

The Proposition of Application of Multi- Agent for Composition

マルチエージェントの作曲への応用の提案

2020.1.15 東京藝術大学 千住キャンパス
15.02.2020 Tokyo University of the Arts, Senju Campus

AI と作曲

AI and Composition

- 後藤研究室では今年度、「AI と作曲」というテーマをもとに研究
- We have researched under the theme, "AI and Composition" last year.
- AIのディープ・ラーニングなどは作曲の進歩に何らかの影響を及ぼしてくれているのだろうか?
- What can Deep Learning bring to the progress of composition?
- 作曲家の立場で、あくまでも音楽の発展のためにAIがどのような使われ方をすべきかのみ焦点を当てて研究
- At the point of view as a composer, we have researched how AI can be used for the progress of music.
- AIの技術だけに関する開発、理論的な研究は主眼ではない
- It is not in fact the purpose of development of technique in AI

AI と作曲

AI and Composition

- AIによって作曲を行い、それを楽譜化して人間の奏者に演奏してもらうことに限定
- We focused on a composition with AI, in which it is notated as a score to be performed by a player.
- 純粹に音楽のみのためにAIを用いてどのような新たなアイデアを見つけて作曲できるか?
- What kind of new idea can be discovered in use of music purely?
- AIの一部として語られているアルゴリズムも、それを用いて、これまでのアルゴリズミック・コンポジションを本当の意味で超えられるのだろうか?
- Can AI essentially go beyond the traditional Algorithmic composition?
- AIを用いて何らかの形で芸術の発展を試みることが目的
- The main purpose is to achieve the progress of art with the utilization of AI.

AI と作品

AI and Composition

- AIで作曲する（または厳密には自分に取って代わって作曲をしてもらう）
- Composition with AI: as a matter of fact, AI is replaced to compose instead of a composer
- どうしても人間にはできないことで、AIにできることは何かを優先
- The priority is what AI can merely do, while human can not do
- 通常、作曲は一人で行うものであり、複数で行うことはずない
- Usually a composition is done by a single composer, and it is rare to compose with several composers
- 趣向や技術が全く異なる二人の作曲家が、一つの音楽を感覚レベルで共有しながら同時に作業を行うような意味
- It rather refers to compose one piece with sharing different sensibilities by the composers who differ their preferences and techniques

AI と作品

AI and Composition

- 人間同士の頭や心はケーブルでつなぎ合わせることは当然のことながら不可能
- It is obviously impossible to connect with persons' heads or minds by a cable
- 二人の能力で一つの作曲
- One single composition with two capabilities
- 異なる人格を想定した作曲家、つまり二つの異なる頭脳を想定したAI
- One can conceive as being two different personality composers, therefore two AIs as two brains
- AIのコンストレイント・プログラミングで複雑な音楽データーを生成するが、もう一人は強い個性を持ったAIがパターン認識して嫌いな部分をフィルター
- One AI generates complexed musical data with Constraint Programming, on the other hand the other with a strong personality filters the disadvantaged parts while recognizing the musical patters
- 抽出されたパターンをさらに別の人格の相手が評価、学習して、新たにリミックス
- The selected musical materials can be evaluated by the opponent, and learned, and then remix.

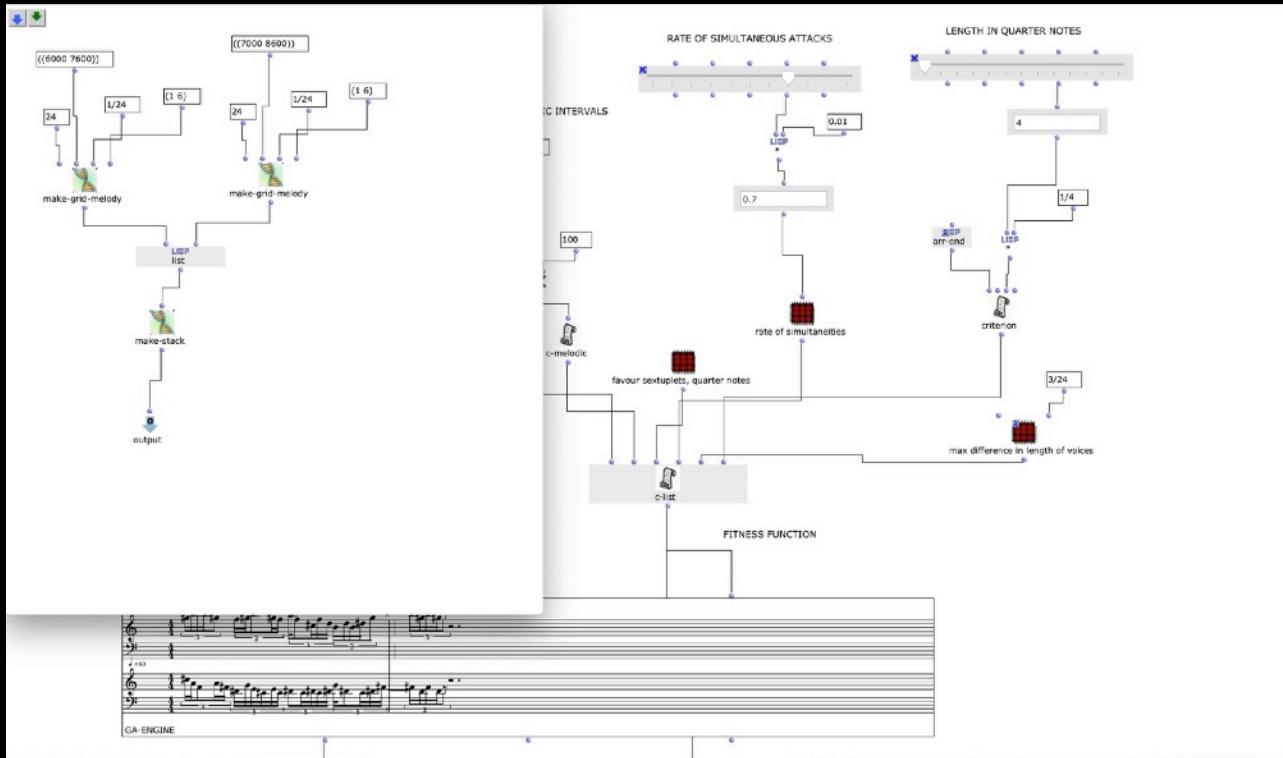
遺伝的アルゴリズム

Genetic algorithm

- 進化的アルゴリズムとは、「進化」という生物学的機構にヒントを得て考案された手法
- Genetic algorithm is a method inspired by the biological mechanism of "evolution"
- 自然界において環境に適した生物が生き残り、次の世代へと子を残し、より環境に適した生物へと進化を遂げる過程を工学的に模倣した進化的手法
- An evolutionary method that engineeringly mimics the process by which organisms suitable for the environment survive in the natural world, surviving to the next generation, and evolving into organisms more suitable for the environment.
- 生物を個体(individual)とみなし、個体は複数の遺伝子座(locus)に格納された遺伝子(gene)から構成
- The organism is regarded as an individual, and the individual is composed of genes stored at multiple locus
- 個体の集合を母集団(population)と呼び、GAはこの母集団に対して、**選択(selection)**、**交叉(crossover)**、**突然変異(mutation)**の遺伝的操作を繰り返すことにより環境に適した個体に進化
- The set of individuals is called a population, and GA is a group that is more suitable for the environment by repeating genetic operations of selection, crossover, and mutation on this population.

遺伝的アルゴリズム

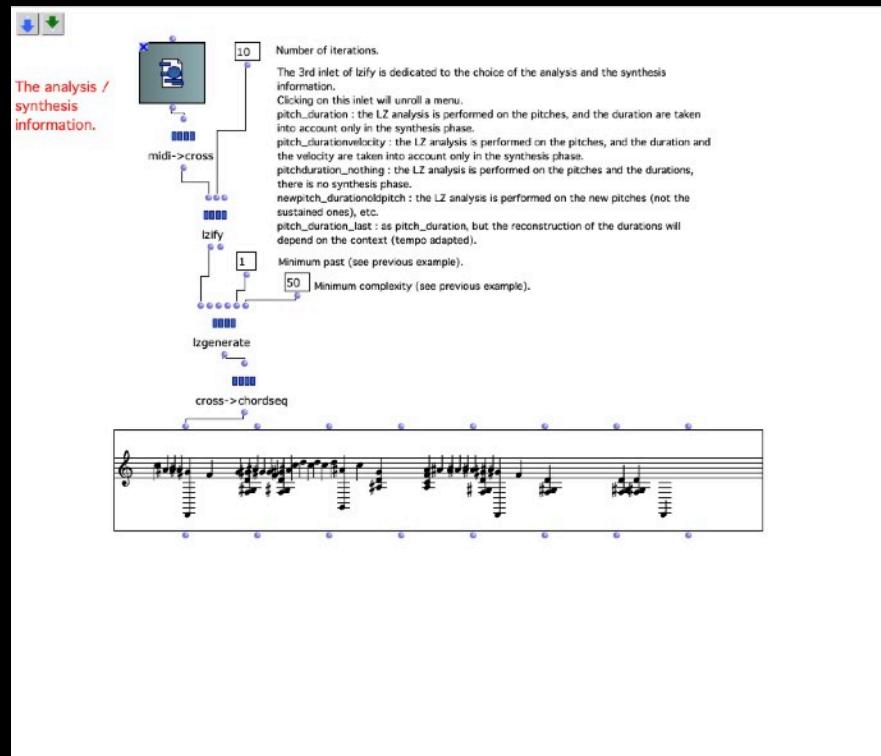
Genetic algorithm OM-Darwin



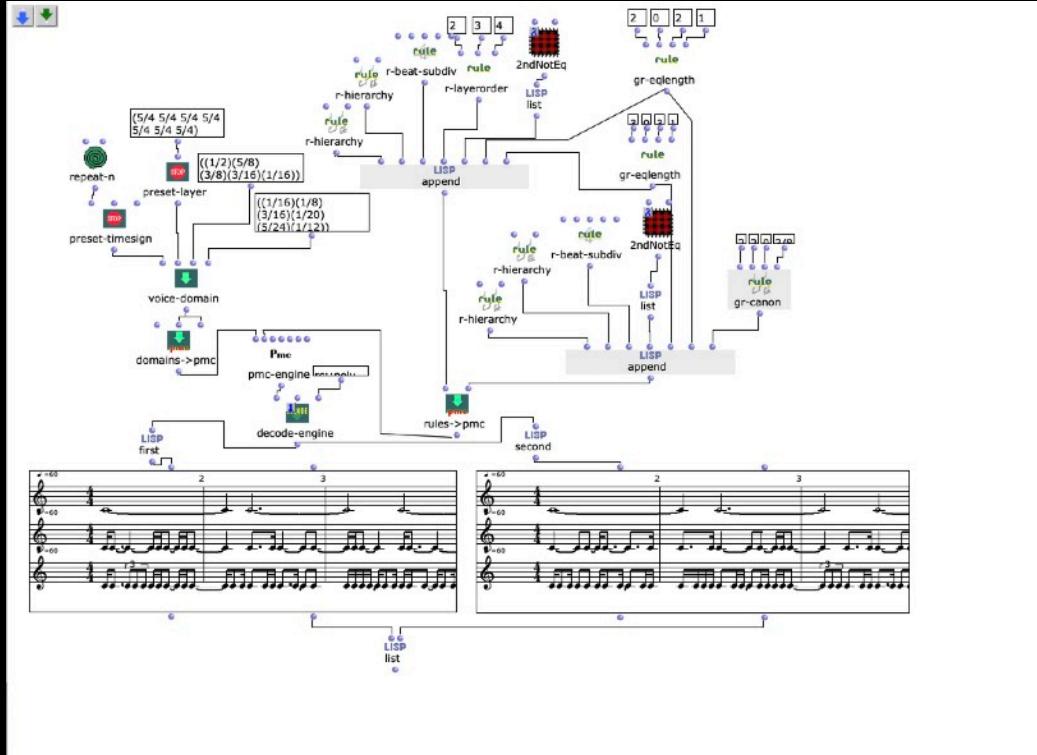
制約プログラミング Constraint programming

- 問題を制約の集合として記述してコンピュータに与えると、コンピュータが制約を充たした答を見つけてくれる
- When a problem is described as a set of constraints and given to a computer, the computer finds the answer that satisfies the constraints.

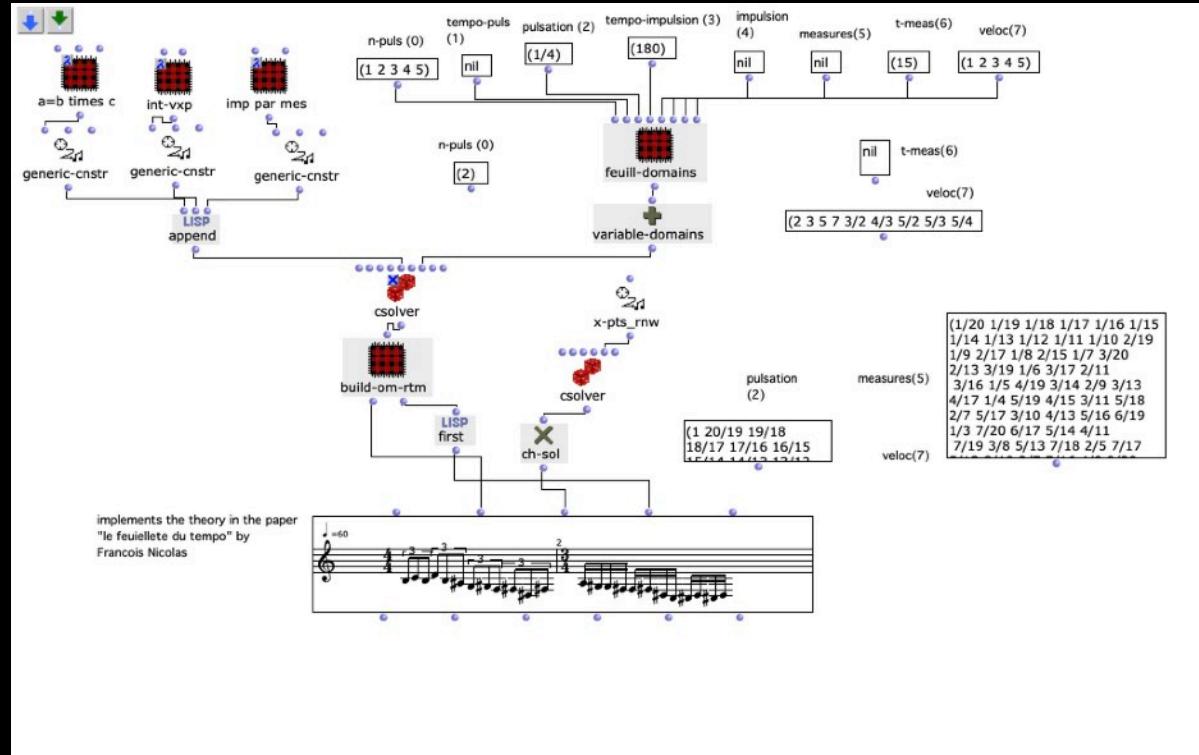
制約プログラミング Constraint programming LZ



制約プログラミング Constraint programming OMRC



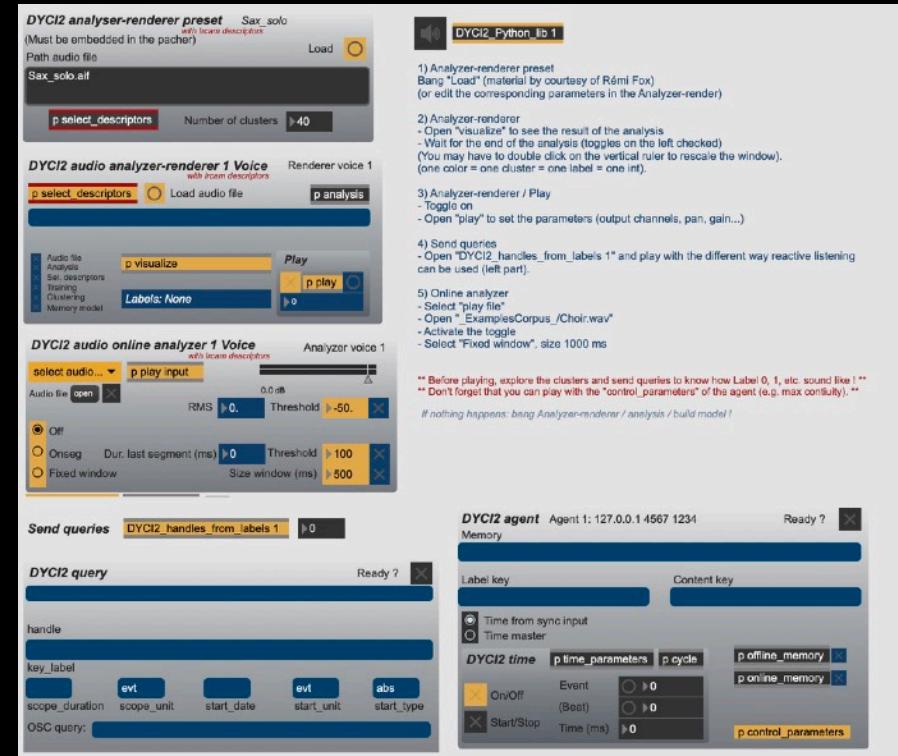
制約プログラミング Constraint programming Situation



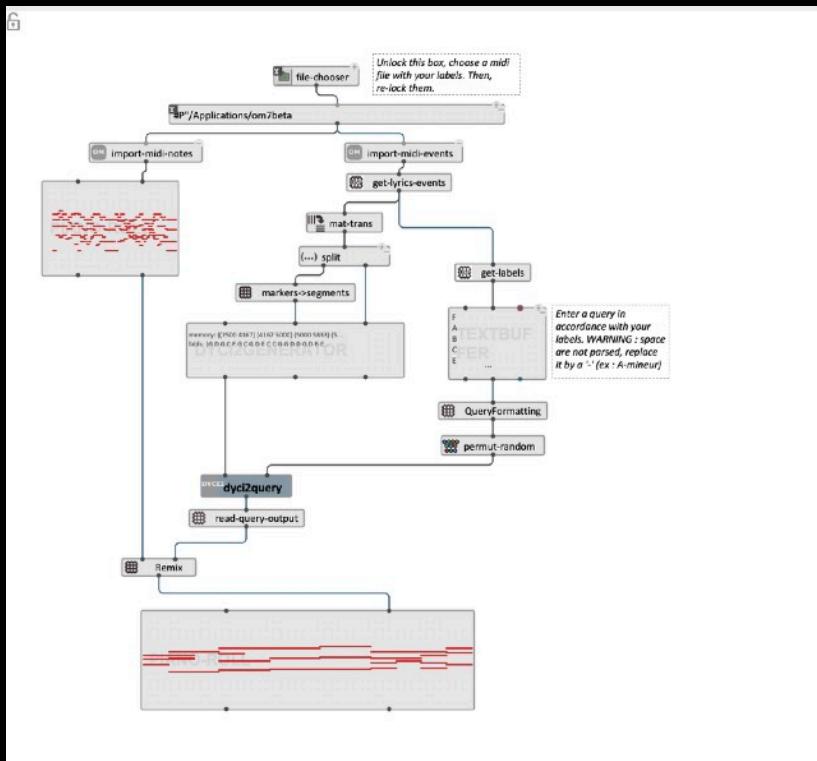
DYCI2

- Max and OpemMusic
- IRCAM
- **Jérôme Nika**
- Hidden Markov chains

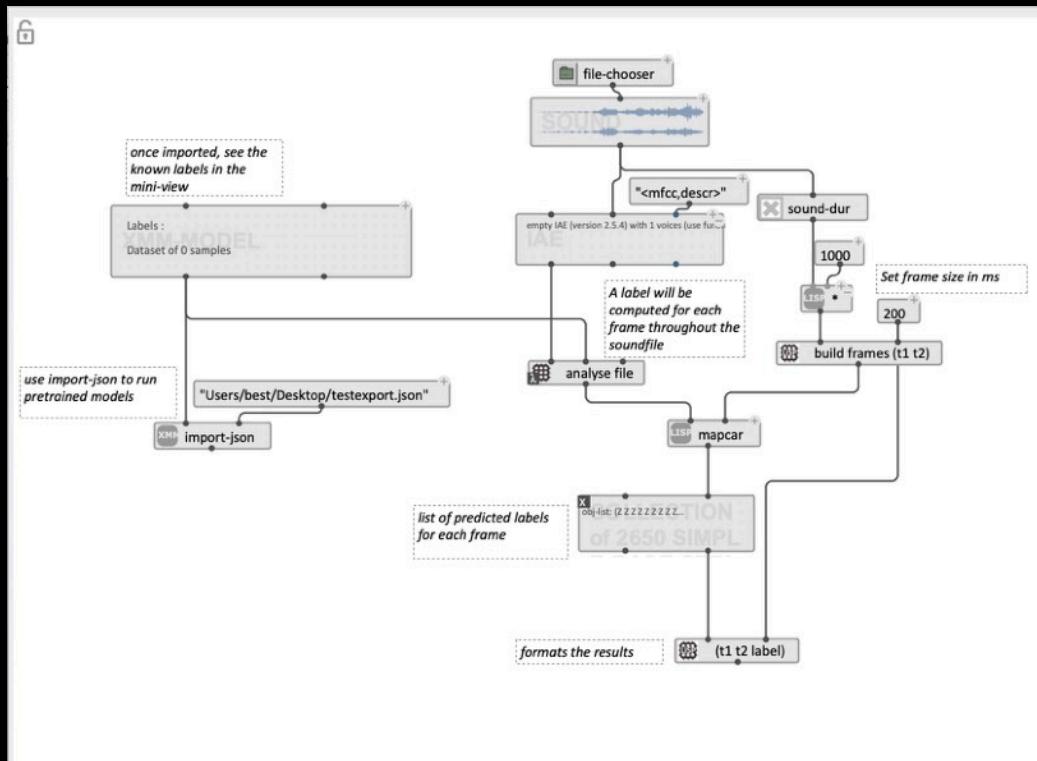
DYCI2



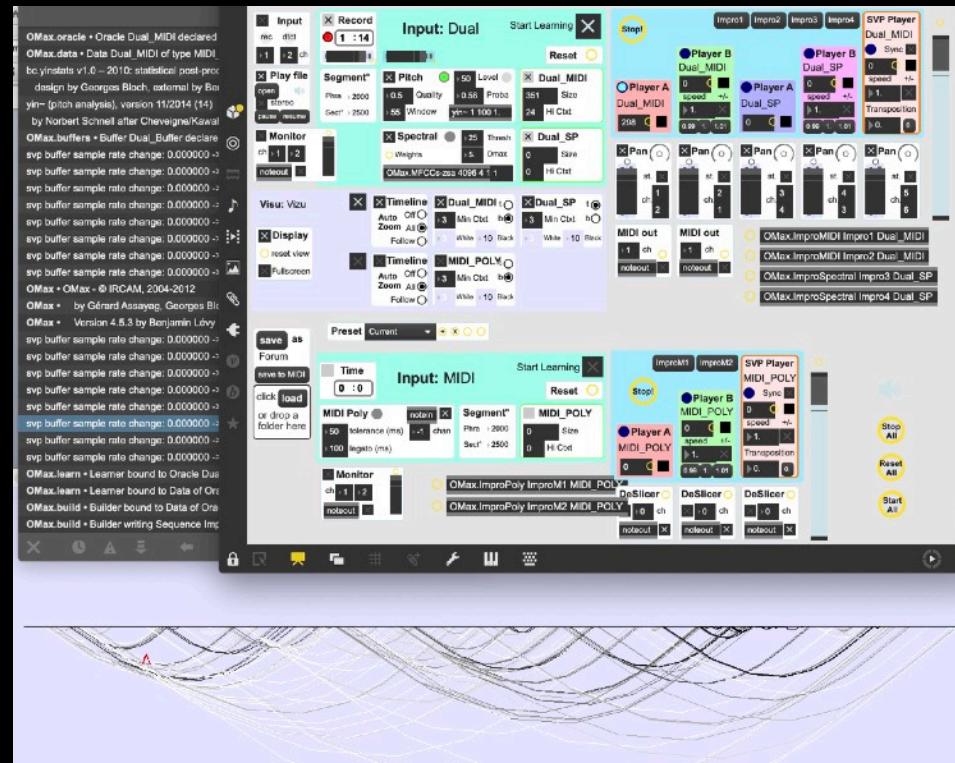
DYCI2



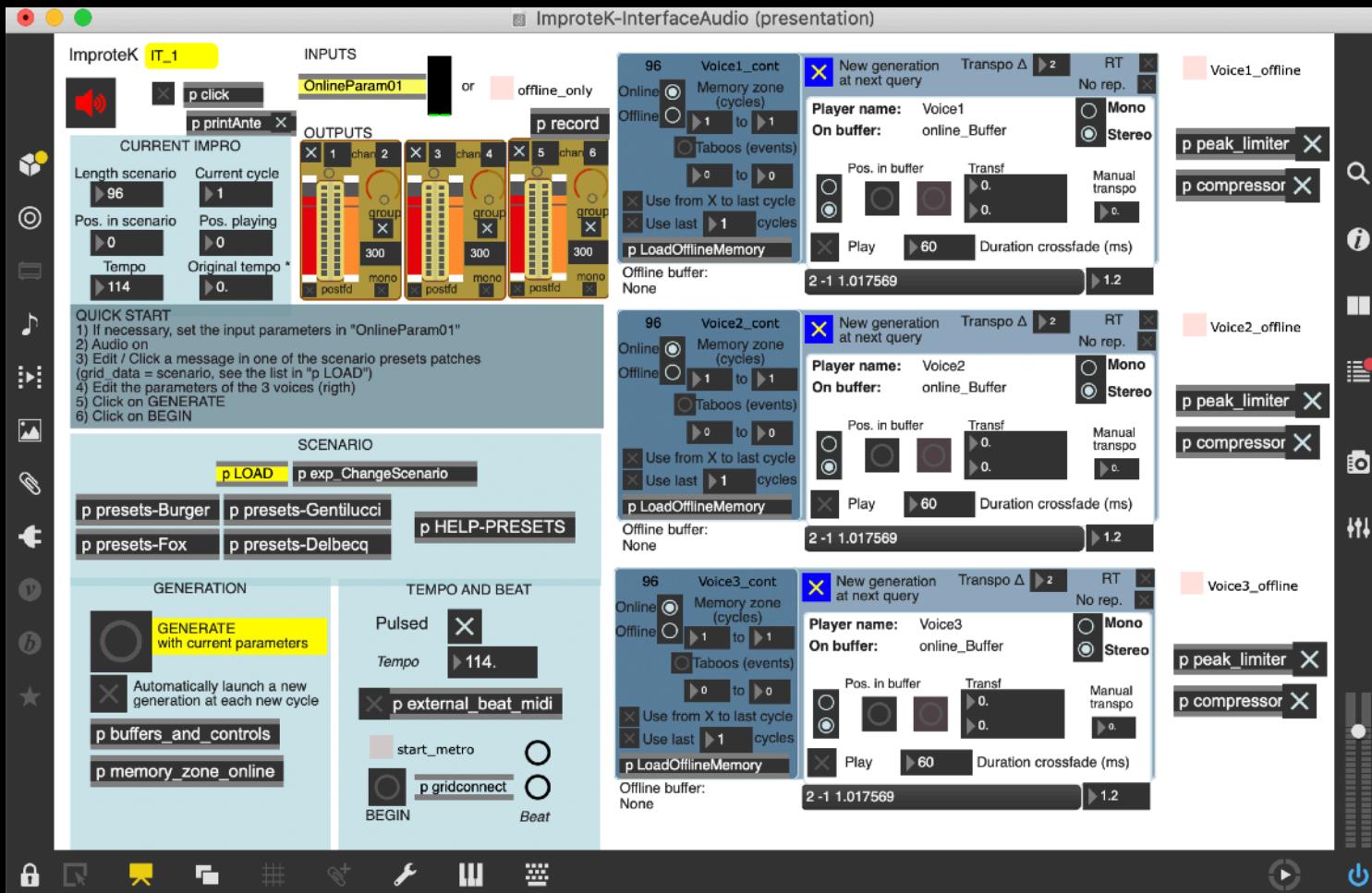
om-xmm



OMax



ImproveK



Duali IIの作曲方法

The compositional method of Duali II

- 素材 Materials
- 構造 Structure
- 構成 Form
- これから現代音楽の作曲方法に追従したもの
- This follows the composition method of contemporary music

Duali IIの作曲方法

The compositional method of Duali II

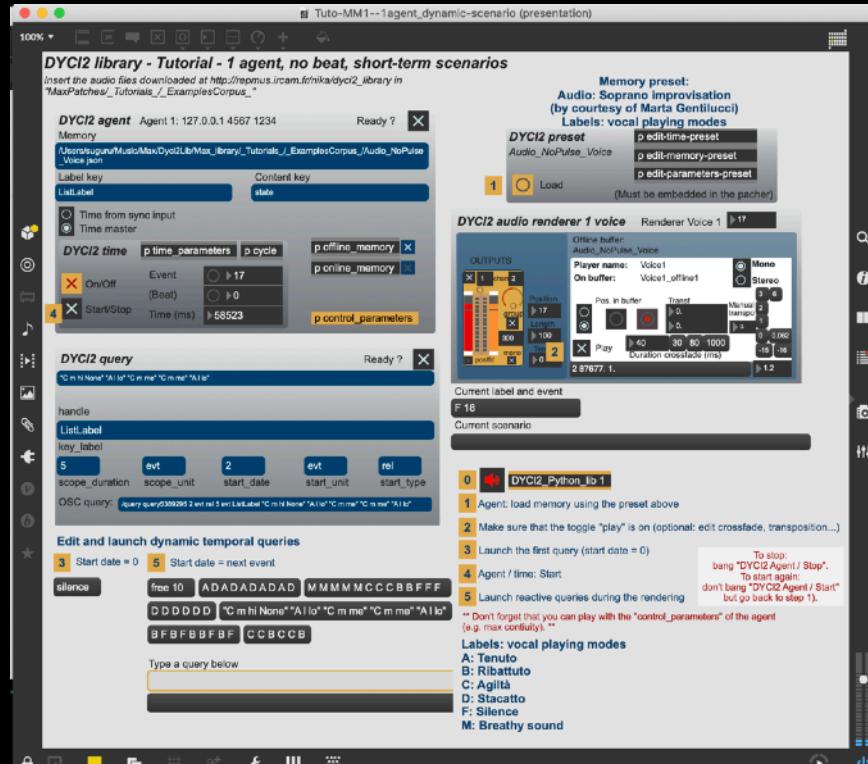
- 構成の配置の仕方、並べ方により構造ができる→美学は意外な組み合わせが上手く行ったもの→この人間の予期できないもの（意外な組み合わせ）をAIに頼る
- The structure can be created by the way of arrangement of the composition-> Aesthetics have been achieved by a surprising combination-> Relying on this unexpected combination by AI
- 構成—ほぼ編集作業→AIによるリミックス
- Structure-almost a work of arrangement-> Remix with AI
- この部分をDYCI2で行う
- > This part is done by DYCI2
- しかし、実際には自動ではない
- However, it is not automatic
- キーの選択、キーのタイミング付けは、ほぼ作曲作業
- The selections of ques and its timing can be regarded as a composition
- この作業を何度も行い、満足が行く結果が得られるまで行う
- This processes have been done many times until one satisfies
- 構成には短い時間と長い時間がある
- The structure consists of short durations and long duration
- 短い時間ができたらさらに長い時間も行う
- The structure in a short duration is done first and then a long duration
- 作曲ではない。ほぼ編集作業。
- It is not like a composition, but rather almost arrangement
- 作曲ではない。コンピューターにやらせ、自分が選択。
- It is not quite like a composition. One let a computer work and then a composer choose what he prefers

Duali IIの作曲方法

A compositional method of Duali II

- オーディオ・ファイルをデータ化する
- Convert audio files to data
- AudioSculpt and OM
- データを楽譜化にする
- Convert data to a musical score
- 実はこれがとてつもない時間がかかる作業
- In fact, this is an enormously time-consuming task
- 将来的にはこの部分のAIがもっと進化すべきだろう
- In the future, this part of AI should evolve furthermore
- FFTのデータから楽譜にするのには音楽の状況を学習すべきである
- To make a score from FFT data, Deep Learning needs to learn the musical context
- 楽器の構造、音楽的関係性を学習すべき
- Should learn the possibilities of musical instruments and musical relationships
- 音楽的要素を理解して、楽譜化にする
- Needs to understand musical elements and make a score
- MIDIで行っても、音楽的表現の評価はし難い (->作曲ではなく、選択作業)
- It is difficult to evaluate the musical expression even when using MIDI (-> not to compose, but to select)

DYCI2の詳細 Details of DYCI2



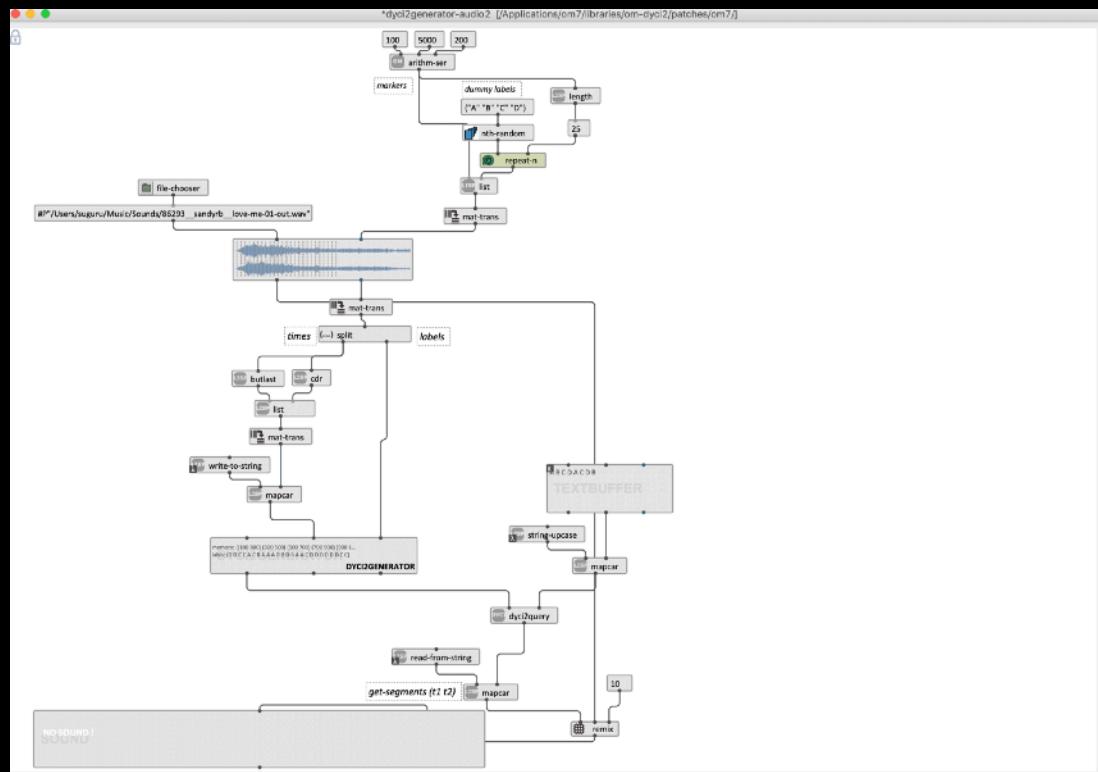
- OMDarwinで作成したファイルをDYCI2に読み込む
- To read the file created by OMDarwin into DYCI2
- その際に、キューのレーベルをどのように作成するのかが重要
- In doing so, it is important how to create a cue label

DYCI2の詳細 Details of DYCI2

1	699;A s hi m mf
2	1598;B i hi None mf
3	5451;C s hi None mf
4	5914;M m None None p
5	7290;B s lo None p
6	7880;F s None None None
7	8605;B i lo None p
8	1145;C s lo None p
9	11928;M s None None p
10	12634;C s lo None p
11	13369;M m None None p
12	14519;C m me None mf
13	15330;F s None None None
14	15850;C s hi None mf
15	16476;X
16	16644;C s hi None mf
17	17382;F s None None None
18	17758;C m hi None mf
19	18906;F s None None None
20	19347;C m hi None mf
21	20431;F l None None None
22	21534;C s me None mf
23	22065;X
24	22590;C s me None mf
25	23063;X
26	23404;B l hi None f
27	27924;C s hi None mf
28	28405;X
29	29219;C s lo None p
30	29838;F s None None None
31	30593;B m me None p
32	31988;C s None None p
33	32441;X
34	32808;C m None None p
35	33431;M s None None p
36	33962;C m me None f
37	34664;X
38	35057;C s hi None mf
39	35522;X
40	35574;C s hi None mf
41	36153;X
42	36904;C m hi None mf
43	38014;X
44	38806;C s me None mf
45	39202;M l None None p
46	40913;C m lo None mf
47	42139;X
48	43645;C m lo None p

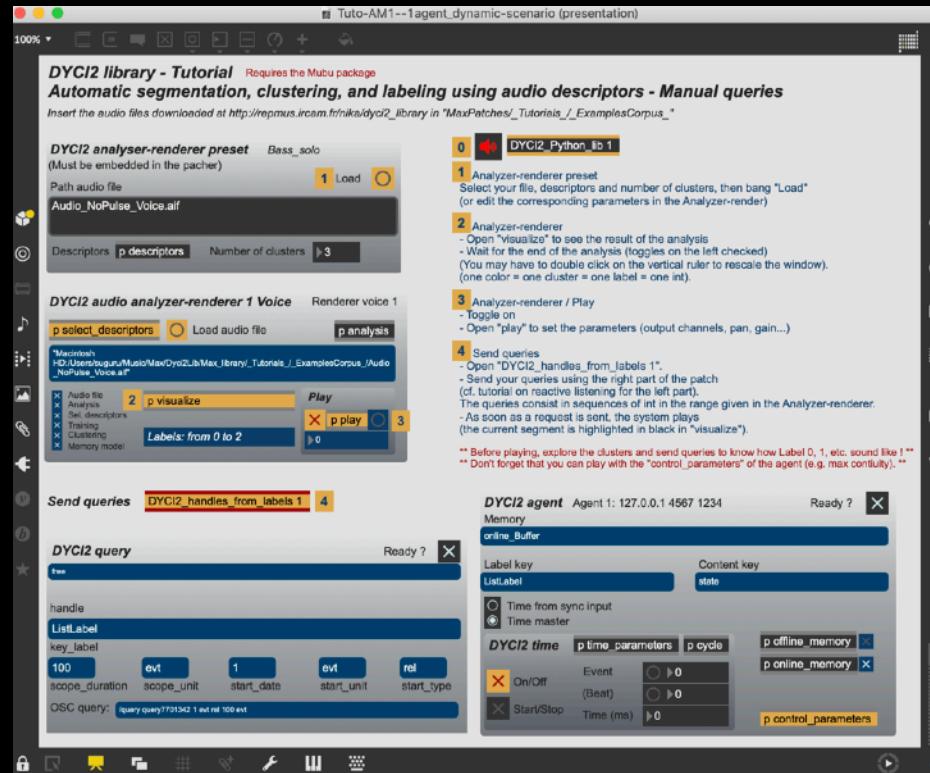
- ・ レーベルはマニュアルで作成する方法と自動で作成する方法がある
- ・ The labels can be created manually or automatically
- ・ レーベルとは素材内のイベント情報、時間も含まれる
- ・ The labels include event information and time in the material

DYCI2の詳細 Details of DYCI2



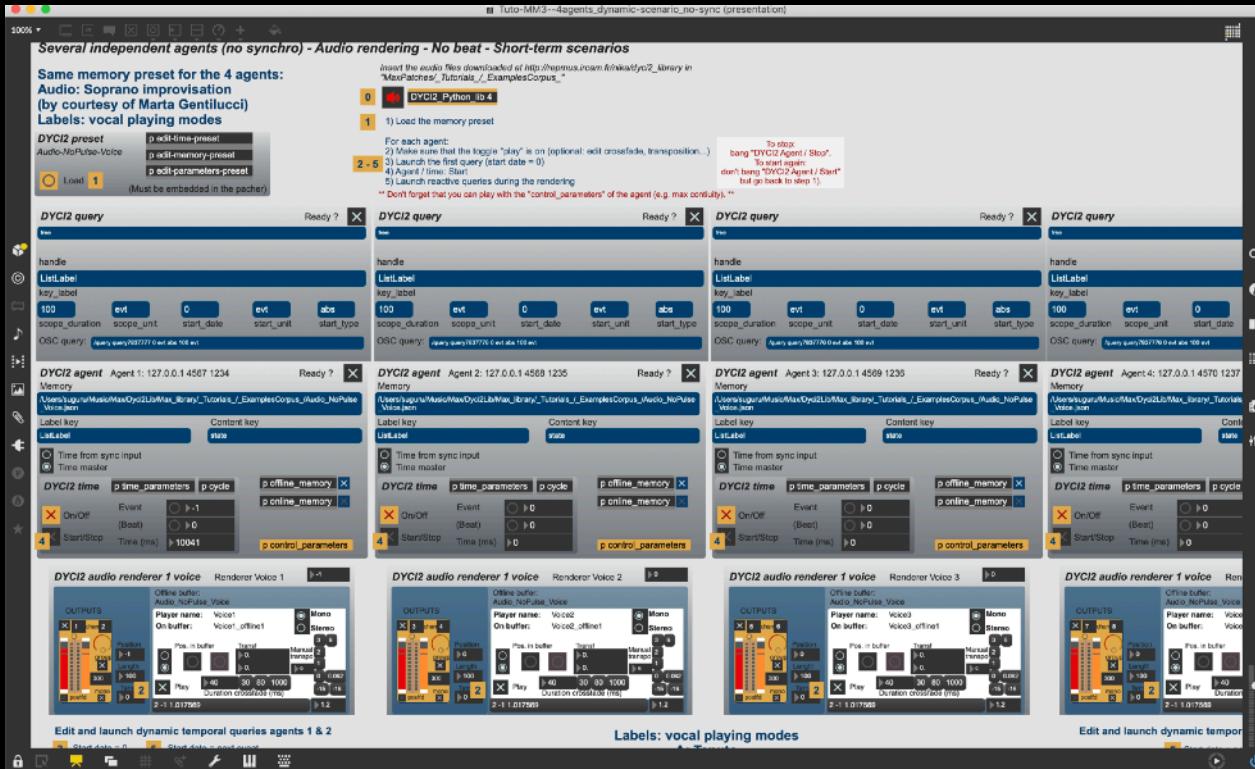
- レーベルを自動で作成する場合はOM7を用いなければならない
- OM7 must be used in order to create labels automatically

DYCI2の詳細 Details of DYCI2



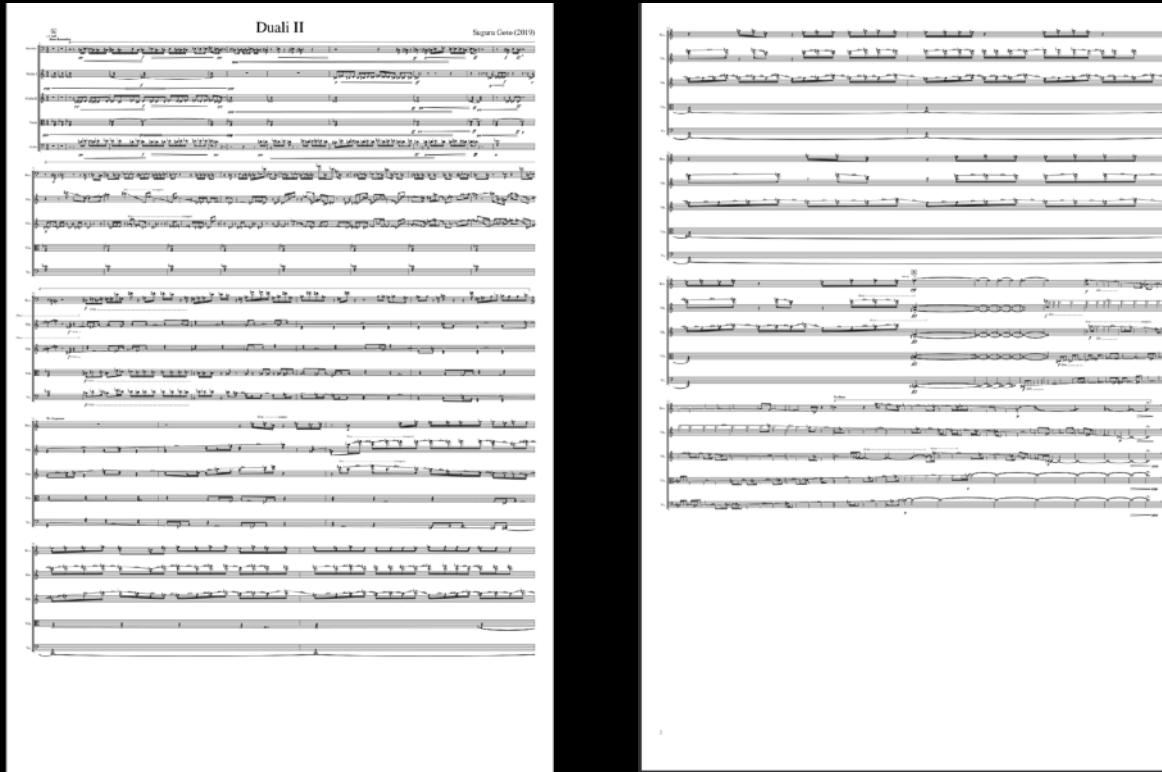
- レーベルをDYCI2内で自動で作成する方法もある
- There is also a method to create labels automatically in DYCI2

DYCI2の詳細 Details of DYCI2



- 複数の素材を重ね合わせることも可能
- Multiple materials can be superimposed

Duali II



- 冒頭の楽譜

Duali II

- Duali IIの演奏

Duali II

- Duali IIのプログラム・ノート

「AIで作曲する（または厳密には自分に取って代わって作曲をしてもらう）にあたって、あえて人間の脳で考えて作曲をする行為と対比することを考えた。そこで、どうしても人間にはできないことで、AIにできることは何かを優先に考えた。通常、作曲は一人で行うものであり、複数で行うことはまずない。ここで言う意味は、部分に分けて複数の作曲家がそれぞれのセクションを分担しながら作曲することや、一人が作曲してもう一人がそれを編曲するような意味ではない。趣向や技術が全く異なる二人の作曲家が、一つの音楽を感覚レベルで共有しながら同時に作業を行うような意味である。別の言い方をすれば、インターネットのように人間同士の頭や心はケーブルでつなぎ合わせることは当然のことながら不可能である。そこで、言語によるコミュニケーションの手段を取るしかない。いささかサイエンス・フィクションの映画のような話ではあるが、もし趣向や技術が異なる二人の作曲家が本当に頭をケーブルでつなぎ合わせて、しかも二人の能力で一つの作曲ができることになれば、多分、相当なことになるだろう。この作品では異なる人格を想定した作曲家、つまり二つの異なる頭脳を想定したAIをコンピューター上で作り、それらの共同作業で一つの作曲をすることが試みられた。ある例で例えるならば、一人は複雑な作曲を試みる人格で、もう一人はクラシック音楽が嫌いな人物、または、一人は斬新な音楽を作曲する人格で、もう一人は音楽に対して興味ない人物、のような対比するよりは全く異なる想定の仕方である。具体的にはAIのコンストレイン・プログラミングで複雑な音楽データーを生成するが、もう一人は強い個性を持ったAIがパターン認識して嫌いな部分をフィルターしていく、その抽出されたパターンをさらに別の人格の相手が評価、学習して、新たにリミックスしていく方法である。」

Duali II

- The program Note of Duali II

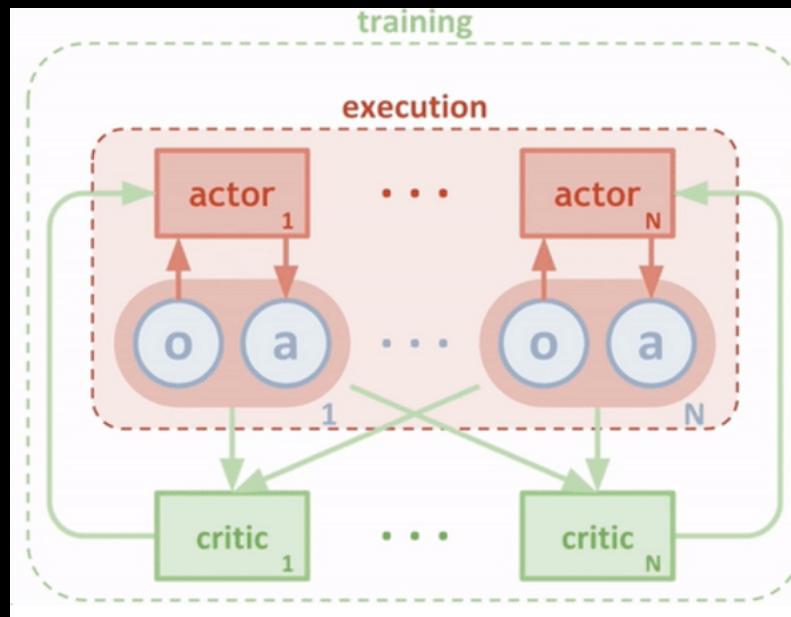
"When composing with AI (or strictly speaking, letting a computer compose instead of a composer), I thought of contrasting with the act of thinking and composing with the human brain. Therefore, we put priority on what AI can do. Composition is usually done by one person, and rarely done by multiple people. It doesn't mean that one composer composes a section or that one composes and another arranges. Two composers with completely different tastes and techniques share one music at the sensory level. In other words, it is naturally impossible to connect human heads and hearts with cables like Internet. There is no choice to take the means of verbal communication. It may sound like a bit like a science fiction film, but if two composers with different tastes and techniques really connect their heads with a cable, perhaps it would be a great deal if the ability of a single composer could go beyond an usual capability. In this work, a composer that assumed different personalities, and AI is assumed two different brains on a computer. An attempt was made to collaborate on one composition, for example, one person trying to compose a complex composition, but another person hates classical music, or one composer of novel music. It's a completely different way of thinking than contrasting like a person who is not interested in music, specifically an AI constraint program. While generating complex music data by mining, the other has an AI with strong personality that recognizes patterns and filters dislikes, and the extracted pattern is evaluated and learned by another person with another personality and re-mix it. "

マルチエージェントMulti agent

- マルチエージェントを用いて二人の作曲家の部分を自動化できないか?
Can one use multi-agent to automate the parts of two composers?
- 「趣向や技術が全く異なる二人の作曲家が、一つの音楽を感覚レベルで共有しながら同時に作業を行うような意味」
- "It means that two composers who have completely different tastes and techniques work together while sharing one piece of music at a sensory level."
- 「一人は複雑な作曲を試みる人格で、もう一人はクラシック音楽が嫌いな人物、または、一人は斬新な音楽を作曲する人格で、もう一人は音楽に対して興味ない人物、のような対比するよりは全く異なる想定の仕方」
- "One person is a person trying to compose complex music, another is a person who dislikes classical music, or one person is a person who composes novel music, and another person is not interested in music. It's a completely different way of thinking."
- AIのコンストレイン・プログラミングで複雑な音楽データーを生成するが、もう一人は強い個性を持ったAIがパターン認識して嫌いな部分をフィルターしていく、その抽出されたパターンをさらに別の人格の相手が評価、学習して、新たにリミックスしていく方法
- **While AI generates complex music data by constraint programming, the other uses AI with strong personality to recognize patterns and filter out disliked parts of the generated music.**

What is a multi-agent system?

- A **multi-agent system** (MAS or “self-organized system”) is a computerized system composed of multiple interacting intelligent agents



- (from “**Multi-Agent Actor-Critic for Mixed Cooperative-Competitive Environments**”, [Ryan Lowe](#), [Yi Wu](#), [Aviv Tamar](#), [Jean Harb](#), [Pieter Abbeel](#), [Igor Mordatch](#))

Multi-Agent Hide and Seek



Multi-Agent
Hide and Seek

- (from YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=kopoLzvh5jY>)

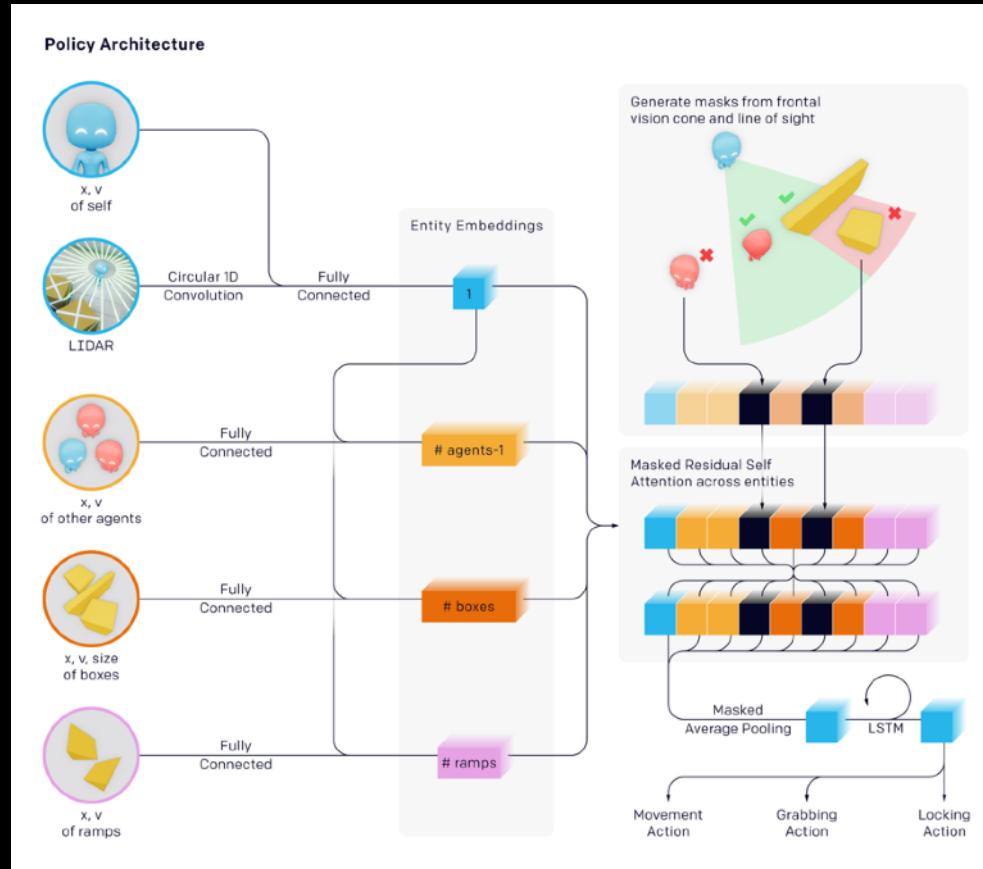
Multi-Agent Hide and Seek

- Agents discovering progressively more complex tool
- While playing a simple game of hide-and-seek.
- The self-supervised emergent complexity in this simple
- (from <https://openai.com/blog/emergent-tool-use/> “**Emergent Tool Use from Multi-Agent Interaction**”)

Multi-Agent Hide and Seek

- **Training hide-and-seek agents**
 - Each object is embedded and then passed through a masked residual self attention block
 - The attention is over objects instead of over time.
-
- (from <https://openai.com/blog/emergent-tool-use/> “**Emergent Tool Use from Multi-Agent Interaction**”)

Multi-Agent Hide and Seek



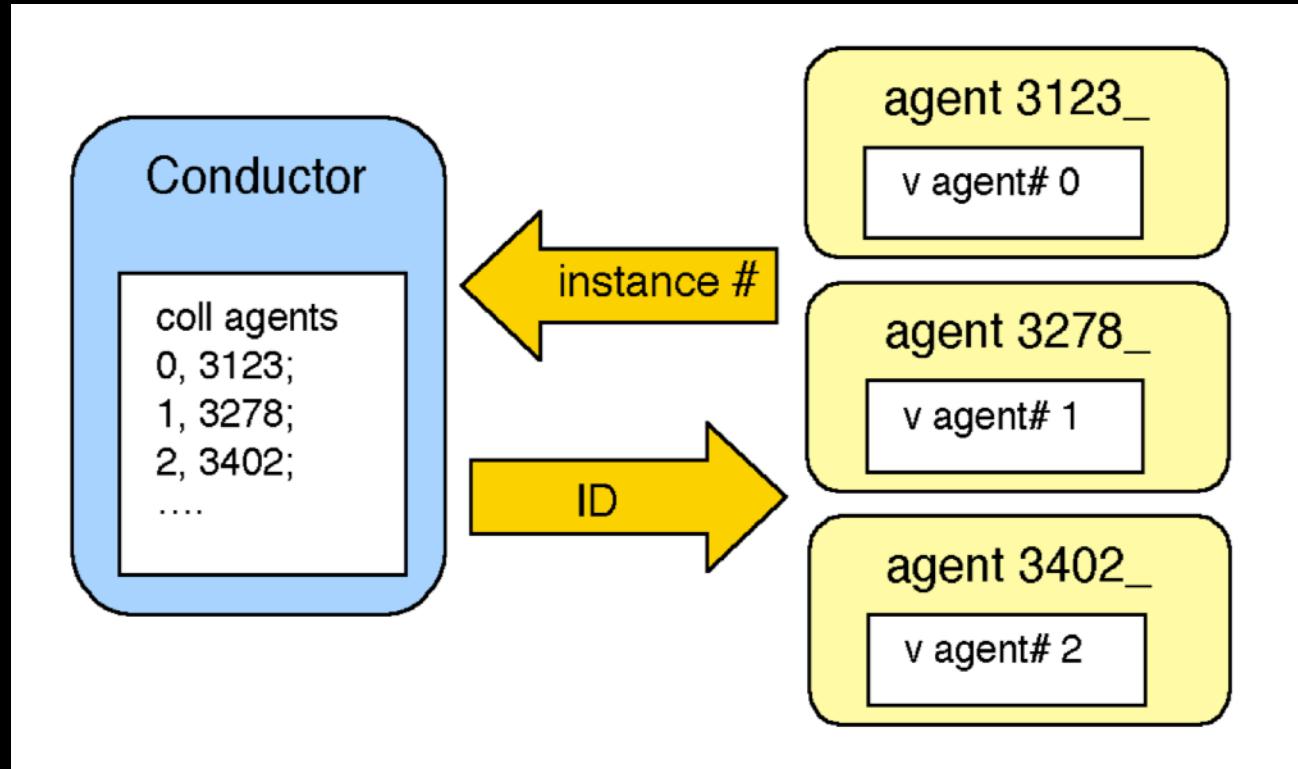
- (from <https://openai.com/blog/emergent-tool-use/> “Emergent Tool Use from Multi-Agent Interaction”)

Multi-agency in Max/MSP

- polyphonic rhythmic patterns which continuously evolve and develop in a musically intelligent manner
 - complex interactions between individual voices while requiring very little user interaction or supervision
 - Player agents assume roles and personalities within the ensemble
 - communicate with one another to create complex rhythmic interactions
- (from <http://www.sfu.ca/~eigenfel/EmergentRhythms.pdf>, **Emergent Rhythms Through Multi-agency in Max/MSP**, Arne Eigenfeldt)

Multi-agency in Max/MSP

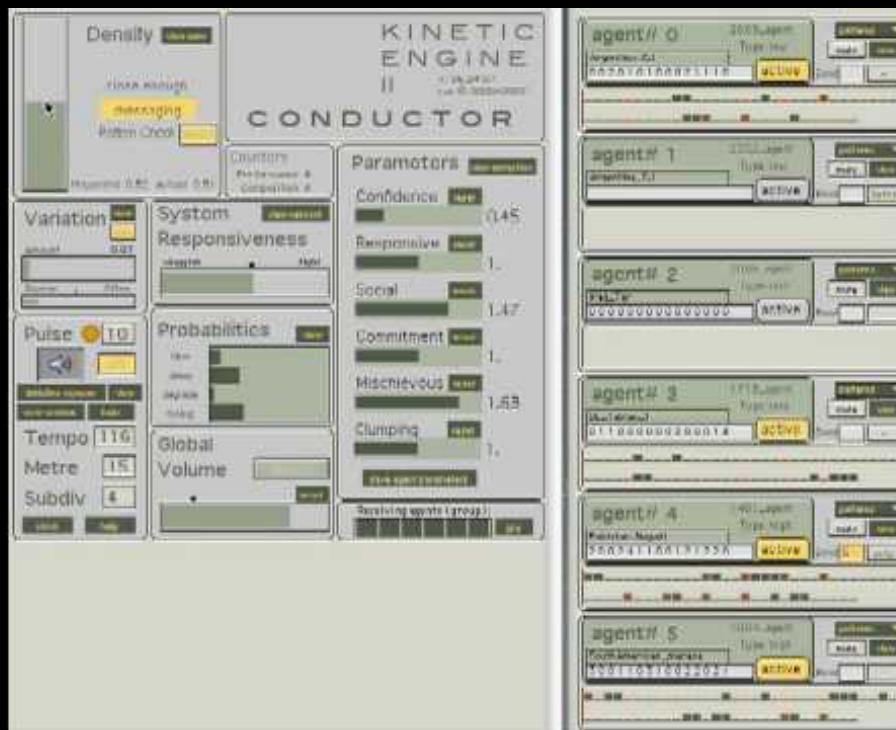
A conductor agent loosely co-ordinates the player agents



- (from <http://www.sfu.ca/~eigenfel/EmergentRhythms.pdf>, **Emergent Rhythms Through Multi-agency in Max/MSP**, Arne Eigenfeldt)

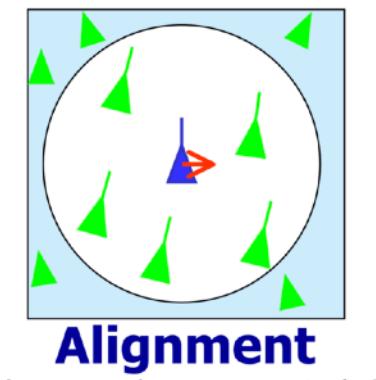
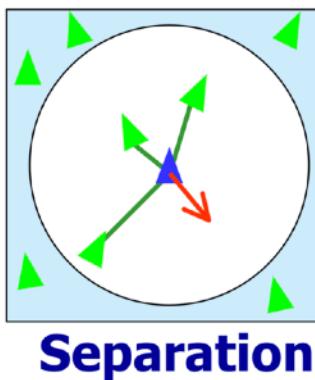
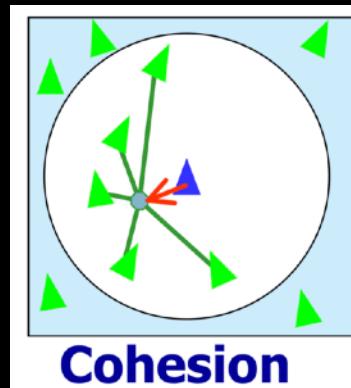
Multi-agency in Max/MSP

- Download from <http://metacreation.net/agent-systems/>



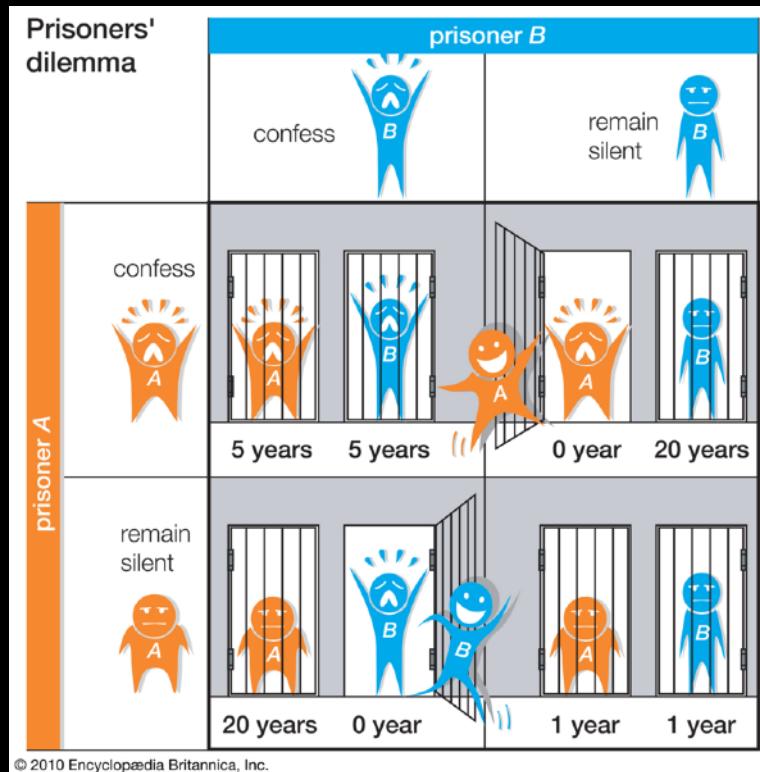
Boids Model with Multi-agency

- Is it intelligent enough? Can it be possible with reinforcement learning?



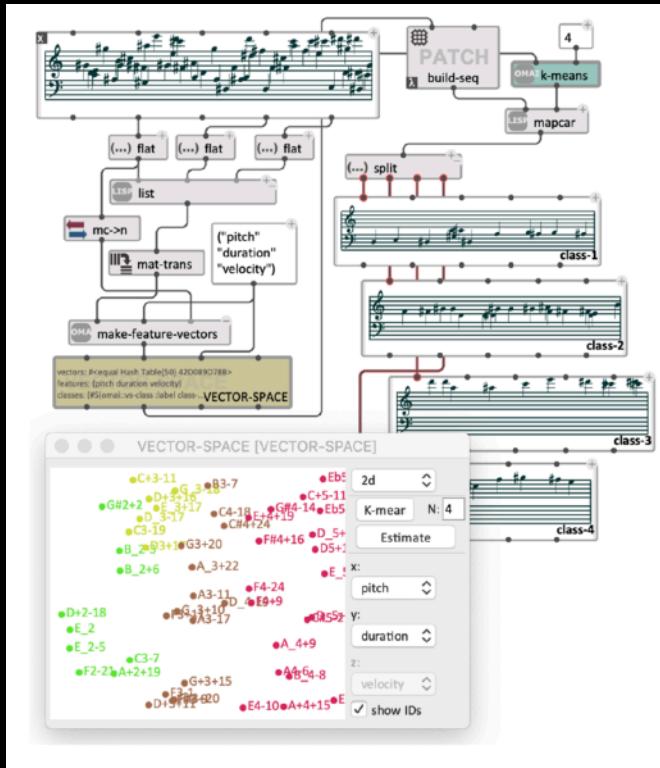
Prisoner's dilemma with Multi-agency

- Is it intelligent enough? Can it be possible with reinforcement learning?



OM-AI: A TOOLKIT TO SUPPORT AI-BASED COMPUTER-ASSISTED COMPOSITION WORKFLOWS IN OPENMUSIC

- A library for clustering, but unsupervised learning where many points are defined so that close points are grouped together.



Multi-agency with Deep Learning

- Cooperation among multiple agents by reinforcement learning, or self-organization by multiple subject interaction?
- It is difficult to achieve performance even with normal single agent with reinforcement learning, but when dealing with the behavior of other agents.
- There is a strong possibility that we will not know what each agency learned?
- It is however easy to manually program and control the social character of the agent and make the agents interact with each other?

Conclusion

- In fact, no conclusion yet
- Does anyone have any proposition?
- We call collaborators!
- For any advice, you are much welcomed to contact with Suguru Goto
<goto.suguru@ms.gaidai.ac.jp>