세 가지: larynx, velum에서 비음, constrictor

constrictor: lips toungue tip, tongue body
specify되면 특정 소리 말할 수 있음

ex)/p/ lips cl: dilavelor cd: stop, velum: raised, larynx: open(voiceless)
/d/ tongue tip, cl: alveolar cd: stop, velum: raised, larynx: closed
/z/ tongue tip cl: alveolar cd: fricative, velum: raised, larynx: closed
/n/ tongue tip cl: alveolar cd: stop, velum: lower, larynx: closed
(velum: lower은 mn응밖에 없음)
Praat 사용법

10/1
코딩은 자동화라고 생각하자. 그런데 왜 자동화할까? 사인웨이브의 반복이라.
세상의 언어는 단어와 문법으로 이루어진다.
컴퓨터 언어도 이와 비슷하다.
컴퓨터 언어: 변수에 정보 지정. 조건if 컨디셔닝, 반복for 루프, 함수 필요. 함수가 가장중요
정보의 종류는 숫자와, 문자

Jupyter-variable
a=1이라고 했을 때, 오른쪽에 있는게 정보이고 왼쪽에 있는 것이 변수.
함수() print(a) 일 때 ()가 입력이다.
셀 셀렉하고 b 누르면 below에 셀 생성, a누르면 above에 생성, x누르면 셀 제거
, 실행은 shift+enter
문자를 정보에 입력하려 할 때 무조건 ''를 붙여줘야 함
변수명만 쳐도(print안해도) 결괏값을 보여준다.
;입력하면 줄바꿈안해도 한줄에 쓸 수 있음.
한 변수에 여러개의 정보를 넣는게 list []대괄호로 표현,
type변수 입력하면 list(여러개), int(숫자), float(실수), str(문자) 등 출력
dict를 표현하려면 중괄호{} 안에 표제어:설명어 의 페어 형식을 가진다.

Q a=[1, 'love', [1, 'bye']] 일 때, a에는 세 개의 정보가 들어있고, type(a)를 입력하면 list를 출력한다. 이 안에는 int, str, list가 들어있고, 세 번째 list 안에는 int와 float이 들어있다.

()는 tuple

10/8

a=[1, 2]

b=[3, 4]

c=a[0]+b[0]

c를 하면 4가 출력됨. []는 0번째 값을 retrieve하는 역할을 함.

같은 원리로

a=[1,2]

b=[3, 4]

c=a[1]+b[1]

c를 하면 6이 출력됨.

partial value 값을 가져올 때는 대괄호 [] 사용.

float는 varible이 들어오면 float type으로 바꿔줌.

a의 type이 float인데 int로 강제하면 int로 출력 a = 1.2; a = int(a); print(type(a))

어떠한 내부정보로 들어갈 땐 []안에 인덱스를 적으면 내부정보를 가져온다.

a = '123'; a = list(a); print(type(a)); print(a); print(a[2]) 실행하면

<class 'list'>

['1', '2', '3']

3

a는 1, 2, 3이라는 문자를 가진 list가 된 거임. 리스트되고 a의 두 번째 값인 3이 문자로서 나온 것. 이 부분 이해.

a = [1,'2', [3, '4']]; print(type(a)); print(a[0]); print(a[1]); print(a[2])

<class 'list'>

1

2

[3, '4']

여기서 1은 숫자, 2는 문자로 출력된 것.

dict에서 access할 때는 pair에서 앞부분을 index로 씀.

list처럼 숫자를 인덱스로 쓰지 않음.

a = {"a": "apple", "b": "orange", "c": 2014} ;print(type(a)); print(a["a"])

<class 'dict'>

apple

여기서 print(a["a"])는 a 안의 "a"인덱스 값을 가져오는 것.

그래서 a = {"1": "apple", "b": "orange", "c": 2014}; print(type(a)); print(a["1"])

해도 같은 값 나옴.

a=[(1,2,3), (3,8,0)]; print(type(a)); a

<class 'list'>

[(1, 2, 3), (3, 8, 0)]

type(a[0])

tuple

string

s = 'abcdef'; print(s[0], s[5], s[-1], s[-6])

a f f a

인덱스가 음수일때도 확인.

Q. 첫 번째 인덱스는 항상 0이고 마지막 인덱스는 -1인 것.

s = 'abcdef'; print(s[1:3], s[1:], s[:3], s[:])

bc bcdef abc abcdef

인덱스가 1:3이면 1위치에서 3위치 전까지, 1:이면 1위치에서 끝까지.

:3이면 처음부터 2위치까지, :이면 전체

len()은 정보의 길이를 준다고 생각.

s = 'abcdef'; len(s)

6

s = 'abcdef'; s.upper()

'ABCDEF'

s = ' this is a house built this year.₩n'; result = s.find('house'); result

11

띄어쓰기 포함 11번째에서 house가 시작된다는 의미.

result = s. find('this'); result; result = s. rindex('this'); result;

1

23

s = s.strip(); s

'this is a house built this year.'

space나 불필요한 기호를 제거해주는 함수

tokens = s.split(' '); tokens

['this', 'is', 'a', 'house', 'built', 'this', 'year.']

은 split 괄호 내부에 있는 것으로 자르라는 의미.

s = ' '.join(tokens); s

'this is a house built this year.'

은 다시 붙이는 것

s = s.replace('this', 'that'); s

'that is a house built that year.‘

은 this를 that으로 바꿔주는 것.

10/10

variable assign은 =해서 하는 것. string하고 list하고 비슷한 성격을 가진다. varible 종류.

funciton에 대해 배웠다. 오늘은 for loop와 if조건에 대해 배울 것.

Jupyter에 노트남기는 법: #쓰고 쓰면 명령어 실행 안됨. 셀종류를 markdown으로 바꾸면 실행x.

syntax

a = [1, 2, 3, 4]

for i in a:

print(i)

1

2

3

4

in 뒤에 있는 것을 하나씩 돌려서 한 번할 때마다 i로 받아서 뭔가를 하라

range뒤에 어떤 함수가 나오면 list를 만들어줌. 인덱스를 0부터 만들어주는것

a=[1,2,3,4]

for i in range(4):

print(a[i])

1

2

3

4

print (i)

0

1

2

3

range(4): 0부터 4개 (0 1 2 3)

a = [1, 2, 3, 4]

for i in range(len(a)):

print(a[i])

1

2

3

4

첫 번째 루프에서 i는 0

len(a)=1

len(a)=4

a = ['red', 'green', 'blue', 'purple']

for i in a:

print(i)

랑

a = ['red', 'green', 'blue', 'purple']

print (a[0])

print (a[1])

print (a[3])

print (a[4])

의 결괏값은

red

green

blue

purple로 같다

a=[red, green, blue, purple]

for s in a:

print (s)

하면 네 번 루프를 돌고 s는 매번 달라진다.

a = ['red', 'green', 'blue', 'purple']

for s in range(len(a)):

print(s)

하면

0

1

2

3

a = ['red', 'green', 'blue', 'purple']

for s in range(len(a)):

print(a[s])

enumerate는 번호를 매기는 것.

a = ["red", "green", "blue", "purple"]

b = [0.2, 0.3, 0.1, 0.4]

for i, s in enumerate(a):

첫 번째 루프에서 i에는 0, s에는 red가 들어감. for뒤에서 앞(i)에는 번호, 뒤(s)에는 element.

a = ["red", "green", "blue", "purple"]

b = [0.2, 0.3, 0.1, 0.4]

for i, s in enumerate(a):

print("{}: {}%".format(s, b[i]*100))

red: 20.0%

green: 30.0%

blue: 10.0%

purple: 40.0%

i=0 s=red이런식으로 네 번 돌아간다. format 함수 안 두 개가 {}에 각각 들어간다.

```
a = ["red", "green", "blue", "purple"]
b = [0.2, 0.3, 0.1, 0.4]
for s, i in zip(a, b):
print("{}: {}%".format(s, i*100))
```

a와 b의 길이는 같아야. a와b를 페어로 만들어줌

```
a = 0
if a == 0:
print("yay")
```

yay

a가 0이면 yay를 print해라

```
a = 0
if a != 0:
print("yay")
```

a가 0이 아니면 yay를 print해라. 그래서 프린트 안됨.

```
print("no")
a = 0
if a != 0:
print("yay")
else:
print("no")
```

no

요부분 유튜브 볼 것

```
for i in range(1,3):
for j in range(3,5):
print(i*j)
```

3

4

6

8

두 번씩, 1일 때 두 번째 줄 3,4 돌고 2일 때 3,4해서 총 네 번 돈다.

```
for i in range(1,3):
for j in range(3,5):
if j >=4:
print(i*j)
```

4

8

이때 indent가 없으면 다 에러뜬다!

Q. 특정 컴비네이션이 있을 때 없을수 있음. 그런게 뭘까? 존재한다 안한다로 답.

Q. lips 가 cl 로 velar를 가질 수 있을까?이거는 영어에서 못하는걸까 사람이 못하는걸까?

사람이 못하는 거임

Q. lips가 cl로 alveolar로 가지는 언어가 있을까?

이론상으로 가능. 인체 구조상 가능.

기말

숫자화되지 않은 데이터들이 어떻게 숫자화되는가. 숫자열로 표현되는가.

이미지: 모든데이터는 벡터의 상태일 때 다루기 쉽고 벡터화된다.

소리: 소리도 벡터화 된다.

텍스트: 5000번째 단어라고 했을 때 0000....1(5000개) 이런식으로 표현. 역시 벡터화

모든 벡터화된 데이터는 수학적 처리를 해야하는데, 그냥 더하기로 처리하면 안된다.

이걸 해주는게 numpy.

```
import numpy
A = numpy.array(a)
B = numpy.array(b)
```

array는 list를 계산가능하게 만들어주는 것. import 반드시 해줘야.

```
A+B
array([ 3, 7, 11])

type(A)
```

numpy.ndarray

import numpy as np

A = np.array(a)

B = np.array(b)

as np해주면 이렇게 바꿔쓸 수 있다.

numpy라는 패키지 안에는 여러 패키지가 포함될 수 있다. import numpy하면 numpy안에 있는 모든 것들을 쓸 수 있다. A안에 D안에 f가 있다고 하자. 부르려면 numpy.A.D.f라고 하면 됨.

from numpy import A를 하면 그다음부터는 A.D.f로 불러올 수 있다.

Q. 불러올수 있는 다양한 방법 중 틀린 것은? import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt = from matplotlib import pyplot as plt

이렇게 하면 plt만 해도 불러올 수 있음.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
np.empty([2,3], dtype='int')
array([[8, 0, 0],
[0, 0, 0]])
```

숫자는 랜덤. [행,렬]이 만들어짐.

```
np.zeros([2,3])
array([[0., 0., 0.],
[0., 0., 0.]])
```

zeros, ones 함수는 기본적으로 dtype이 float인 arrary를 만든다.

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

array는 리스트를 계산할 수 있게 만들어줌.

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

[4, 5, 6]])

np.arange(0,10,2, dtype='float64')

array([0., 2., 4., 6., 8.])

dtype=뭐라고 하냐에 따라 무슨 숫자가 나올지 정할 수 있다.

float다음 숫자는 몇 번째 소수점까지 표시할 것인가. 얼마나 정확하냐와 연관되어있음.

arrange(0,10,2)는 0부터 10개 2씩 뛰면서

np.arange(5)

array([0, 1, 2, 3, 4])

인덱스 0부터 다섯 개를 만든 것.

np.arange(0,10,2)

array([0, 2, 4, 6, 8])

이렇게 하면 0부터 10전까지 2간격으로 만듦

np.linspace(0,10,6, dtype=float)

array([0., 2., 4., 6., 8., 10.])

0부터 10까지 6개로 나눠주는 것(끝 포함). 그 간격이 다 같음.

X = np.array([[1, 2],[3, 4],[5, 6]])

array([[1, 2],

[3, 4],

[5, 6]])

X = np.array([[[1, 2],[3, 4],[5, 6]], [1, 2],[3, 4],[5, 6]]])

array([[[1, 2],

[3, 4],

[5, 6]],

[[1, 2],

[3, 4],

[5, 6]]])

[]대괄호가 두 개 나오면 이차원 세 개 나오면 삼차원

X.ndim하면 차원확인 가능

X.shape

(2, 3, 2)

제일 큰 괄호 속 2개 두 번째 괄호 속 2개 제일 작은 괄호 속 2개

X.astype(np.float64)

array([[1., 2., 3.],

[4., 5., 6.]])

type바꿔주는 것.

np.eros_like(X)

array([[0, 0, 0],

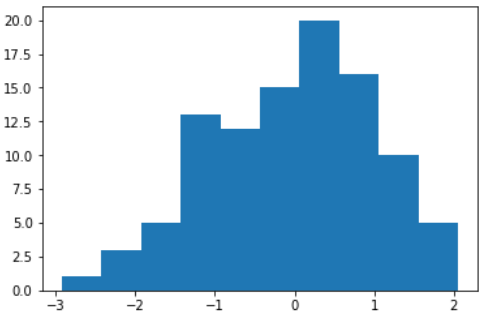
[0, 0, 0]])

다 0으로 바꿔줌. X*0해도 됨

data = np.random.normal(0,1, 100)

print(data)

plt.hist(data, bins=10)



plt.show()

100개의 랜덤한 데이터를 정규분포로 만들어라. 무조건 0을 포함한 자연수값.

Q. 요 블록 다 합하면 몇 개일까? 100개

여기서 data.ndim하면 1(1차원이라는 의미) data.shape하면 100 (100개의 벡터라는 의미)

X = np.ones([2, 3, 4])

X

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.]]])

Y = X.reshape(-1, 3, 2)

Y

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.]]])

x의 엘리먼트는 2*3*4=24개로 동일하다. 무슨값인지 모르면 -1적으면 되고 4적어도됨.

동일한 차원으로만 reshape가능

np.allclose(X.reshape(-1, 3, 2), Y)

True

X랑 Y랑 같냐

a = np.random.randint(0, 10, [2, 3])

b = np.random.random([2, 3])

np.savez("test", a, b)

0과 10사이에서 숫자를 픽해서 [2,3]모양을 만들어라.

파일로 저장해주는 것. test.npz 생겨났을 것.

ls -al test*

있는지 확인

del a, b

who

뭐가 지금 available한지. 근데 delete해서 없을 것.

```
npzfiles = np.load("test.npz")
npzfiles.files
['arr_0', 'arr_1']

npzfiles['arr_0']
array([[1, 5, 2],
[1, 7, 0]])
data = np.loadtxt("regression.csv", delimiter=",", skiprows=1, dtype={'names':("X", "Y"),
'formats':('f', 'f')})
data
```

csv는 컴마로 분리된 variable. csv로부터 data로 들어온 것.

```
arr = np.random.random([5,2,3])
print(type(arr))
print(len(arr))
print(arr.shape)
print(arr.ndim)
print(arr.size)
print(arr.dtype)
<class 'numpy.ndarray'>
5
(5, 2, 3)
3
30
float64



a = np.arange(1, 10).reshape(3,3)
b = np.arange(9, 0, -1).reshape(3,3)
```

print(a)

print(b)

[[1 2 3]

[4 5 6]

[7 8 9]]

[[9 8 7]

[6 5 4]

[3 2 1]]

a == b

array([[False, False, False],

[False, True, False],

[False, False, False]])

a > b

array([[False, False, False],

[False, False, True],

[True, True, True]])

a.sum(), np.sum(a)

(45, 45)

요부분 이해.

a.sum(axis=0), np.sum(a, axis=0)

(array([12, 15, 18]), array([12, 15, 18]))

a.sum(axis=1), np.sum(a, axis=1)

(array([6, 15, 24]), array([6, 15, 24]))

몇 번째 차원에서 sum을 할건가. 첫 번째 차원에서 sum을 해라.

11/5

Phoasor

sinusoidal을 만들어내는게 phasor. sin의 입력값은 radians(2파이 등). degree(0도-360도)가 아니라.

쉽게 말해 sin, cos이 phasor.

오일러 공식: e^θi = cos(θ)+sin(θ)i

cos가 real, sin imaginary

그냥 e 가 숫자값이구나..만 알면됨. f(θ)=e^θi. e 만 변하면 값이 나오는 것.
오일러 공식이 새로운 phasor.

θ	0,	π/2	π	3π/2	2π
cosθ	1	i	−1	−i	1
(a,b)	(1,0)	(0,1)	(−1,0)	(0,−1)	(1,0)

복소수를 plot하는 방법을 배울 것.

복소 평면. x축 a, y축 b이라고 하고 θ값을 쭈욱 이어보면 원을 그리게 됨.

x축과 원점-(a,b) 연결한 선이 이루는 각이 θ

```
from matplotlib import pyplot as plt
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
from mpl_toolkits.axes_grid1 import make_axes_locatable
import IPython.display as ipd
import numpy as np
%matplotlib notebook
from scipy.signal import lfilter
```

Q. 첫줄은 import matplot.pyplot와 같다.

1. parameter setting

amp = 1 # range [0.0, 1.0]

sr = 10000 # sampling rate, Hz

dur = 0.5 # in seconds

freq = 100.0 # sine frequency, Hz

sr, freq 둘다 Hz가 단위. 1초에 몇 개이니까.

음질의 정도가 sr. 1초동안 들어갈 수 있는 time tics. t=0.001 0.002 0.003....일 때 sr=1000

freq는 1초에 태극문양이 몇 개 들어가느냐.

나중에 변수값 바뀔 때 얘네만 바꿔주면 돼서 편리.

2. generate time

t = np.arange(1, sr * dur+1)/sr

+1은 제일 마지막꺼 더해주는 것. sr*dur은 time tic을 dur까지 씀.

여기서는 1/10000부터 5000/10000까지인 것.

왜 시간을 만들어주어야 할까. phasor함수들은 받아들이는 입력이 radian만이기 때문.

이것만으로는 소리의 실체를 만들 수 없음.

3. generate phase

theta = t * 2*np.pi * freq

들어가는 각도값이 phase. 총 100바퀴를 돌아라.

t 연동시키는 것

4. generate signal by cosine−phasor

s = np.sin(theta)

Q. time과 theta의 벡터사이즈는 같다.

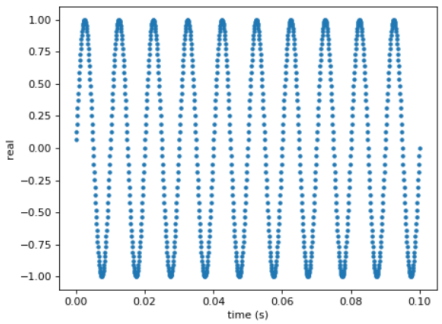
5. fig = plt.figure()

ax = fig.add_subplot(111)

ax.plot(t[0:1000], s[0:1000], '.')

ax.set_xlabel('time (s)')

ax.set_ylabel('real')



실제 소리를 만들때는 t가 필요해서 x축으로. theta는 그냥 한바퀴 반복, 뻔함.

Q. 점들의 개수는 몇 개인가 1000개.

t랑 s랑 같아야 함. 다르면 왜 실행이 안되는지 알아야.

시간이 없다고 가정하면,

theta = np.arange(0, 2*np.pi,) 이때 theta의 단위는 radian

s = np. sin(theta)

총 7개의 값이 모두 corresponding하다.

theta = np.arange(0, 2*np.pi, 0.1)하면 열배로 촘촘하게 값을 그리게 됨.

시간이 없음.

subplot은 화면 분리해서 여러개 들어갈 수 있는 것.

111은 1x1의 첫 번째 221는 2x2의 첫 번째 222, 223, 224도 가능.

non-linear하다

41분 유튜브 확인할것

6. generate signal by complex-phasor

c = np.exp(theta*1j)

c의 표기법이 다 같은 이유는 형식(a+bi)을 통일시키는 것. -01은 소수점 하나를 왼쪽으로 옮긴다는 의미

fig = plt.figure()

ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')

ax.plot(t[0:1000], c.real[0:1000], c.imag[0:1000], '.')

ax.set_xlabel('time (s)')

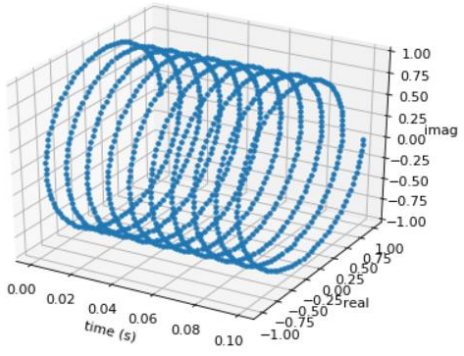
ax.set_ylabel('real')

ax.set_zlabel('imag')

c라는 하나의 복소수 값에는 a,b값도 포함되어있다.

7. ipd.Audio(s, rate=sr)

s대신 c.imag(=s), c.real을 넣어도 소리 나옴.



11/12

!pip install sounddevice

import sounddevice as sd

sd.play(c.real, sr)

s = amp*np.sin(theta)

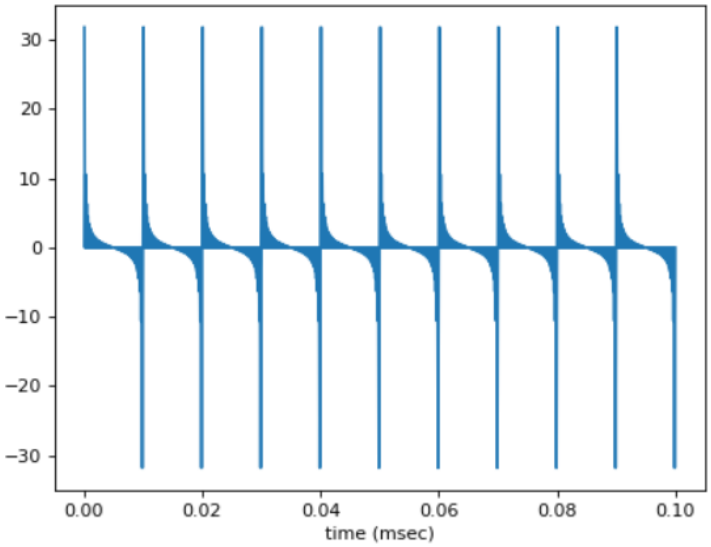
c = amp*np.exp(theta*1j)

지금껏 amp이 1이 곱해져있던 것.

Generate pulse train

sr이 100Hz일 때, 우리가 표현할 수 있는 게 1초에 100개라는 의미. 이걸로 1Hz freq를 표현할 수 있을 가? 있다. 한번의 사인웨이브로 표현가능하다. 10000Hz freq는 불가. sr이 1초에 충분히 있어야 그만큼의 주파수를 표현할 수 있다. sr=10Hz / freq=100Hz 가능? 불가. 10Hz로는 5개밖에 못만듦. sr의 절반이하만 freq로 가능. 이를 Nyquist freq라고 함. 표현할 수 있는 freq의 맥시멈. sr의 무조건 반. cd의 sr은 44100Hz이고 nyquist freq = 22050Hz. 그러면 왜 22050? 인간의 가청주파수가 20000이 최대. 들을 수 있는 소리는 다 표현 가능. 그래서 CD음질을 저 숫자로 고정. 사람의 말소리는 4000 내에서 다 표현 가능해서 유선전화기의 sr= 8000Hz 요즘은 16000Hz.

```
# generate samples, note conversion to float32 array
F0 = 100; Fend = int(sr/2); s = np.zeros(len(t));
for freq in range(F0, Fend+1, F0):
theta = t * 2*np.pi * freq
tmp = amp * np.sin(theta)
s = s + tmp
fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(111)
ax.plot(t[0:1000], s[0:1000]);
ax.set_xlabel('time (msec)')
```



ipd.Audio(s, rate=sr)

Fend = int(sr/2) freq의 마지막을 Fend라고 하고, sr/2=Nyquist freq, 소수나오면 지저분해서 int

s = np.zeros(len(t)) 처음의 s 값.

for freq in range(F0, Fend+1, F0): f0부터 Fend+1(마지막꺼 포함)까지 F0의 간격으로.

11/14

freq=440으로 설정해보자

```
# parameter setting
amp = 1 # range [0.0, 1.0]
sr = 10000 # sampling rate, Hz
dur = 0.5 # in seconds
freq = 440.0 # sine frequency, Hz
# generate time
t = np.arange(1, sr * dur+1)/sr

# generate phase
theta = t * 2*np.pi * freq
# generate signal by cosine-phasor
s = amp*np.sin(theta)
fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(111)
ax.plot(t[0:1000], s[0:1000], '.')
```

ax.set_xlabel('time (s)')

ax.set_ylabel('real')

소리나게 해주는거 ipd.Audio(s, rate=sr)

여기서 소리의 음계는 A(라)이다. freq=880, 220으로 하면 다 라이다. 옥타브를 뛰려면 배수로.

s = amp*np.cos(theta)

sin을 cos로 바꾸면 시작점이 달라진다. sin과 cos사이에는 pi/2차이 크기가 있구나. 하지만 소리가 변하진 않는다. phase(각도)를 얼마나 옮기느냐에 대해서는 인간이 감지하지 못한다. freq만 인지가능.

c자체로는 plotting이 안됨. 이를 plotting하기 위해서는 a,b를 가져와야. real, img값을 파트를 가져와서 2차원에서 찍음. 찍는 방법으로 plotting을 한다.

ipd.Audio(c.real, rate=sr)로 재생. 위에서의 sin값은 c.imag랑 같다.

지금부터 **carving**. pulse train은 wave form이지 spectrum이 아니니까 혼동하지 말 것.

```
def hz2w(F, sr):
NyFreq = sr/2;
w = F/NyFreq *np.pi;
return w
def resonance (srate, F, BW):
a2 = np.exp(-hz2w(BW,srate))
omega = F*2*np.pi/srate
a1 = -2*np.sqrt(a2)*np.cos(omega)
a = np.array([1, a1, a2])
b = np.array([sum(a)])
return a, b
```

여기는 알면좋지만 몰라도됨. 함수가 만들어지는 실체임.

F,sr이 입력이고 return이 출력. srate, F, BW가 나오고 a,b가 나옴

어떻게 쓰는지만 알면 됨.

resonance가 위에 hz2w를 불러와서 쓴다.

```
RG=0, BWG=100
a, b=resonance(sr,RG,BWG)
```

s = lfilter(b, a, s, axis=0)

ipd.Audio(s, rate=sr)

RG는 x축 산맥의 위치 BWG는 산맥이 얼마나 뚱뚱한지 뾰족한지.

0위치에 100만큼 뚜꺼운 산맥을 만들어라.

고주파쪽만 남고 나머지는 다 carve된걸 praat에서 확인가능

RG = 500 # RG is the frequency of the Glottal Resonator

BWG = 60 # BWG is the bandwidth of the Glottal Resonator

a, b=resonance(sr,RG,BWG)

s = lfilter(b, a, s, axis=0)

ipd.Audio(s, rate=sr)

RG를 키우면 조금 더 사람 목소리에 가까워짐

.

.

.

RG = 3500 # RG is the frequency of the Glottal Resonator

BWG = 200 # BWG is the bandwidth of the Glottal Resonator

a, b=resonance(sr,RG,BWG)

s = lfilter(b, a, s, axis=0)

ipd.Audio(s, rate=sr)

다 실행하면 500,1500,2500,3500에 산맥 만들어진거 Praat에서 확인 가능

s = lfilter(np.array([1, −1]), np.array([1]), s)

ipd.Audio(s, rate=sr)

요거는 입술 통해서 공명한 소리.

11/19

입력된 벡터가 함수와 곱해져서 출력되는 과정.

인공지능에서의 기계학습. 선형대수는 행렬가지고 하는 모든 것. 인공지능의 기본 원리.

11/21

행렬곱하는 법 알아둘 것. 3 x m * m x 4 곱하려면 m은 같아야. 이 예시의 결과는 3 x 4 행렬.

transpose 개념도. 행렬과점에서 column 관점에서 생각하면 열 기준으로 벡터갯수 세고, column

space의 차원이 whole space의 차원보다 적다면 null space가 있는 것. null space는 column space에 orthogonal함.
3*2 행렬을 예시로
column관점에서 whole space=R^3 column space=P
row관점에서 whole space=R^2 row space=R^2

column이든 row space든 independent한 게 몇 개 있는지가 중요
column관점에서 independent는 2개=rank
row관점에서 vector는 3개. independent하다는 것은 나머지 두 개의 linear combination으로 만들어지면 안됨. 하지만 linear combination으로 만들어질 수 있음. 결국 independent한 것은 2개. 전체 차원이 2차원이면 row space도 그 이상을 넘을 수 없음.
row로 보든 column으로 보든 independent한 벡터의 개수는 늘 같다. 이것을 rank라고 하고 여기서는 2개. 3*2에서 columnwise whole space는 3, rowwise whole space는 2, column/row space=2
column 관점에서는 null space가 하나 있는 것.
null space를 이론적으로 생각해보면, 2차원의 plain이 있고 거기에 orthogonal한게 null space. 수학적 정의는 x*A=0을 만드는 x= null space

11/26
null space의 수학적, 기하학적, 실용적 해석
기하학적 해석: 스패닝된 공간에 수직으로 만나는 선이 null space.
수학적 해석: Ax=0 given A에 대해서 0을 만드는 모든 x가 null space
실용적 해석: Ax=b에서 A가 인공지능.
null space는 어떤 입력이 들어오든 출력에 영향을 미치지 않는 것.
악기를 연주할 때를 예시를 들면, 필요없는 동작이나 공간을 줄이는 게 null space를 줄이는 것.
어떤 벡터를 null space의 방향으로 변형시키면 그 값은 출력값에 영향을 미치지 않음.

Eigenvector
A*v=Av (이때, v는 입력)
v를 (1,1)에 놓으면 사각형 모양 만들어짐.
원점과 입력(v)과 출력(Av)이 일직선 상에 놓이는 경우가 있는데, 이 선상을 eigen vector라고 한다.
given 행렬이 있을 때, eigen vecotor가 뭐냐 하면 값 하나가 아니라 이 직선상의 방향을 말해야

한다.

이 직선을 eigen vector space라고 한다. vector space는 2x2면 2개, 3x3면 3개이다.

eigen analysis를 할 때, eigen value는 v가 eigen space에서 움직일 때, v와 Av가 늘어들고 줄어드는 비율을 말한다. eigen vector는 matrix의 고유한 특성을 구분해주는 역할을 한다.

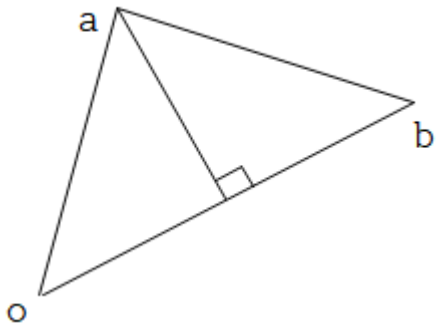
Corelation

$-1<r<1$

0일 때 상관관계가 낮다.

$\cos\theta = r$

inner product 두 벡터가 있을 때 다 곱해서 더한 값. 기하학적 해석이 중요. 두 벡터(a,b)와 원점을 곱한 삼격형이 있다. a에서 ob에 선을 내려 직각을 만들 때, 그 점과 원점까지의 거리와 ob를 곱한 값.



11/28 지난시간 복습

Av=람다v (람다는 상수)

given vector A가 있을 때, 원래 있던 입력(v)의 상수 배는 변형된 값(Av)와 같다.

아이겐 밸류=람다

이식을 만족하는 v가 아이겐 벡터이고, 이 값을 만족하는 람다가 아이겐 밸류이다.

inner product

a=[1,2,3] b=[2,4,7]이 있을 때, a*b는 둘다 1x3이라 곱이 안됨.

곱하기 위해 b를 transpose하면 1x1 벡터인 31이라는 값 나옴. 이때 나온 1x1 벡터가 inner product.

만일 a를 transpose해서 3x3결괏값 만들면 out product임.

inner product의 기하학적 해석: 위의 삼각형 그림 a*b=|a|*cosθ*|b|
∠aob는 cosθ 값이고, correlation으로 볼 수 있지만, co-similarity로 보기도 한다.
cosθ는 그럼 어떻게 구하느냐. cosθ = a*b/|a|*|b|
원점부터 한 점의 길이는 점이 (e,f,g)이라고 할 때,√e^2+f^2+g^2
cosθ는 a와 b가 얼마나 유사한지를 알 수 있는 것.
Q.두개의 벡터를 주고 코사인 시밀러리티(cosΘ)를 구해라

동일한 sin 그래프 a,b가 있고 freq가 2배인 그래프 c가 있을 때, a*b보다는 a*c값이 적다.
a와 b의 correlation이 더 크기 때문이다.

90도 차이나는 freq가 동일한 cos와 sin웨이브가 있을 때, inner product하면 0.
기하적으로 점을 찍어서 생각해보아도 둘의 각은 90도 차이이다.

12/3
어떤 웨이브 속에 어떤 사인성분이 많이 들어있는지가 중요. 한 시점에서의 분석은 스펙트럼, 시간으로는 스펙트로그램. complex signal에 inner product하면 어떤 성분이 많이 들어있는지가 나옴.
기존의 실수 벡터(사인웨이브)와 complex 벡터를 inner product하는 complex phasor는 실수와 허수를 모두 포함한다. inner product 결괏값도 따라서 complex number.
실수값이 나오면 바로 plotting하면 되는데 c라서 불가. c(a+bi)에 절댓값을 씌움. 이결과로 나온 실수값은 원점부터 (a,b)의 거리.

Fourier tranform

```
nFFT = nSamp
amp = [];
for n in range(0,nFFT):
omega = 2*np.pi*n/nFFT # angular velocity
z = np.exp(omega*1j)**(np.arange(0,nSamp))
amp.append(np.abs(np.dot(s,z)))
```

샘플 갯수만큼 루프를 도는구나. exp(omega*1j)=e^ωi*[0...100] (**=^)
첫 번째 루프에서 ω=2pi*0/100
두 번째 루프에서 ω=[2p*1[0...1]]i =>[0...2pi]i이고 0부터 2pi는 100개->한바퀴 도는 theta I를 만든 것.

세 번째 루프에서 ω=[2p*2[0...1]]i =>[0...4pi]i이고 0부터 4pi는 100개->두바퀴 도는 theta I를 만든 것.

for n in range(0,nFFT): 는 n샘플 개수까지 돌겠다는 것.

z가 n샘플의 -1개만큼 있고 루프돌 때마다 생기는 z를

마지막줄에서 amp.append(np.abs(np.dot(s,z))) 다 inner product하고

abs=절댓값을 취하므로 길이값이 나옴.

ampfmf append하면 루프가 다 끝나고 나면 루프 길이만큼 amp의 개수가 늘어나 있겠지

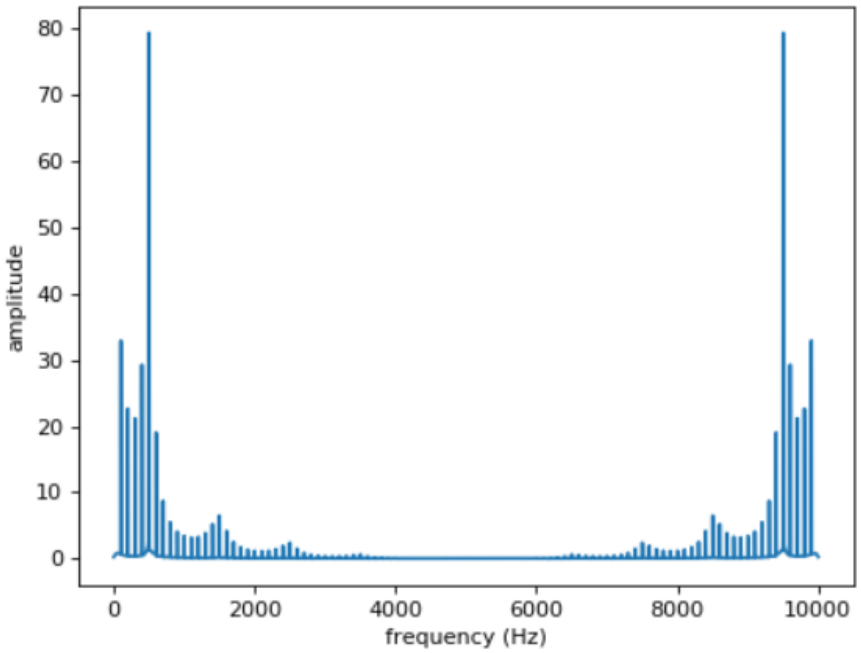
Q. loop가 끝나고 나서 amp의 개수는?

Q. amp에 허수가 들어있다(x)->abs 해버렸기 때문에

이제 amp를 plotting하면 끝남.

```
fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(111)
freq = np.arange(1,nFFT+1)*sr/nFFT;
ax.plot(freq, amp)
ax.set_xlabel('frequency (Hz)')
ax.set_ylabel('amplitude')
```

네 번째 줄에서 x,y값을 만들면 되는데 y값인 amp는 이전에 만듦. 세 번째 줄에서 nFFT=100이라고 하고 sr=10000이라고 하면 [1...100]*10000/100이고 [100,200,300....10000]로 100개의 벡터가 나옴. 이것이 x축.



Q.총 바의 개수는 sample의 개수와 같다. 바 하나하나가 inner product한 값이니까.

이 그래프는 대칭인데 이전에 sr의 절반만 의미가 있다고 한적 있음. niquuist freq얘기하면서.

이 그래프에서도 0부터 5000까지만 의미 있고, 요 절반만을 spectrum이라고 함.

각 바가 inner product의 abs값이라는 걸 이해해야함.

고정된 시간에서 어떤 성분이 있는지를 표시. 시간이 있었으면 spectrogram.

12/5

10분쯤

하나의 축이 subject라고 하자.

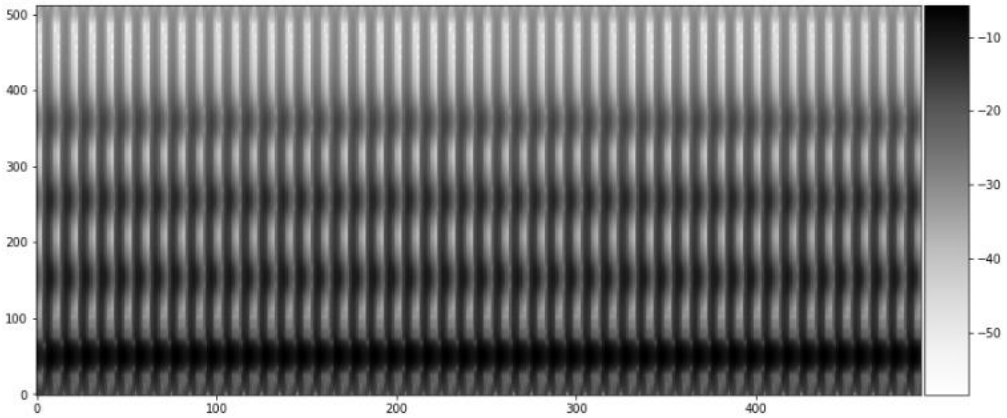
cosθ값=r

세 그래프의 관계를 이해해야 함. (코사인 그래프와 서브젝트에서의 두 벡터 값과 r값 그래프)

예를 들어, freq값과 amp값이 같은cos과 sin는 180도의 phase차이가 있고, subject 그래프로 나타내면 정반대의 방향으로 일직선상에 놓이고 r값과 cosθ는 -1이다.

지난시간 복습

스펙트럼과 스펙트로그램.



요게 스펙트로그램. 스펙트로그램의 한 슬라이스가 스펙트럼.

그럼 하나의 스펙트럼으로 어떻게 스펙트로그램을 만들 수 있을까.

preprocessing signal

max_freq = None # cutoff freq

win_size = 0.008 # sec

win_step = 0.001 # sec

win_type = 'hanning' # options: 'rect', 'hamming', 'hanning', 'kaiser', 'blackman'

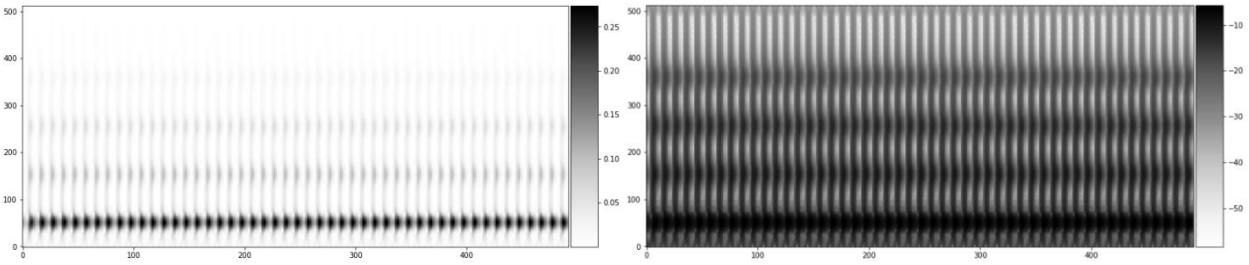
nfft = 1024

Emphasize signal

```
s = preemphasis(s)
# Frame signal
frames = frame_signal(s, sr, win_size, win_step)
# Apply window function
frames *= get_window(win_size, sr, win_type)
print('frames:', frames.shape)
```

얼만큼의 사이즈를 가지고 dot product를 하겠다는 게 win_size

원래는 너무 연한 스펙트로그램에 처리를 해서 진하게 함.



```
powspec = 1/nfft * (magspec**2)
plot_spectrogram(powspec);
```

dot product해서 좌측에 나온 값들을 제곱하면, 작은값은 더 작아지고 큰 값은 더 커짐.

```
logspec = 10 * np.log10(magspec) # dB scale
plot_spectrogram(logspec);
```

이후 로그를 붙이면 우측과 같이 visualize됨.