

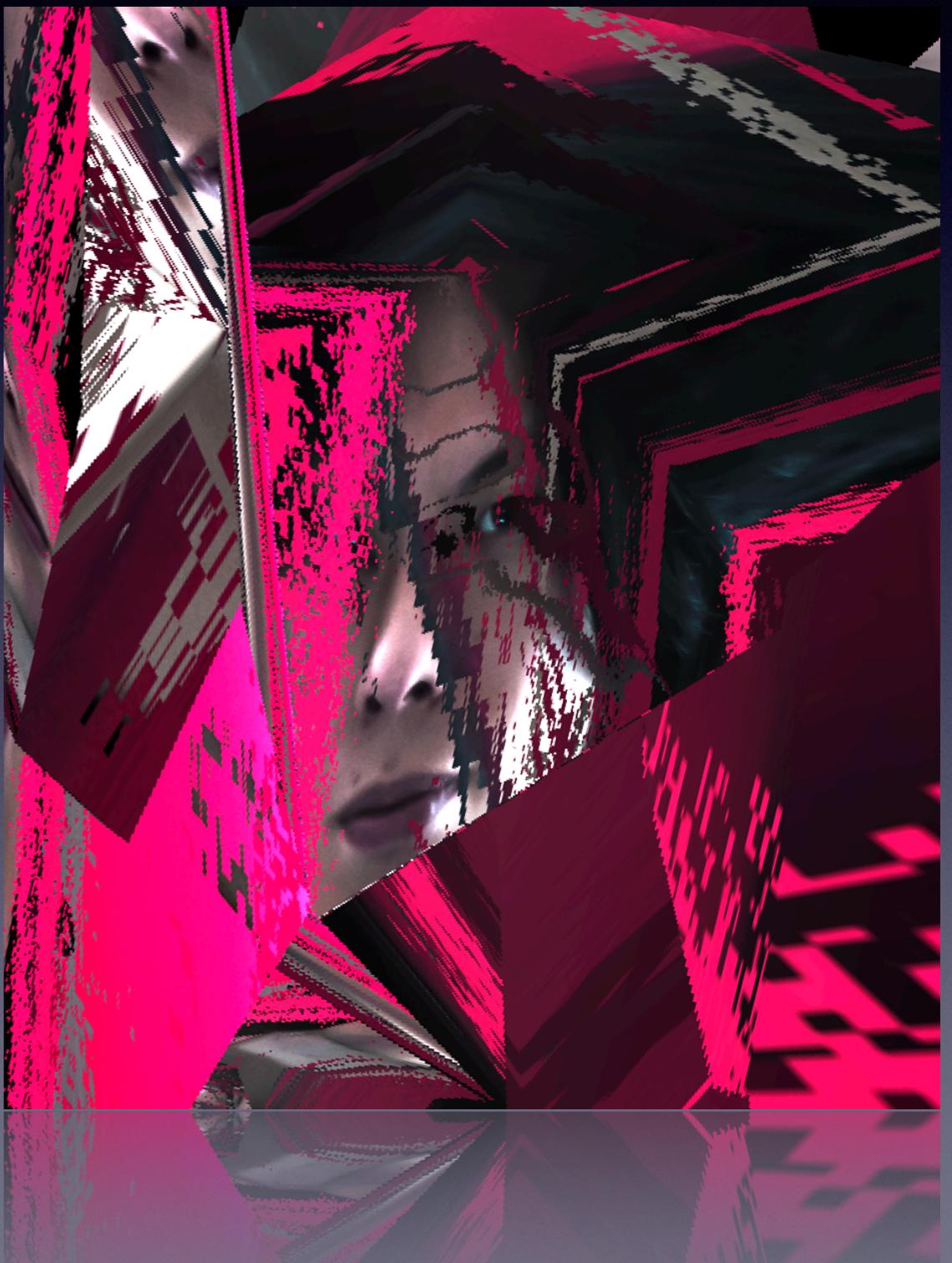
# アルゴリズムと様式 生成と作曲

2018/7/6 @ 東京大学

松本昭彦

# 松本昭彦

- 東京芸術大学大学院修了
- 音楽家・プログラマー
- コンピューターアルゴリズムを駆使した生成的な作曲
- [akihikomatsumoto.com](http://akihikomatsumoto.com)





# Preludes for Piano Book 1

CDアルバム(2016)

12種類のアルゴリズムから生成した音楽



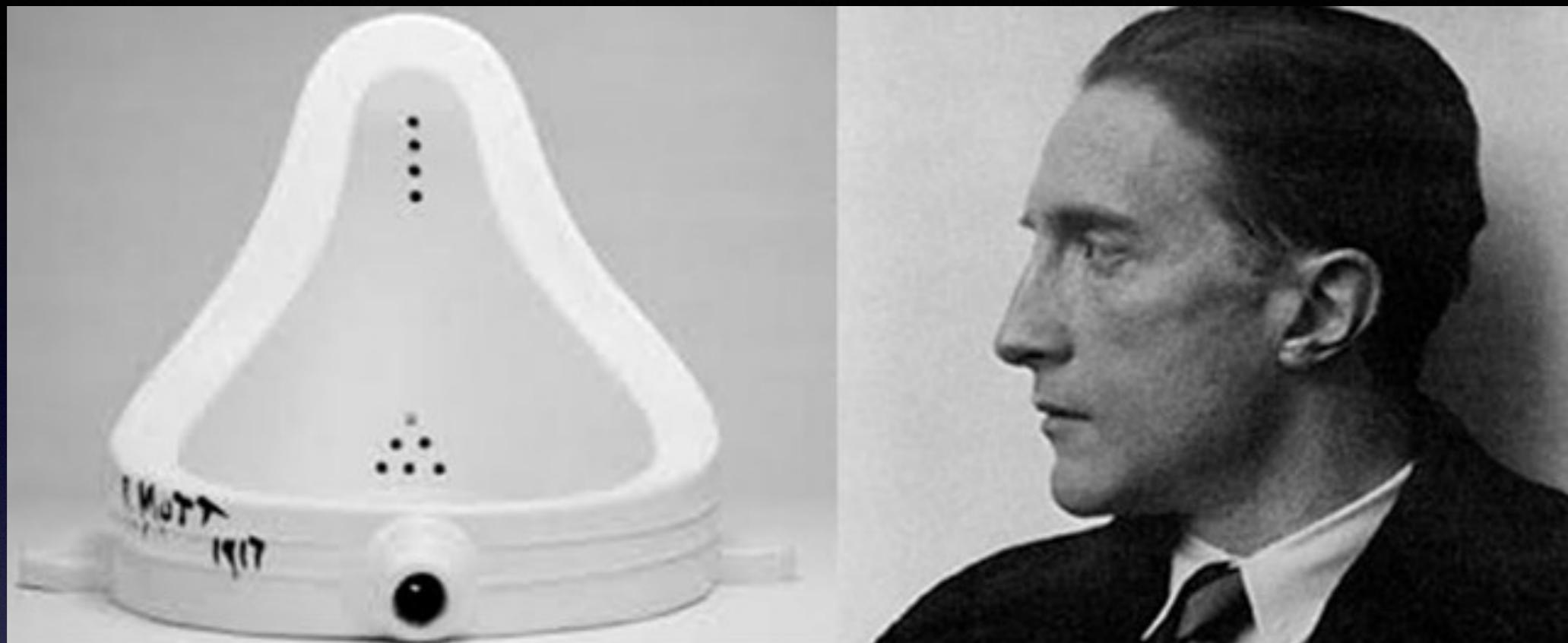
音楽とは？

# Music

- 意外と辞書でも跳ばされえている
- メロディ、リズム、ハーモニー、ダイナミクス、テクスチャー
- 様式によって何を要素とするかは変わる
- 作曲と演奏

"There is no noise, only sound."

—John Cage



# MARCEL DUCHAMP

全ての音は音楽になりうる

デュシャン以降の現代美術にも通底する思考



サウンドとサイレンスを  
扱う時間

# 音楽の難しい点

- ・ 音楽の定義は変化する
- ・ ある作品、作家の登場によりその領域は変化する
- ・ 音楽という概念は歴史上残っている作品を耳にすることで次第に形成される
- ・ 個人によっても定義が大きく異なる

作曲

# 作曲とは

- (The Harverd Dictionary of Musicより)
- 音楽作品を作る行為
- 即興演奏の対義語として使われる
- 大作曲家による芸術音楽の厳格で莊厳なイメージは19世紀に作られた
- 作曲の定義も音楽の定義にひっぱられる
- 西洋音楽は楽譜によって継承、発展してきた

民族音楽は口承文化  
ポピュラー音楽は録音文化

# コンピューターと 音楽の生成

# 音楽の生成の概要

- 複製や記録とは違ったコンピューターの使い方
- 設計したアルゴリズムの計算で音符を生み出す
- 電子音響の合成にも従来の生楽器の演奏にも応用可能
- 効率のために利用することができる
- 人間の思考とは違った部分が得意
- 確定的手法から不確定の手法まで応用可能

# 現代の音楽と現代音楽

# 西洋芸術音楽

- ・ 一般に芸術音楽とされているのは西洋音楽の文脈である現代音楽のみ
- ・ 現代音楽と現代の音楽は違う
- ・ グレゴリオ聖歌にその起源をもつ
- ・ 20世紀以降は様式を生み出すことが芸術的価値
- ・ 既存の過去の様式で作品を書くことができない

# 現代音楽作曲家の 考え方

“人が聴くかどうかなど  
気にする必要があるか？”

-Milton Babbitt (1916- 2011)

# バビットの主張

- 高度に専門的な数学的研究同様、芸術音楽も専門家にしか理解できないのは当然
- 聴き手にかつてないほどの音楽聴取の訓練、教養を要求する
- 作曲家は社会との関わりで生じる妥協や自己顯示とは無縁の環境でプロフェッショナルな活動をすることが望ましい
- 大学がパトロンとなり一般大衆と隔離
- 賛否両論ある現代の西洋芸術音楽の一つの潮流

# 様々な音楽の聴衆

- 支持基盤が音楽の歴史に与えた影響
- 芸術音楽の場合（楽譜文化）  
教会→王侯貴族→ブルジョワ→大衆？大学？
- ポピュラー音楽の場合（口承文化）  
大衆
- 民族音楽  
その地域の民族

# コンピューター以降の作曲

- 楽器の制約や身体的制約が音楽を形作ってきた歴史
- どんな音でも作り出すことが可能になった  
(作曲・演奏)
- あえて制約（様式）を作り出すことが必要
- 何でも音楽として成立するか？
- これまで以上に何が音楽であるのかが問われる

“新しい音楽は聴く方も作る方も苦痛である”

—Iannis Xenakis

# 新しい音楽の創造

- 芸術の世界では新しい音を使えば何でも新しい音楽として成立するわけではない
- 音楽には各時代で何らかの秩序（様式）が存在してきた歴史がある（音程、対位法、和声法、12音技法）
- 秩序（様式）があるから音は音楽としてまとまって聴こえる
- 秩序を構築するためのアルゴリズム作曲による生成

秩序=制約=様式  
=アルゴリズム

# 音楽における様式

- 作品群に共通する特徴を体系化したもの
- ピッチ、リズム、ハーモニー、形式等の分析
- 時代様式（調性和声、旋法対位法、無調）
- 個人様式（調性：ハイドン、モーツアルト等）
- 様式の階層構造

制約の与え方が音楽を音楽  
たらしめ作家性を形作る

究極の制約なき音響はホワイトノイズ

新たな様式を生み出した  
めのアルゴリズムと生成

# 生成的な作曲

- アルゴリズムを用いて systematic に音楽を生成する
- 抽象的でランダムな音楽から、厳格な理論に基づく音楽まで幅広い創作に応用可能
- 大昔から作曲家は無意識にやっていることがある
- 音楽理論との類似性（分析と生成の関係）

# アルゴリズムの観点からの 音楽の歴史

音楽を音楽たらしめている  
アルゴリズムを探るための  
リバースエンジニアリング

A reproduction of Sandro Botticelli's painting 'The Birth of Venus'. The central figure is Venus, depicted as a nude woman with long, flowing red hair, emerging from a large, open scallop shell that rests on the water. She is羞涩地 (modestly) covering her breasts with one hand. To her left, two winged figures (the Zephyrs) are shown; one is draped in a green, leafy canopy, while the other is partially visible behind her. To her right, Cupid is shown, partially hidden by a large, colorful, patterned cloth. The background features a calm sea with small boats and a distant shoreline under a clear sky.

コンピューター出現以前



Aeolian Gord Harp

エオリアンハープ  
古代ギリシア

# 詩から音楽を生成

データマッピング

QVI NACQUE E ABITO  
GUIDO MONACO

歌詞の母音を音の高さにマッピング

してメロディーを生成

Ut re m fa sol la la sol fa mi re ut

D · PELONI P · AN · CICICCCCCXXI ·

Guido D'Arezzo  
(992年 - 1050年)

8 In omn - nem ter - ram ex - i - vit sonus e - orum, et in fines orbis ter - rae ver - ba e - orum.

1 2 3

8

9 talea A1 color A

49 talea B1 color B

97 talea C1 color C

8

1 2 3

# ISOリズム

14世紀

“Hoquetus David” - ギヨーム・ド・マショー

# モーツアルトのダイスゲーム

- 18世紀
- 2つのダイスの目の合計値から素材の断片を選択し並べる
- 小節単位で断片化された176個の素材

WOLFGANG AMADEUS MOZART

## Musikalisches Würfelspiel

### Table of Measure Numbers

	Part One								Part Two								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
2	96	22	141	41	105	122	11	30	2	70	121	26	9	112	49	109	14
3	32	6	128	63	146	46	134	81	3	117	39	126	56	174	18	116	83
4	69	95	158	13	153	55	110	24	4	66	139	15	132	73	58	145	79
5	40	17	113	85	161	2	159	100	5	90	176	7	34	67	160	52	170
6	148	74	163	45	80	97	36	107	6	25	143	64	125	76	136	1	93
7	104	157	27	167	154	68	118	91	7	138	71	150	29	101	162	23	151
8	152	60	171	53	99	133	21	127	8	16	155	57	175	43	168	89	172
9	119	84	114	50	140	86	169	94	9	120	88	48	166	51	115	72	111
10	98	142	42	156	75	129	62	123	10	65	77	19	82	137	38	149	8
11	3	87	165	61	135	47	147	33	11	102	4	31	164	144	59	173	78
12	54	130	10	103	28	37	106	5	12	35	20	108	92	12	124	44	131

### Table of Measures

The musical score consists of two staves. The top staff is in treble clef and the bottom staff is in bass clef. Both staves are in common time. The score shows measures 1 through 8, with measure 5 containing a trill. The music includes various note values such as eighth and sixteenth notes, and rests.

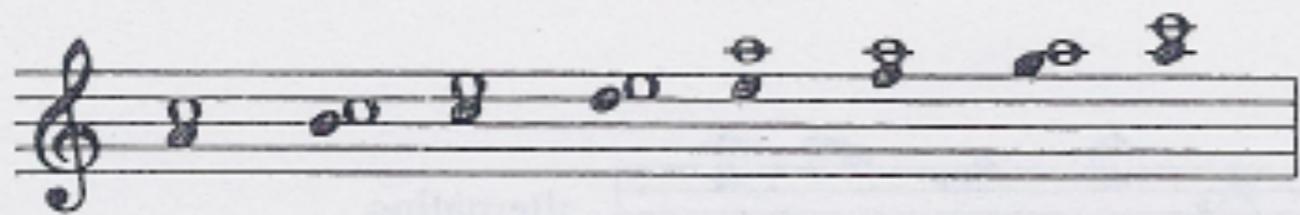
	I <sub>4</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>8</sub>	I <sub>10</sub>	I <sub>7</sub>	I <sub>6</sub>	I <sub>11</sub>	I <sub>0</sub>	I <sub>9</sub>	I <sub>2</sub>	
P <sub>4</sub>	4	3	5	1	8	10	7	6	11	0	9	2	R <sub>4</sub>
P <sub>5</sub>	5	4	6	2	9	11	8	7	0	1	10	3	R <sub>5</sub>
P <sub>3</sub>	3	2	4	0	7	9	6	5	10	11	8	1	R <sub>3</sub>
P <sub>7</sub>	7	6	8	4	11	1	10	9	2	3	0	5	R <sub>7</sub>
P <sub>0</sub>	0	11	1	9	4	6	3	2	7	8	5	10	R <sub>0</sub>
P <sub>10</sub>	10	9	11	7	2	4	1	0	5	6	3	8	R <sub>10</sub>
P <sub>1</sub>	1	0	2	10	5	7	4	3	8	9	6	11	R <sub>1</sub>
P <sub>2</sub>	2	1	3	11	6	8	5	4	9	10	7	0	R <sub>2</sub>
P <sub>9</sub>	9	8	10	6	1	3	0	11	4	5	2	7	R <sub>9</sub>
P <sub>8</sub>	8	7	9	5	0	2	11	10	3	4	1	6	R <sub>8</sub>
P <sub>11</sub>	11	10	0	8	3	5	2	1	6	7	4	9	R <sub>11</sub>
P <sub>6</sub>	6	5	7	3	10	0	9	8	1	2	11	4	R <sub>6</sub>
	RI <sub>4</sub>	RI <sub>3</sub>	RI <sub>5</sub>	RI <sub>1</sub>	RI <sub>8</sub>	RI <sub>10</sub>	RI <sub>7</sub>	RI <sub>6</sub>	RI <sub>11</sub>	RI <sub>0</sub>	RI <sub>9</sub>	RI <sub>2</sub>	

	KI <sup>†</sup>	KI <sup>3</sup>	KI <sup>2</sup>	KI <sup>1</sup>	KI <sup>8</sup>	KI <sup>10</sup>	KI <sup>1</sup>	KI <sup>9</sup>	KI <sup>11</sup>	KI <sup>0</sup>	KI <sup>5</sup>	KI <sup>4</sup>	
KI <sup>0</sup>	9	2	1	3	10	0	8	1	5	11	4	KI <sup>0</sup>	
KI <sup>11</sup>	11	10	0	0	9	2	8	4	0	6	3	KI <sup>11</sup>	

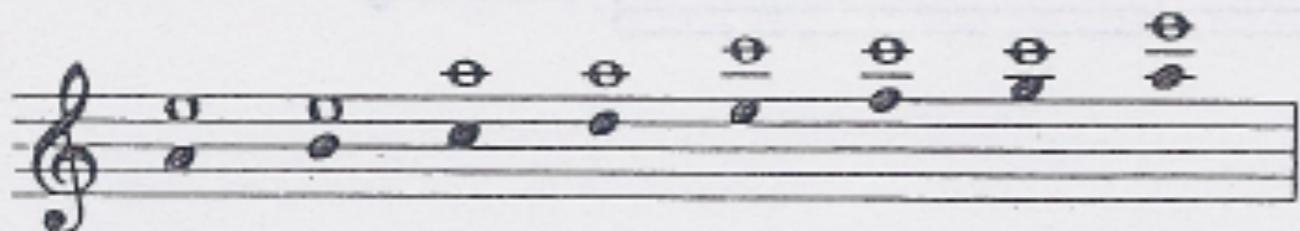
# 12音技法

20世紀

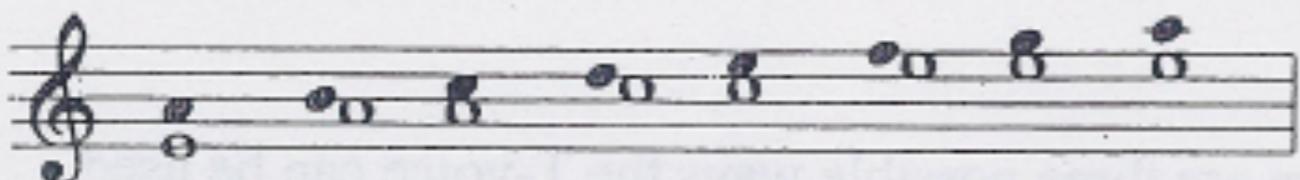
Anton Webern - “Variations”  
12の音の出現確率を等価にした



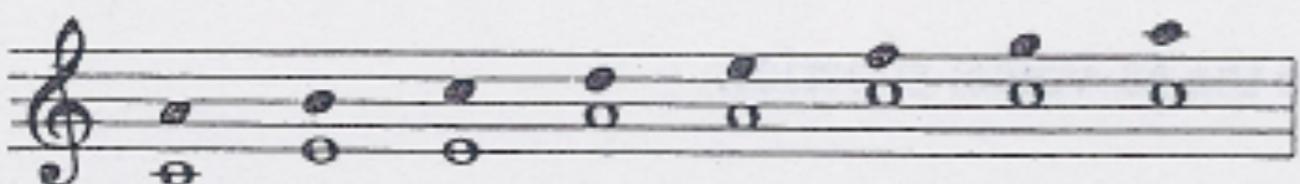
1st position, superior



2nd position, superior



1st position, inferior



2nd position, inferior

# ティンティナブリ

Fur Alina - アルヴォ・ペルト

20世紀

作曲プロセスはアルゴリズム  
として分析することができる

プログラムからの生成は  
一種のミニマリズム？

コンピューター以降  
の作曲

# David Cope

1990年代

EMIと呼ばれる作曲家の  
様式模倣、再合成を行う  
プログラムを開発

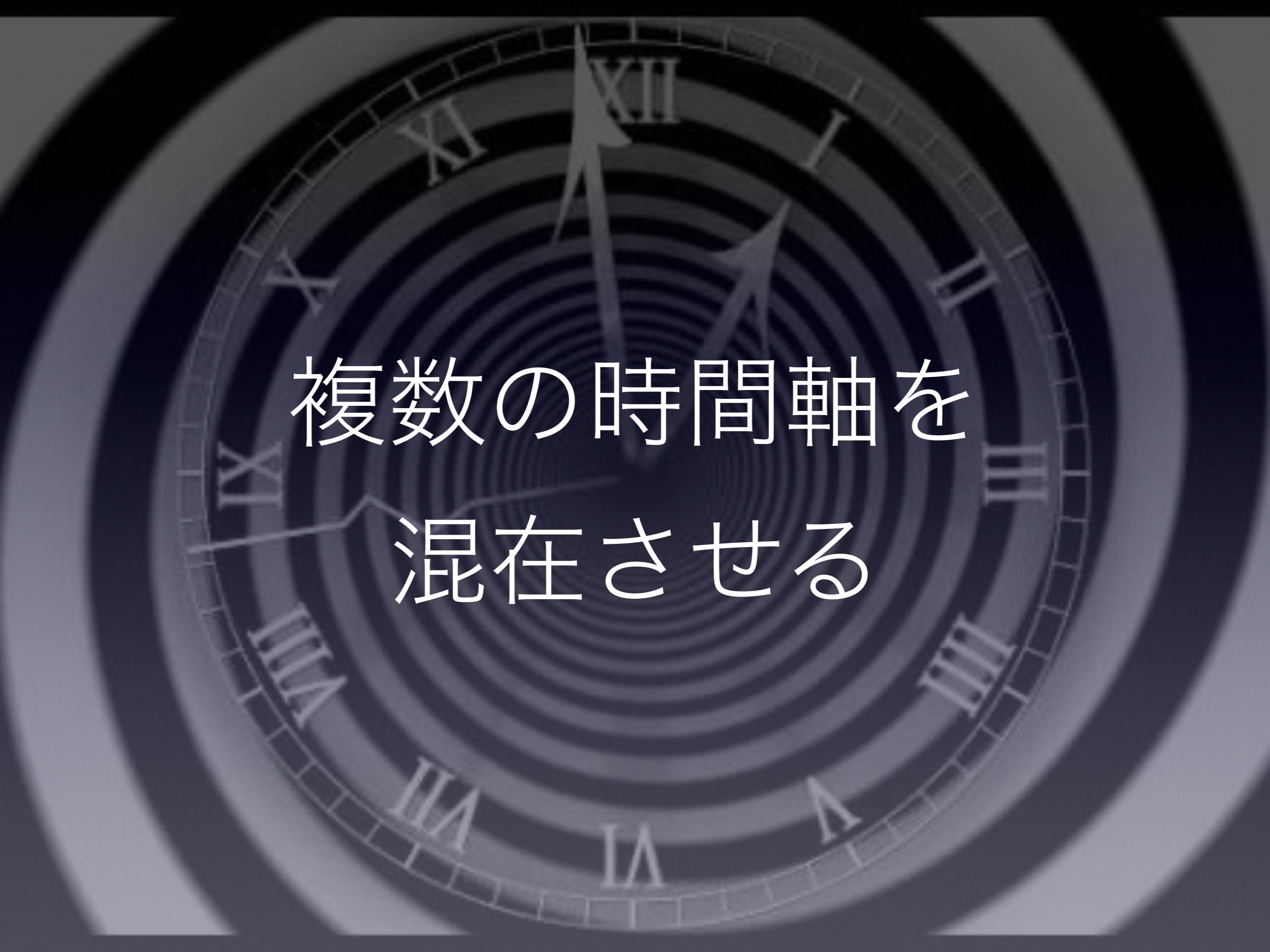
さらには自身の作品も分  
析にかけ未来を予想した



# 西洋音楽以外への生成 技術の応用

# 展示音楽の自動生成

- ・ インсталレーション展示のための音楽、音響
- ・ 起承転結の楽節構造を持たせない仕組み
- ・ どこから聞いてどこでやめても成立する仕組み
- ・ 1分でも1時間でも別の鑑賞ができる仕組み
- ・ 音楽に区切れ目を持たせぬために作曲させ続ける必要性



複数の時間軸を  
混在させる

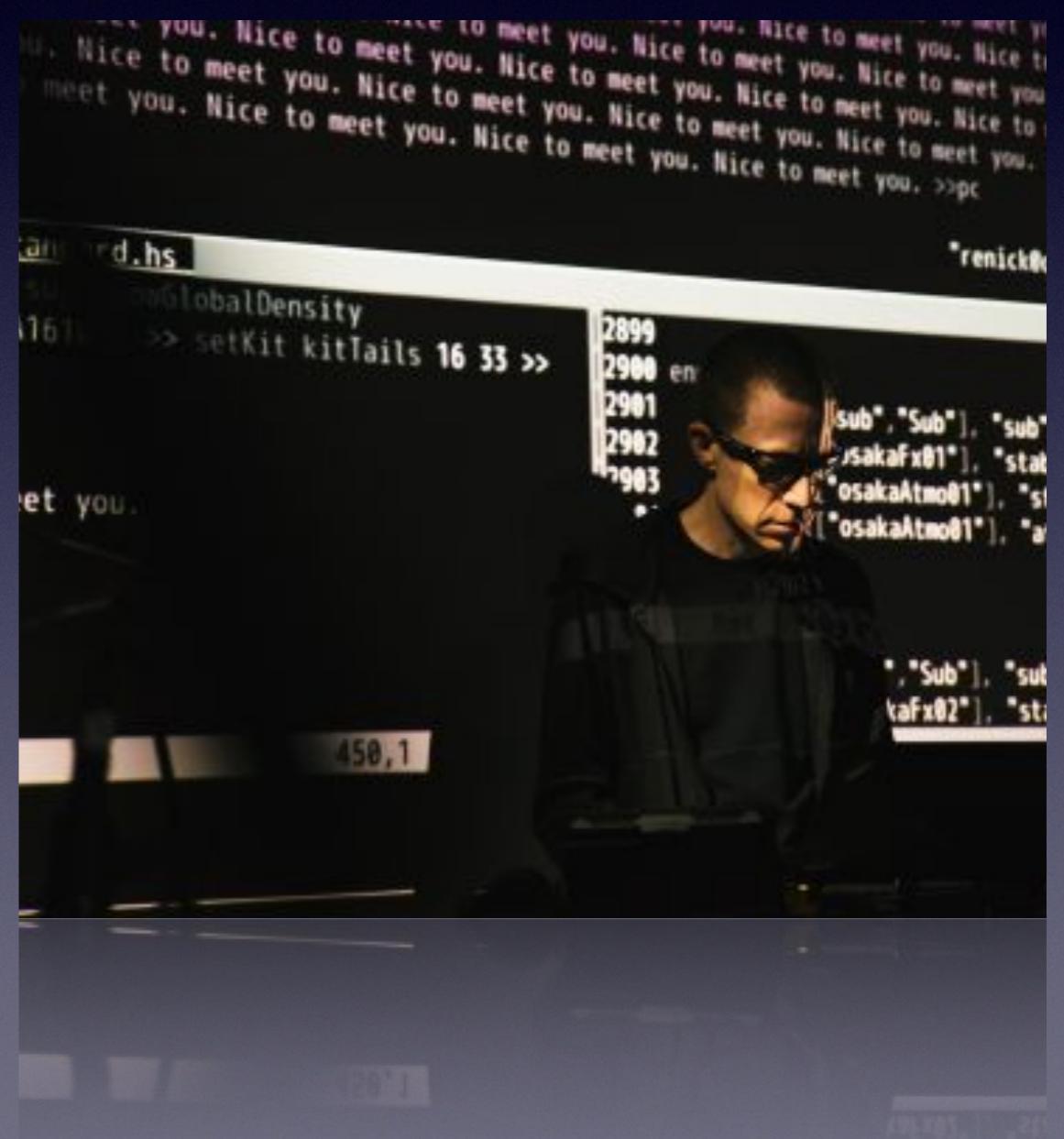
# 演奏と生成

# AI以降の作曲

- ・人間の作曲とAIの作曲の区別はつかない
- ・人間がやる必然性
- ・創造的行為？
- ・作曲 자체をパフォーマンスとして見せる重要性
- ・即興演奏に近いリアルタイム作曲

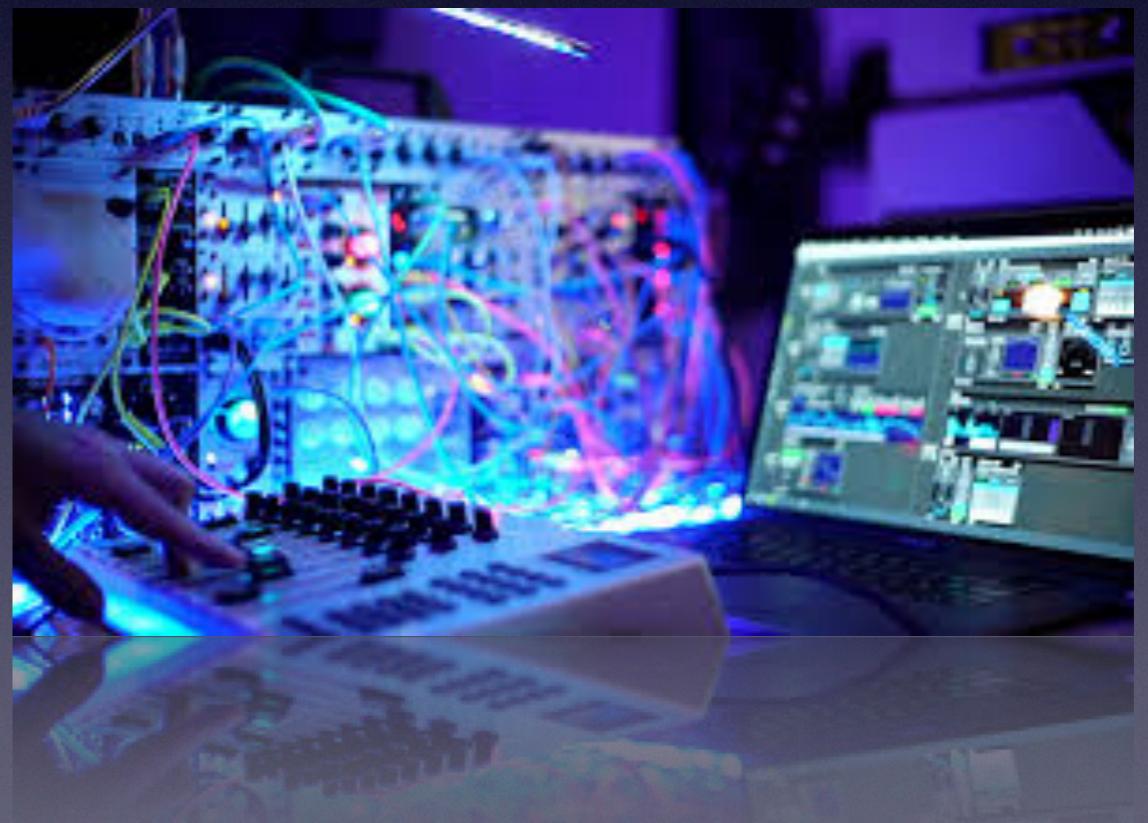
# ライブコーディング

- コーディング自体をパフォーマンスとして見せる
- 視覚と聴覚の即興音楽



# リアルタイム作曲

- 生成と即興の並走
- 人間とアルゴリズムのセッション
- 作曲？演奏？



# 現代の音楽家の創造的行為

- コンピューターより得意なことをやらなければならない
- 既存のアルゴリズム（様式）の範囲での新作は人力でやるよりもコンピューターのほうが有能
- コンピューターが苦手な創作＝新種の様式、秩序を生み出す
- 決定権は作曲家。選ぶという行為の創造性  
(レディメイド、プリセット、AIが生み出す結果の選定等)

おわり