [ 1909., 25400., 9100., 42100.]])
```

Int type 변환

```
a_int = a.astype(int)  
a_int[:3]
```

```
array([[ 1900, 30000, 4000, 48300],  
       [ 1901, 47200, 6100, 48200],  
       [ 1902, 70200, 9800, 41500]])
```

```
np.savetxt('int_data.csv',a_int, delimiter=',')
```

int_data.csv로 저장

1.900000000000000e+03,3.000000000000000e+04,4.000000000000000e+03,4.830000000000000e+04
1.901000000000000e+03,4.720000000000000e+04,6.100000000000000e+03,4.820000000000000e+04
1.902000000000000e+03,7.020000000000000e+04,9.800000000000000e+03,4.150000000000000e+04
1.903000000000000e+03,7.740000000000000e+04,3.520000000000000e+04,3.820000000000000e+04
1.904000000000000e+03,3.630000000000000e+04,5.940000000000000e+04,4.060000000000000e+04
1.905000000000000e+03,2.060000000000000e+04,4.170000000000000e+04,3.980000000000000e+04
1.906000000000000e+03,1.810000000000000e+04,1.900000000000000e+04,3.860000000000000e+04
1.907000000000000e+03,2.140000000000000e+04,1.300000000000000e+04,4.230000000000000e+04
1.908000000000000e+03,2.200000000000000e+04,8.300000000000000e+03,4.450000000000000e+04
1.909000000000000e+03,2.540000000000000e+04,9.100000000000000e+03,4.210000000000000e+04
1.910000000000000e+03,2.710000000000000e+04,7.400000000000000e+03,4.600000000000000e+04
1.911000000000000e+03,4.030000000000000e+04,8.000000000000000e+03,4.680000000000000e+04
1.912000000000000e+03,5.700000000000000e+04,1.230000000000000e+04,4.380000000000000e+04
1.913000000000000e+03,7.660000000000000e+04,1.950000000000000e+04,4.090000000000000e+04
1.914000000000000e+03,5.230000000000000e+04,4.570000000000000e+04,3.940000000000000e+04
1.915000000000000e+03,1.950000000000000e+04,5.110000000000000e+04,3.900000000000000e+04
1.916000000000000e+03,1.120000000000000e+04,2.970000000000000e+04,3.670000000000000e+04
1.917000000000000e+03,7.600000000000000e+03,1.580000000000000e+04,4.180000000000000e+04
1.918000000000000e+03,1.460000000000000e+04,9.700000000000000e+03,4.330000000000000e+04
1.919000000000000e+03,1.620000000000000e+04,1.010000000000000e+04,4.130000000000000e+04
1.920000000000000e+03,2.470000000000000e+04,8.600000000000000e+03,4.730000000000000e+04

- transpose 또는 T attribute 사용

End of Document

Thank You.