A stylized, light brown illustration of a plant with several leaves and a cluster of small, round fruits or buds, positioned on the left side of the slide.

# 音楽を理解する心の中 の文法

東条 敏

JAIST



# これで一文?!

厚生労働大臣は、連続する三保険年度中の各保険年度において次の各号のいずれかに該当する事業であって当該連続する三保険年度中の最後の保険年度に属する三月三十一日（以下この項において「基準日」という。）において労災保険に係る保険関係が成立した後三年以上経過したものについての当該連続する三保険年度の間に於ける労災保険法の規定による業務災害に関する保険給付（労災保険法第十六条の六第一項第二号の場合に支給される遺族補償一時金、特定の業務に長期間従事することにより発生する疾病であって厚生労働省令で定めるものにかかった者（厚生労働省令で定める事業の種類ごとに、当該事業における就労期間等を考慮して厚生労働省令で定めるものに限る。）に係る保険給付（以下この項及び第二十条第一項において「特定疾病にかかったものに係る保険給付」という。）及び労災保険法第三十六条第一項の規定により保険給付を受けることができることとされた者（以下「第三種特別加入者」という。）に係る保険給付を除く。）の額（年金たる保険給付その他厚生労働省令で定める保険給付については、その額は、厚生労働省令で定めるところにより算定するものとする。第二十条第一項において同じ。）に労災保険法第二十九条第一項第二号に掲げる事業として支給が行われた給付金のうち業務災害に係るもので厚生労働省令で定めるものの額（一時金として支給された給付金以外のものについては、その額は、厚生労働省令で定めるところにより算定するものとする。）を加えた額と一般保険料の額（第一項第一号の事業については、前項の規定による労災保険率（その率がこの項の規定により引き上げまたは引き下げられたときは、その引き上げまたは引き下げられた率）に應ずる部分の額）から非業務災害率（労災保険法の適用を受けるすべての事業の過去三年間の通勤災害に係る災害率及び二次健康診断等給付に要した費用の額その他の事情を考慮して厚生労働大臣の定める率をいう。（労働保険の保険料の徴収等に関する法律<sup>12</sup>条<sup>3</sup>項）





シューマン：チェロ協奏曲イ短調, op.129






アラベスク模様

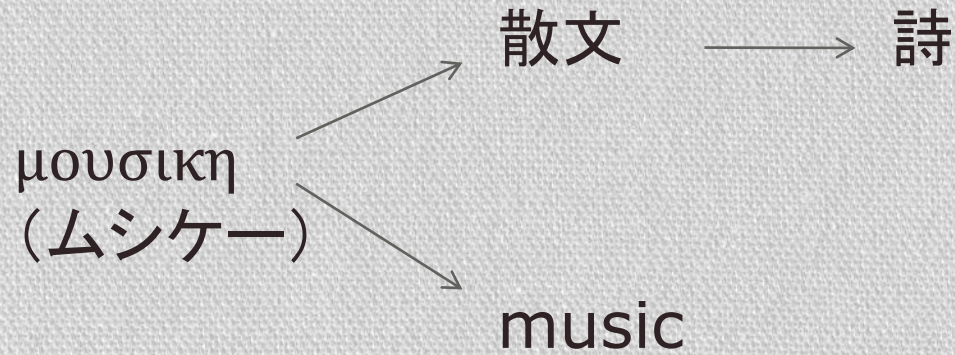




- 
1. 楽譜の模様 – 耳の記憶
  2. 音楽の文化進化 – ことばと音楽
  3. 音楽の生物進化 – 文脈自由文法
  4. 生成的音楽理論
  5. 答えのない質問



# 音楽と言語 – 文化進化





# 古楽

## 1. 中世

- 5-6世紀: グレゴリオ聖歌
- 8-10世紀: オルガヌム – 伴奏, 対旋律
- 12-13世紀(ゴシック): ノートルダム楽派, 作曲, 楽譜(ネウマ→黒記譜法→白記譜法)

## 2. ルネッサンス

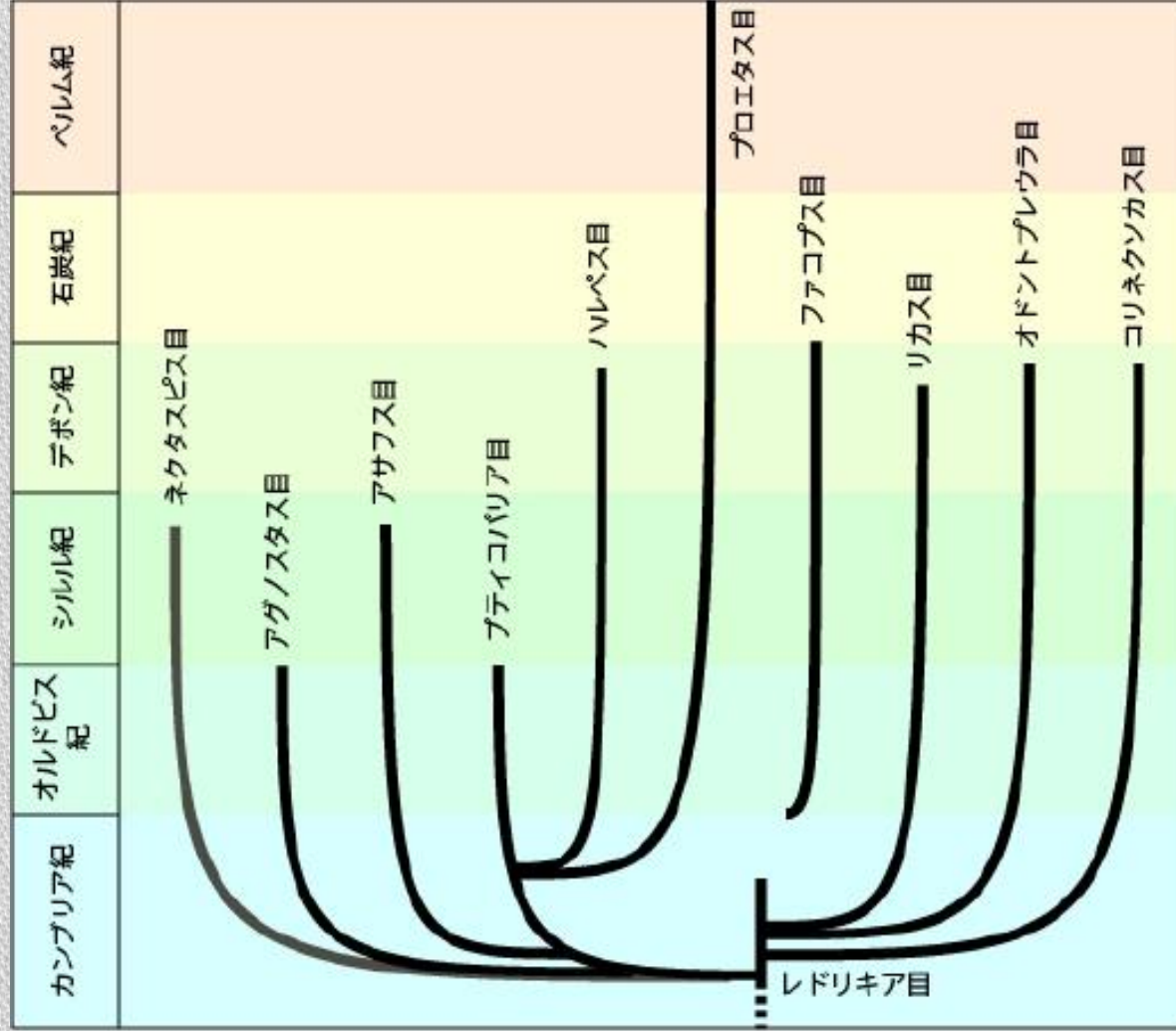
- フランドル楽派, ジョスカン・デ=プレ
- パレストリーナ(1525 - 1594)
- モンテヴェルディ(1567 - 1643) ヴェネツィア楽派

## 3. バロック

- シュッツ, リュリ, パッヒエルベル, パーセル, コレツリ, クープラン, スカルラッティ, ヴィヴァルディ, ラモー,
- J. S. バッハ(1685 - 1750)とヘンデル(1685-1759)



# カンブリア爆発(5億4000万年前)





# 18世紀-19世紀の音楽家たち



## 楽家たち





# なぜ爆発が起きたか？

- 強勢拍(アクセント)言語と音節拍(モーラ)言語
- 日本語はモーラでリズムを取る. 五・七・五や「だるまさんがころんだ」
- 言語によるアクセントのしくみの違い – フランス語高低, イタリア語長短, ドイツ語強弱
- ラテン語の動詞アクセント *adoráre* – *adóro*, *adorátio*, *adratiónis*
- ドイツ語の動詞アクセント *veréhren* – *veréhre*, *veréhrte*, *veréhren*, *veréhrten*
- 実はプロテスタントの小さな教会のせい？
- 12音平均律の完成と鍵盤楽器の出現



# クラシックの時代

- バッハ: バロックの終焉
- 4. ウィーン古典派
  - ハイドン, モーツァルト, ベートーヴェン
  - ソナタ形式, 交響曲, 弦楽四重奏曲
- 5. ロマン派初期
  - シューベルトとシューマン
- 6. ロマン派後期 -- 爛熟と崩壊
  - ワーグナーとマーラー
- 7. 20世紀の音楽
  - ドビュッシー, ラヴェル, バルトーク, ストラヴィンスキー, プロコフィエフ
  - 新ウィーン楽派



# 無調の音楽

- 言語テキストの積極的な援用 – さもないと進行や展開が見えない.
- 愉悦感, 喜劇的なテキストは向かない.
- 恐怖感, 不気味感, 不安感
- 主客転倒 – 映画音楽 – 映像が主体のドラマの効果音 「2001年宇宙の旅」の中のLigeti









# 20世紀の後半以降

- ・クラシック音楽
- ⇒ 意味不明の現代音楽
- ⇒ 巨匠による名演
- ⇒ ジャズ、ポピュラー音楽

[新着](#) [社会](#) [経済](#) [政治](#) [国際](#) [文化](#) [科学](#) [スポーツ](#) [エンタメ](#) [ライフ](#) [天気](#)

朝日新聞  
THE ASahi SHIMBUN JAPAN

現在位置: 朝日新聞デジタル 記事 2012年8月8日 15時46分

  0   0 |  0 [おすすめ](#) 1 

## 欧米ポップス、似た曲ばかり スペインで46万曲分析

最近50年の欧米のポピュラー音楽は似た作品が増える方向に「進化」してきた——。そんな傾向をスペインの研究チームが見つけ、英科学誌サイエンティフィック・リポーツに発表した。音程や音色の多様性が失われていると分析している。


チームは、1955～2010年に発表されたロック、ポップ、ヒップホップなど46万曲あまりのデータベースを分析。その結果、音程進行の変化がなくなり、よく使われる音色がさらに多く使われるなど没個性化が進んでいた。

音量が大きくなる傾向もあった。録音技術の進歩に加え、音楽番組の放送で聴取者の注意をひくための「音量競争」が背景と考えられている。

チームは、新しいヒット曲づくりの「極意」も論文に記述。コード進行が比較的単純な古い曲を、現在流行している楽器で演奏し、音量大きめで収録すれば、「新しく、今風で、画期的」と容易に受け取られるはずだ、としている。(小林舞子)

[ホーム](#) | [最新の朝刊一面](#) | [最新のYou刊一面](#) |



- 
1. 楽譜の模様 – 耳の記憶
  2. 音楽の文化進化 – ことばと音楽
  3. 音楽の生物進化 – 文脈自由文法
  4. 生成的音楽理論
  5. 答えのない質問



# 音楽と言語 – 生物進化

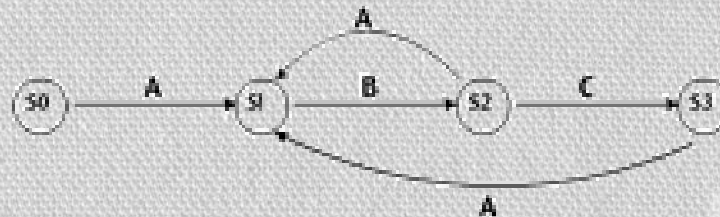
- 動物の歌の意味？
- 動物は「文」を話すか？
- 動物は音楽を作るか？
- 鳥の歌の意味は？
- ザトウクジラの「進行しながら」変化する歌
- 音楽の進化論 – 模写, 変異, 選択, 孤立
- 音楽認識の男女差
- 舌, 頭蓋, 口腔, 気管支, 咽頭の変化
- 「前」言語/歌から言語への複数の発達経路



# ジュウシマツの歌



- 統語性(正規文法)




- 歌い方(文)に応じた意味を持たない
  - どの歌も全体として求愛を意味する



# 係り受け(1/2)


渋谷に 映画を 観に 行く.



渋谷に 行って 映画を 観る.



渋谷に 映画を 行って 観る. (\*)





# 係り受け(2/2)

- 音楽を理解する心の中の文法

- 「音楽を理解する心」の中の文法

- 「音楽を理解する」(心の中の)文法

- 「駆け込み乗車は危険ですのでおやめください」

- 「駆け込み乗車は危険です」「???はおやめください」

- 北陸先端科学技術大学院大学



# オランダ語の謎

He said that I saw Fred help Henry feed the hippos.

Hij zegt dat ik Fred Henry de nijlpaarden zag helpen  
| | | | | | | | | voeren.

He said that I Fred Henry the hippos saw help feed.  
~~~~~>>>



# 係り受け非交差＝括弧の対応

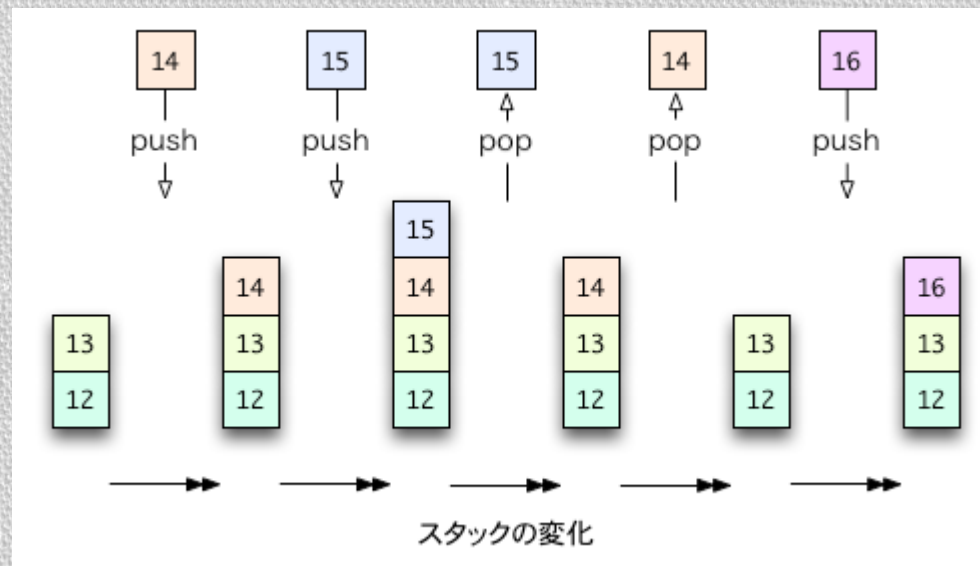
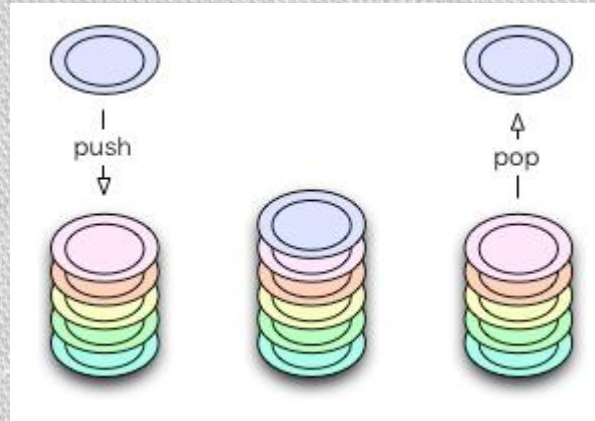
- 係り受け非交差
- 括弧の対応が正しくとれた構造

$(_1 \cdots ( _2 \cdots )_2 \cdots ( _3 \cdots )_3 \cdots )_1$

「直近に開かれた括弧を閉じることなく, その前の括弧を閉じてはいけない」



# プッシュダウンスタック





# 文を作り出す「生成」文法

- 正規文法 (type 3)  
 $S \rightarrow a A$ , or  $A \rightarrow B a$
- 文脈自由文法 (type 2)  
 $S \rightarrow A B$
- 文脈依存文法 (type 1)  
 $a A b \rightarrow a c b$
- チューリングマシンが受け入れる規則の集合 (type 0)  
 $a A b \rightarrow a b$

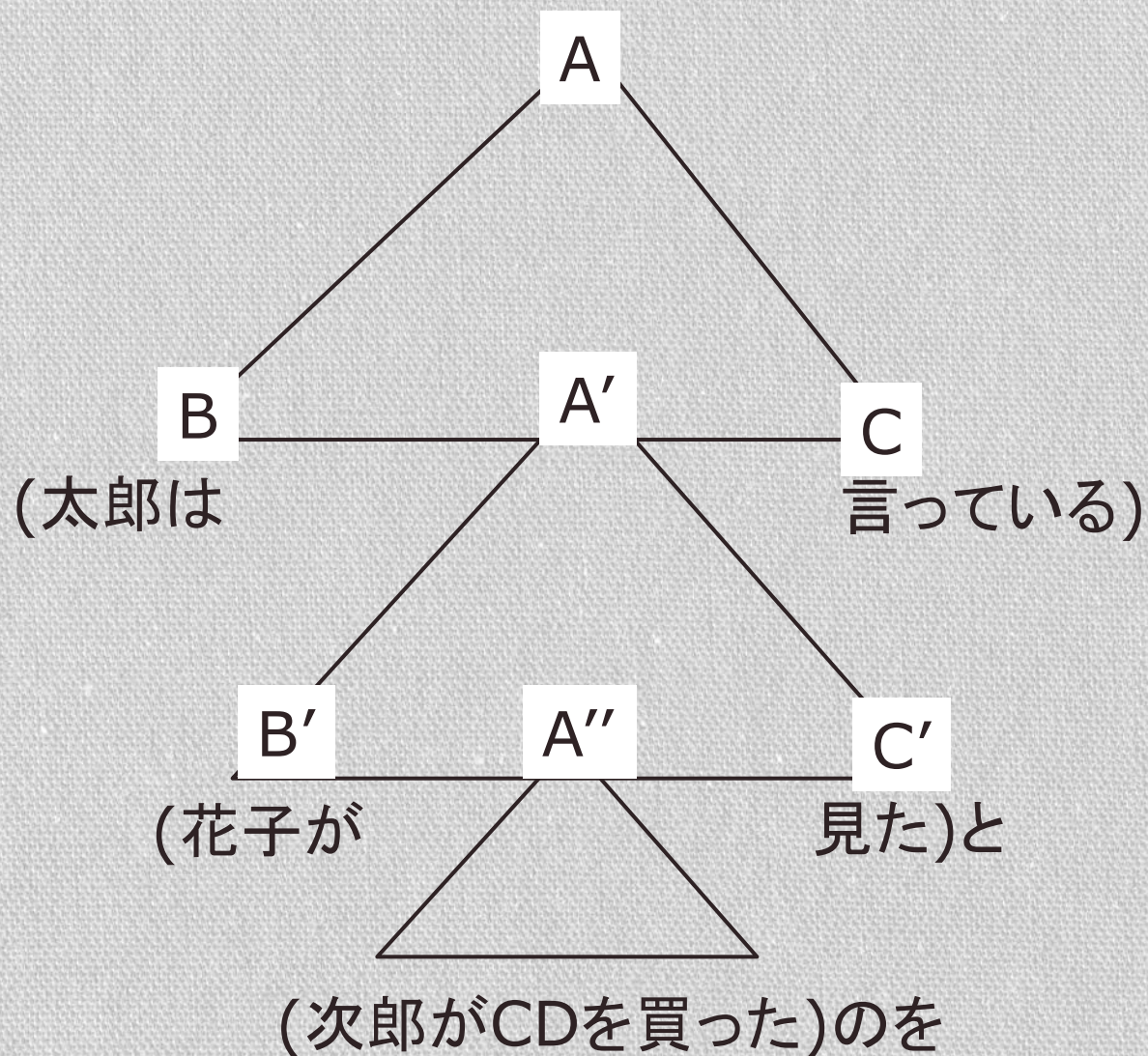


# 文脈自由文法 (1/2)

- 文脈 – 非終端記号(変数)の出現場所  
 $xx A yy \rightarrow xx B C yy$       場所限定  
 $A \rightarrow B C$       どこでもよい
- 係り受けの非交差＝括弧の対応＝プッシュダウンスタックを使った言語＝文脈自由文法

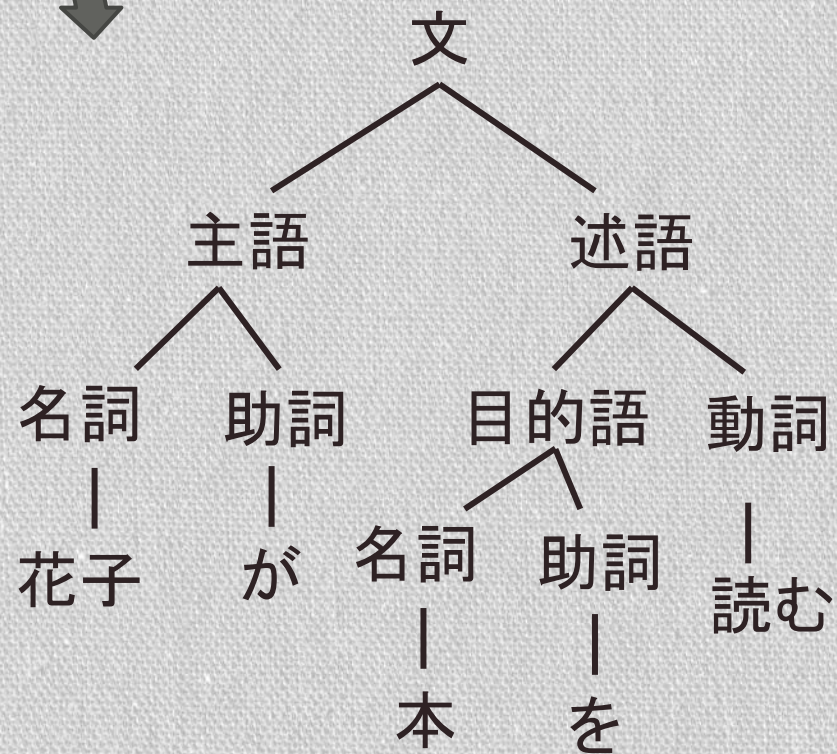


## 文脈自由文法 (2/2)






# 木構造





# ちょっと練習してみよう

- 回文を作り出す文法
  - $\{S \rightarrow \text{に}S\text{に}, S \rightarrow \text{わ}S\text{わ}, S \rightarrow \text{と}S\text{と}, S \rightarrow \text{り}S\text{り}, S \rightarrow \text{こ}\}$
- 二文字の同数回の繰り返しを作り出す文法
  - $\{S \rightarrow \text{ば}S\text{み}, S \rightarrow \epsilon\}$
- 同じ語の二回繰り返し?

•   $\{\text{ばみゅばみゅ}, \text{つけまつけま}\}$

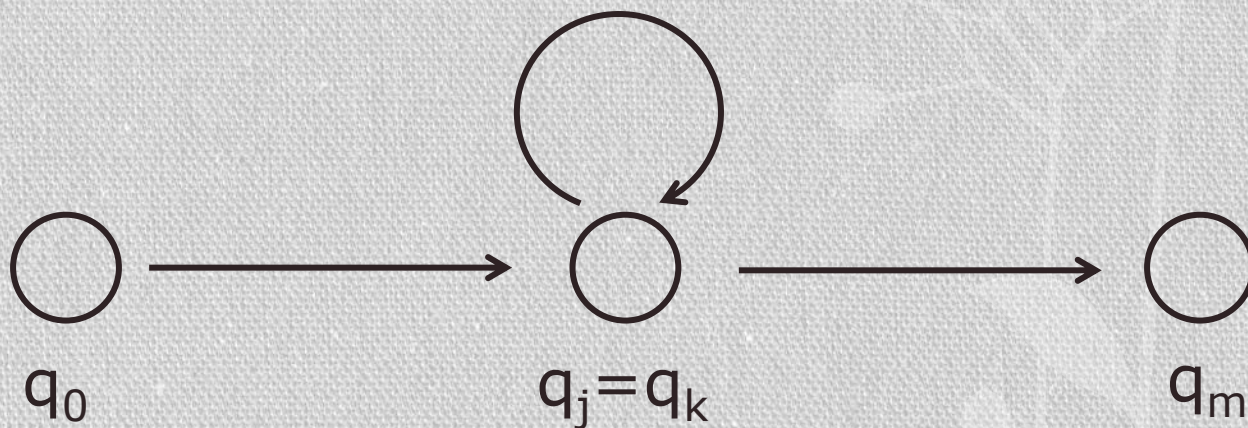
- 三文字の同数回繰り返し?

•   $\{\text{つけま}, \text{つけまつけまつけ}, \text{つけまつけまつけまつけまつけ}, \dots\}$



# ポンプの補題【正規文法編】

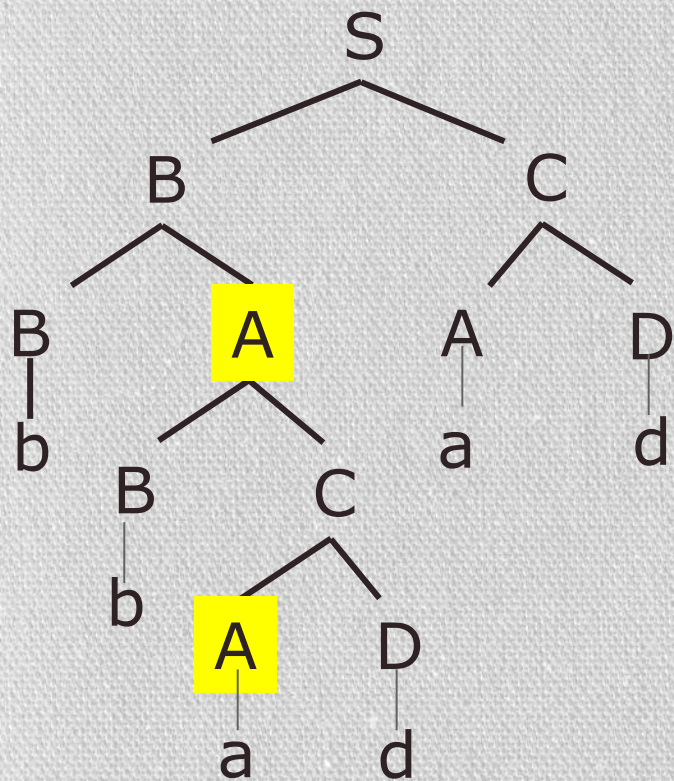
有限オートマトンの状態列  $n$  に対して,  $m > n$  の文字列を考える.  $\delta(q_0, a_1 a_2 \dots a_i) = q_i$  とすると  $q_1 \sim q_m$  はすべて同じというわけにはいかない.



$a_1 a_2 \dots a_m$  がこのオートマトンで受理される文であるならば,  $a_1 a_2 \dots a_j (a_{j+1} \dots a_k)^i a_{k+1} \dots a_m$  もこのオートマトンで受理される文である.



# ポンプの補題【文脈自由文法編】



①CFGはチョムスキー標準形

$A \rightarrow BC$

$B \rightarrow b$

に書き直すことができる.

②大文字(非終端記号)の種類を $k$ とする.

③文の長さが $n=2^k$ とすると, 木構造は最短でも $k+1$ の長さのpathを持つ.

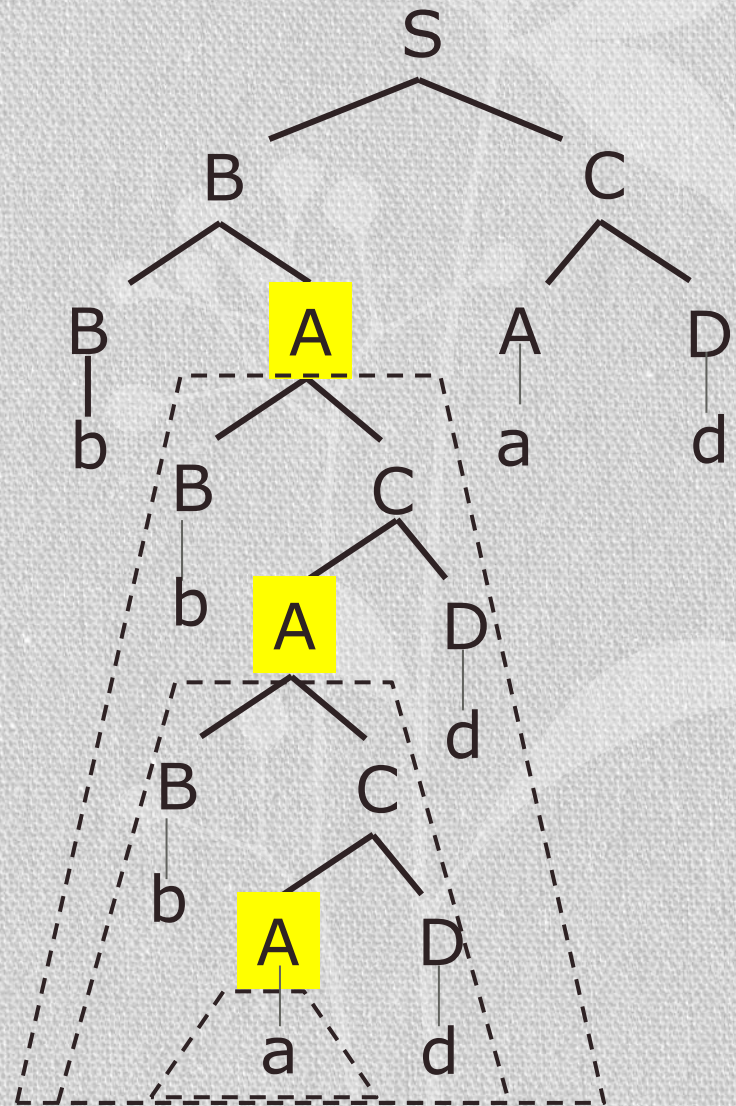
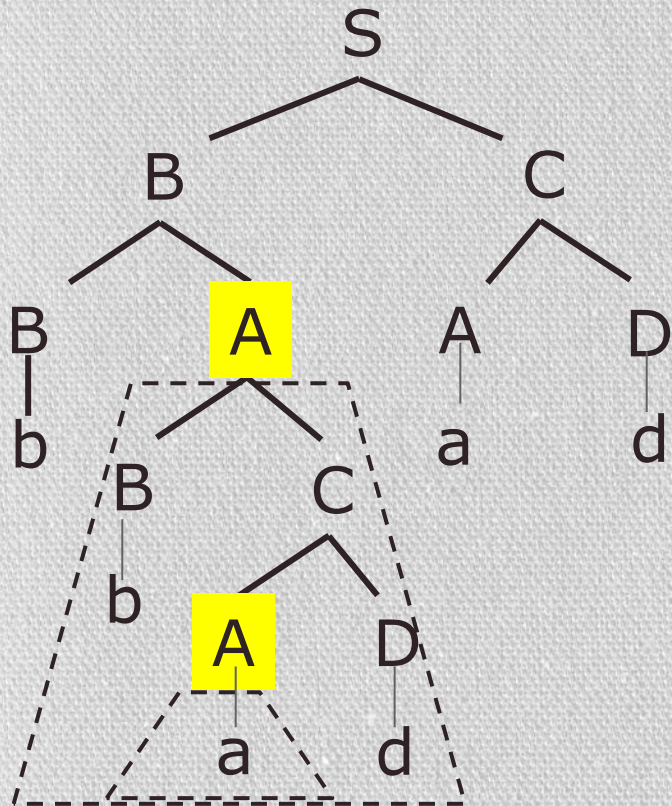
④このpath上ではどこかに必ず同じ大文字が現れる.



この部分木を $A \rightarrow u A v$ と書くと,  $i$ 回埋め込みを行えば  
 $A \rightarrow u^i A v^i$ . 文全体 $S$ は $A$ の両側があるので,  $S \rightarrow x u^i y v^i z$ .



# ポンプの補題【文脈自由文法編】





# 普遍文法

- われわれの言語は火星人から見たら似たようなものである.
- われわれは生得的な言語学習装置 (LAD; language acquiring device)を持って生れてきている.
- 人間の脳はちょうど一つの言語を処理できるサイズである.
- 普遍文法(Universal Grammar )– 自然言語を一つ固定するためのパラメータ・セット



ママは優しいのよ.  
パパは優しいのよ.  
パパは酒飲みなのよ.

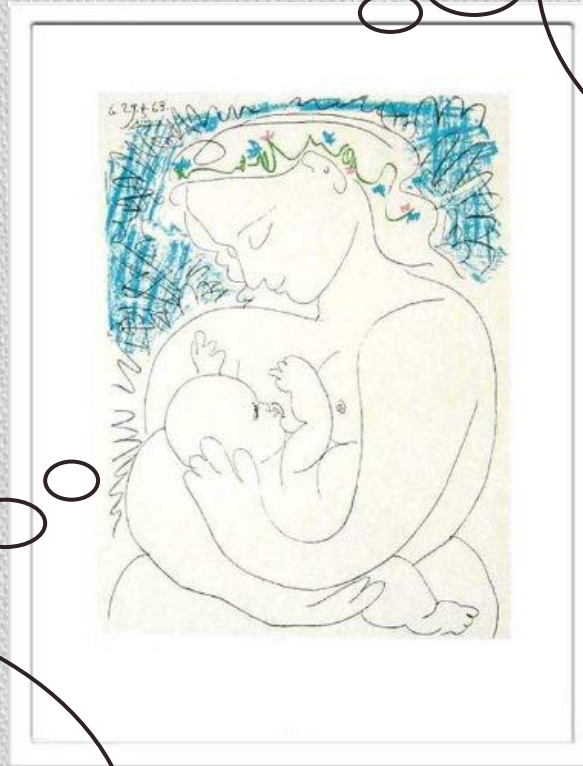


賢い子

X は優しいのよ.  
パパは Y なのよ.  
 $X = \{\text{パパ}, \text{ママ}\}$   
 $Y = \{\text{優しい}, \text{酒飲み}\}$



ママは優しいのよ。  
パパは優しいのよ。  
パパは酒飲みなのよ。

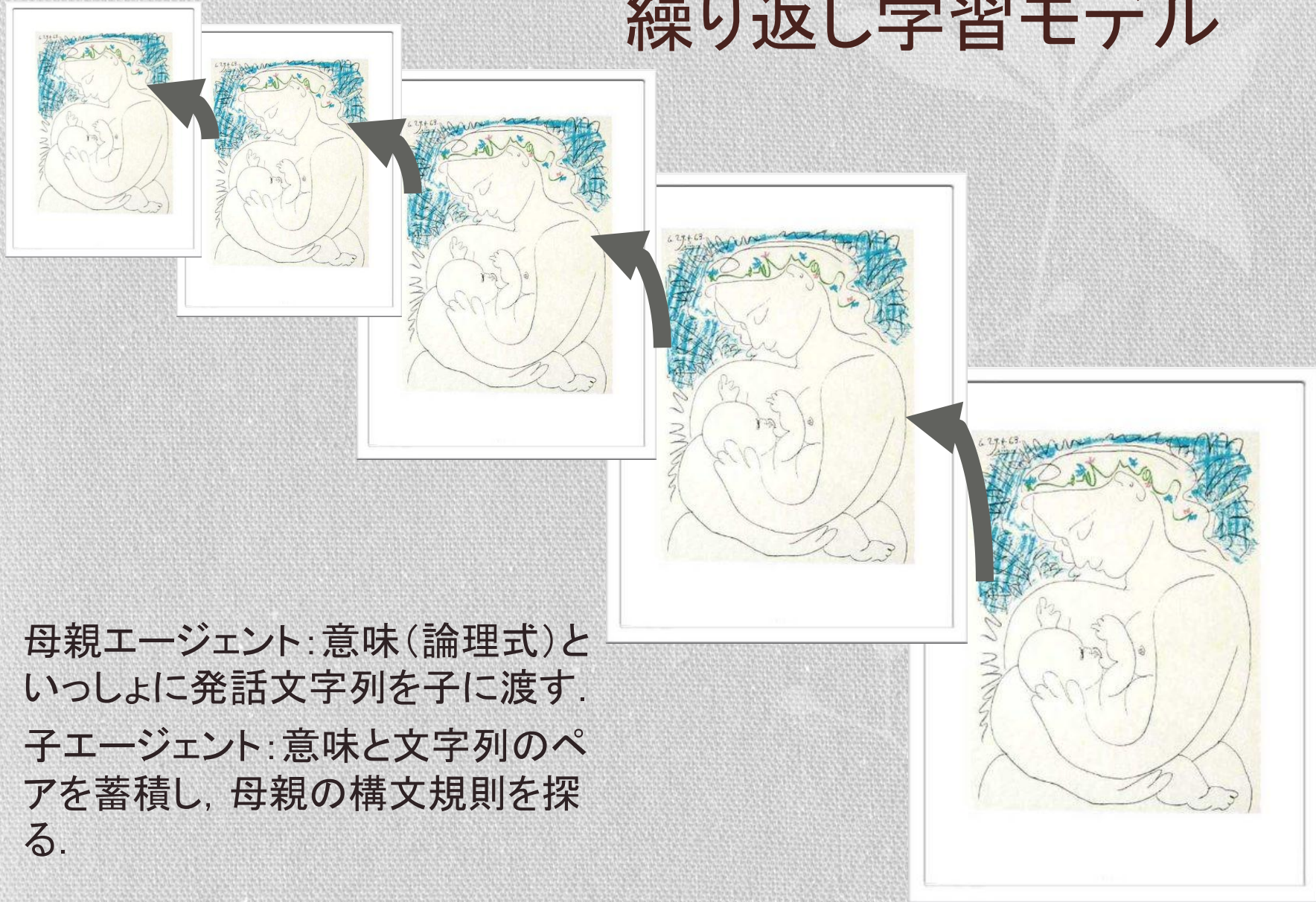


さもないと...

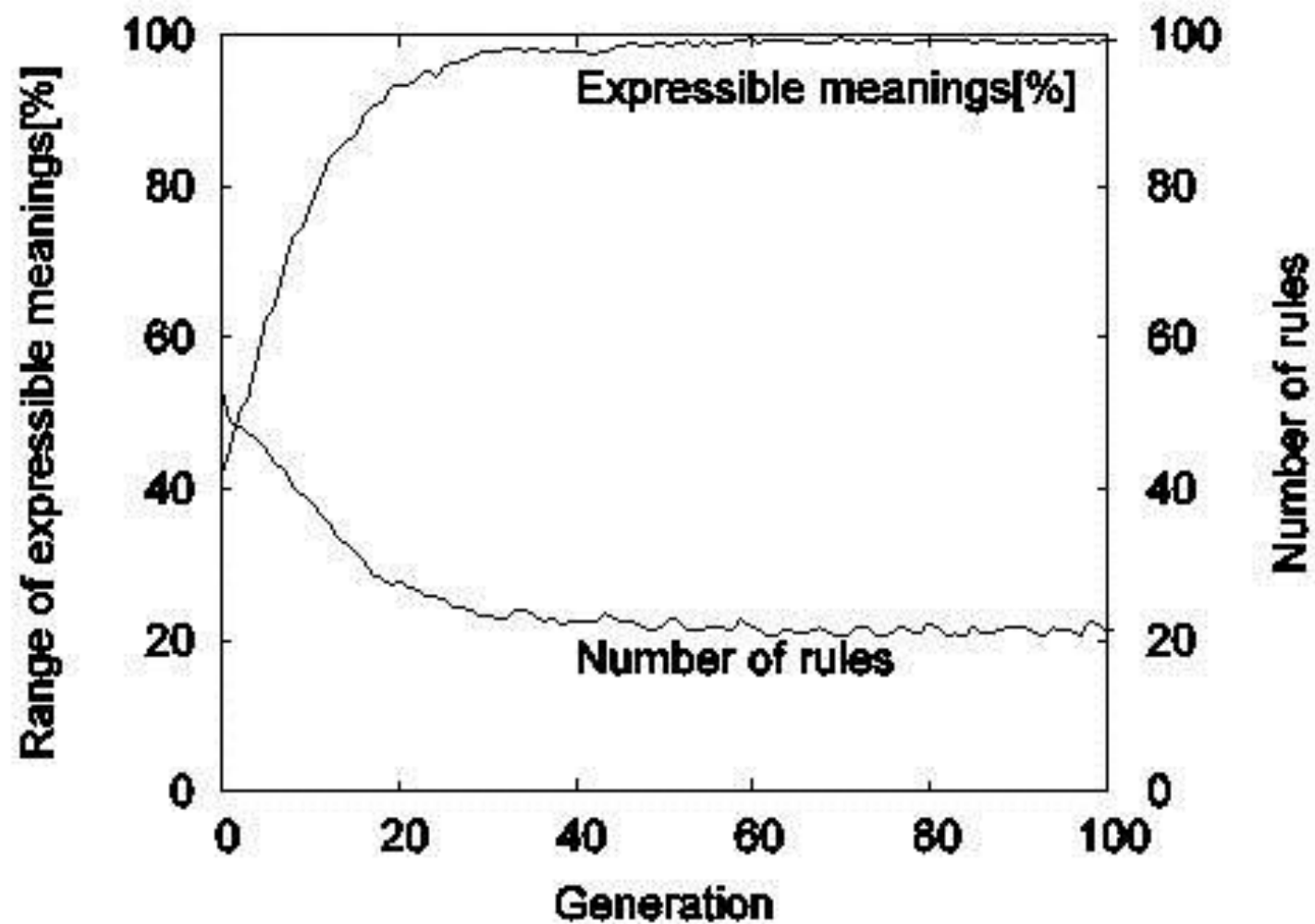
ママは優しいのよ。  
パパは酒飲みなのよ。



# 繰り返し学習モデル









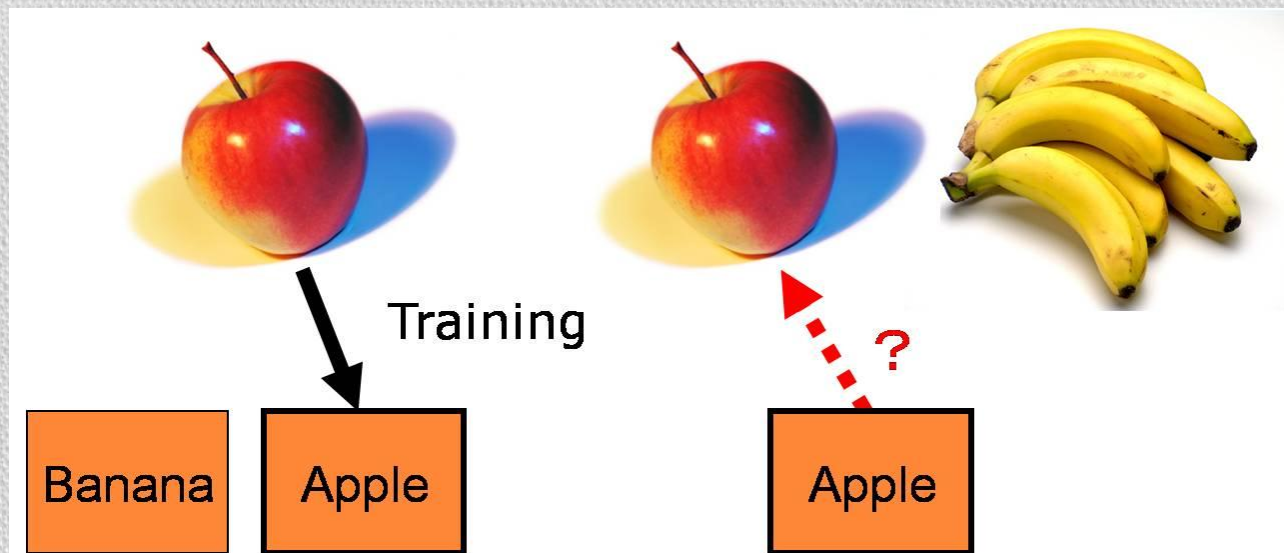
# Gavagai 問題

- 地元の人が下の絵を見て‘Gavagai’と言った. (W. V. Quine)

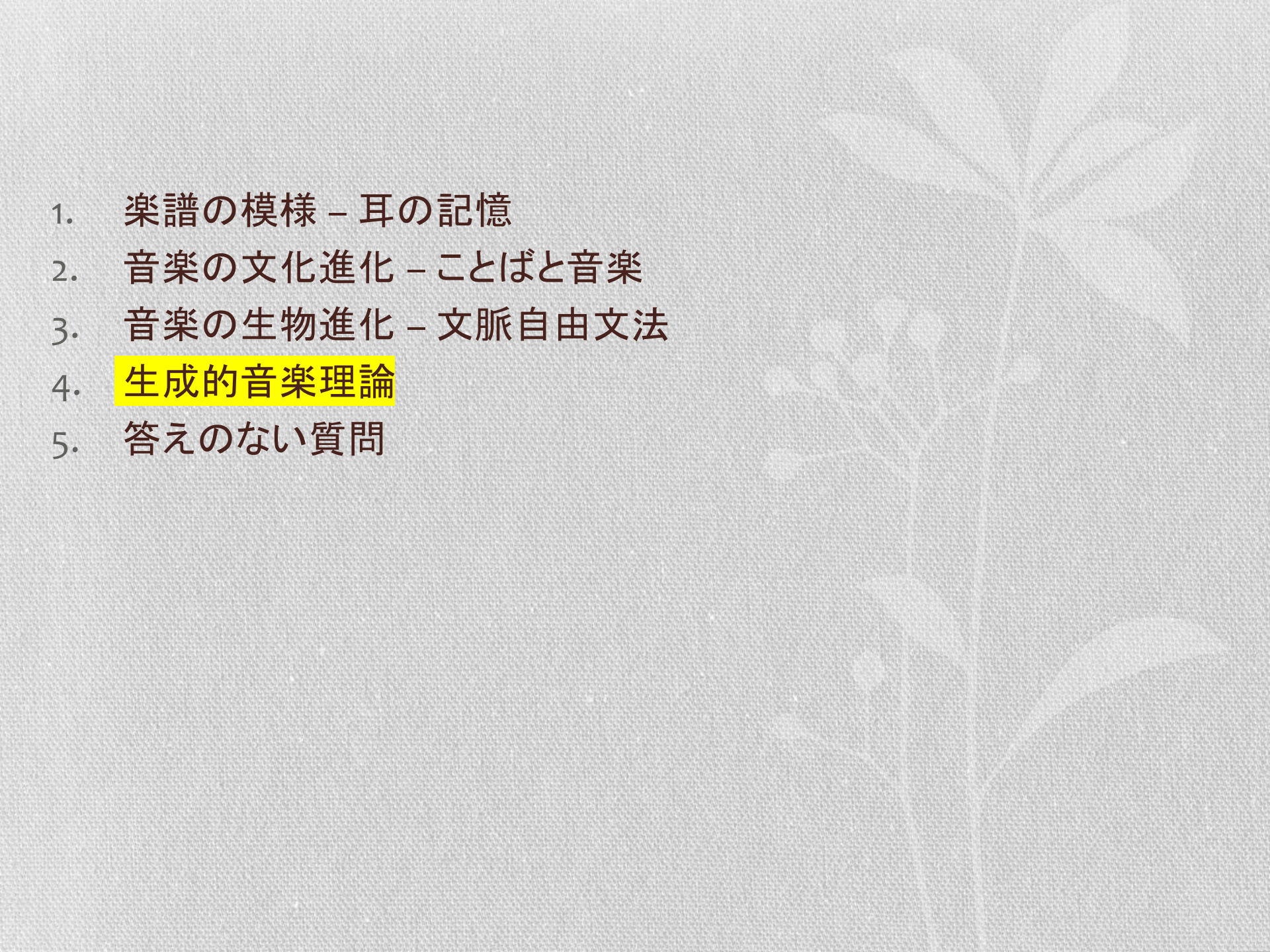


- ウサギ, 白, 跳ねている, 今晚のおかず... ?
- カンガルー(Kangaroo) ← Gangurru「私は知らない」
- 赤ちゃんは1才半までにすごく高速に語彙を得る. なぜ?



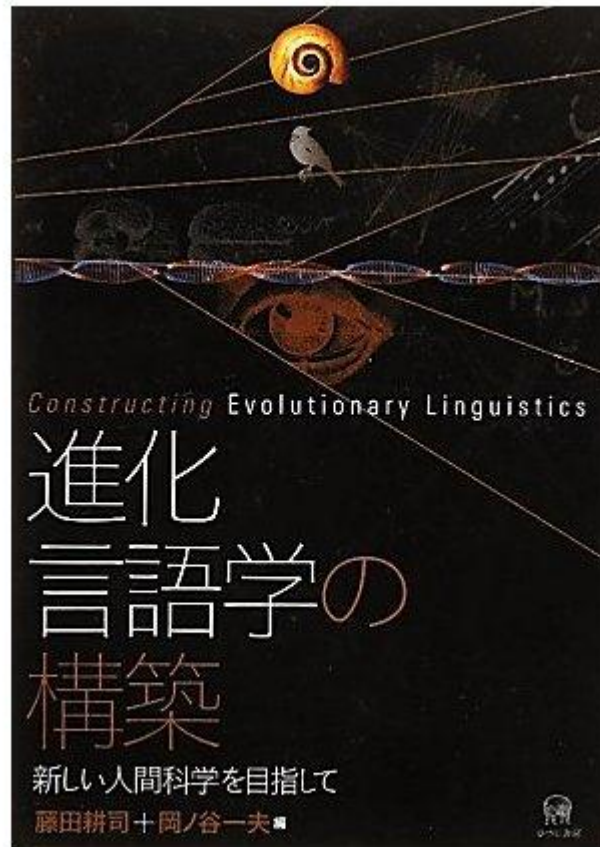




- 
1. 楽譜の模様 – 耳の記憶
  2. 音楽の文化進化 – ことばと音楽
  3. 音楽の生物進化 – 文脈自由文法
  4. 生成的音楽理論
  5. 答えのない質問



# われらの脳の言語認識システムが 生み出す音楽



拙著： pp.197--218



# 生成的音楽理論

- チョムスキー「生成文法」
- 有限数の規則から無限種類の文
- 品詞, 深層構造, 変形, セマンティクスなどは音楽にも共通である.
- 「木」の構造ができる.
- ハインリッヒ・シェンカー Ursatz (basic form)
- 生成論的音楽理論 GTTM (Lehrdahl and Jackendoff)



# グループの境界候補

- 音程の跳躍
- フォルテからピアノニッシモ
- スタッカートからレガート
- 音符の長さ



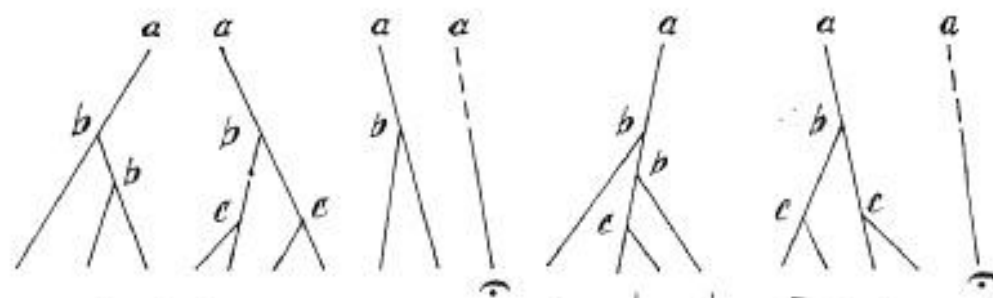
モーツァルト： 交響曲第40番ト短調 K.550



# グルーピング & リズムの解析







c

Exercise c is a musical score in G major (one sharp) and 4/4 time. It consists of a piano accompaniment and a vocal line. The piano part is written in a grand staff (treble and bass clefs) and features a steady eighth-note accompaniment in the right hand and a more complex bass line in the left hand. The vocal line is written in a single staff and features a melody that moves in steps, often in parallel motion with the piano accompaniment. The exercise is divided into two measures by a double bar line.

b

Exercise b is a musical score in G major (one sharp) and 4/4 time. It consists of a piano accompaniment and a vocal line. The piano part is written in a grand staff (treble and bass clefs) and features a steady eighth-note accompaniment in the right hand and a more complex bass line in the left hand. The vocal line is written in a single staff and features a melody that moves in steps, often in parallel motion with the piano accompaniment. The exercise is divided into two measures by a double bar line.

a

Exercise a is a musical score in G major (one sharp) and 4/4 time. It consists of a piano accompaniment and a vocal line. The piano part is written in a grand staff (treble and bass clefs) and features a steady eighth-note accompaniment in the right hand and a more complex bass line in the left hand. The vocal line is written in a single staff and features a melody that moves in steps, often in parallel motion with the piano accompaniment. The exercise is divided into two measures by a double bar line.





Level a -----

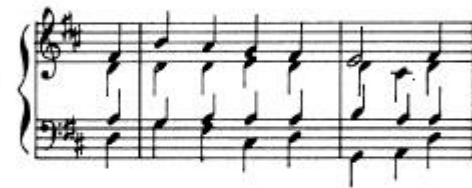
Level b -----

Level c -----

Level d -----



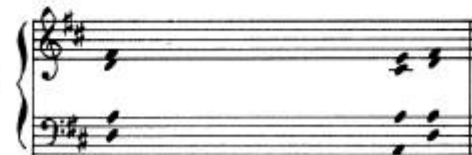
Level d



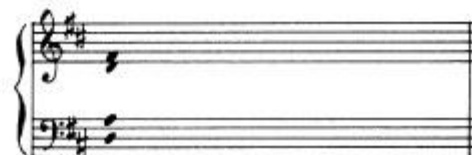
Level c



Level b



Level a





a

I —————→ V      I —————→ V - I

b

モーツァルト： ピアノソナタ第11番イ長調, K.331



# 半終止

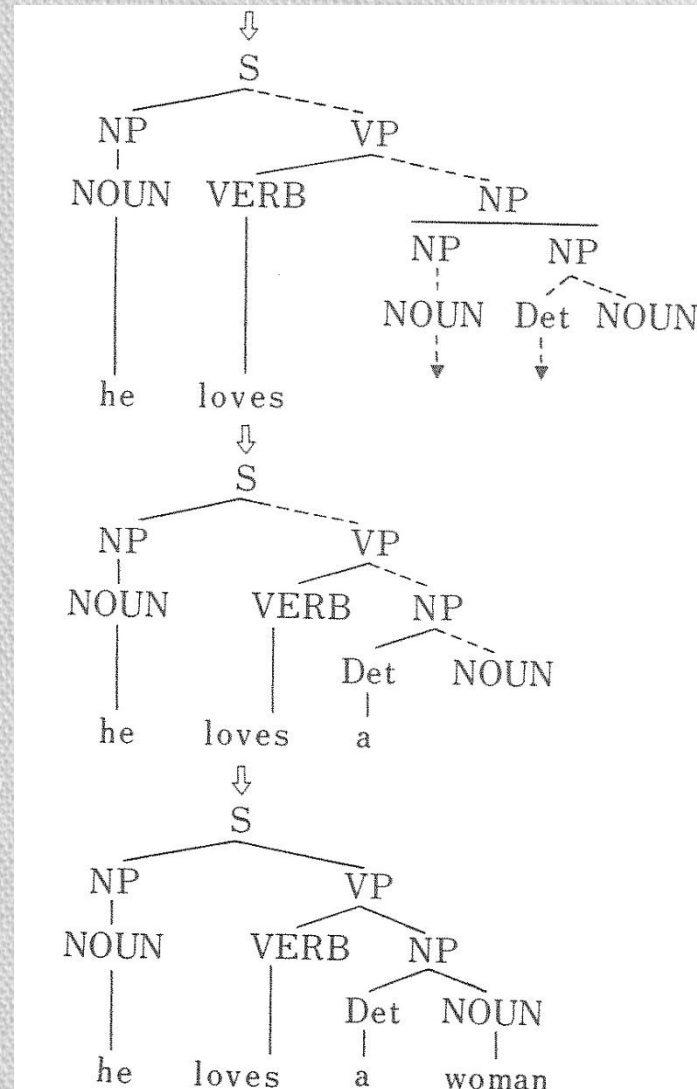
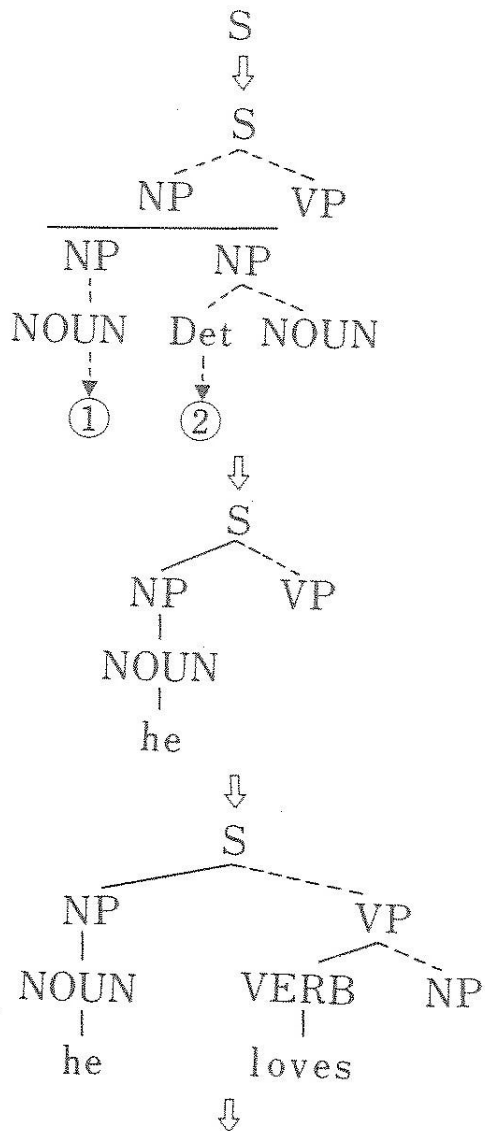
係り受け!

Diagram illustrating a half cadence (半終止) in a musical score. The score shows a sequence of chords: I (D major), V (A major), I (D major), V (A major), and I (D major). A red arrow points from the first I chord to the first V chord, with the text "係り受け!" (Kawari Uke!) above it, indicating a connection or relationship between the chords. The bass line is marked with Roman numerals I, V, I, V, I. The treble line has various melodic figures, including eighth and sixteenth notes, and rests. The final chord is a D major triad.

Diagram illustrating a half cadence (半終止) in a musical score. The score shows two staves, each with a Roman numeral I and a Roman numeral V. The staves are connected by a diagonal line, indicating a continuation of the musical phrase. The left staff shows a D major triad in the treble line and a bass line with a half note and a dotted half note. The right staff shows a D major triad in the treble line and a bass line with a half note and a dotted half note.



# 予測と裏切りのアルゴリズム





# ドミナント・モーション

- $G_7 \rightarrow C$
- 増四度(augmented fourth) 周波数  $64/45 \div \sqrt{2}$  (inversion も  $+4 =$  ちょうどオクターヴの中点)  $\Rightarrow$  長三度(major third)への解決
- $G_7$ を聞いてしまったらもう確実にCを期待する.
- $G_7 \rightarrow C_7 \rightarrow \dots$  (4度上による強進行)
- ドッペルドミナント(二次ドミナント)  $\Rightarrow$  カデンツの埋め込み
- II—V—I

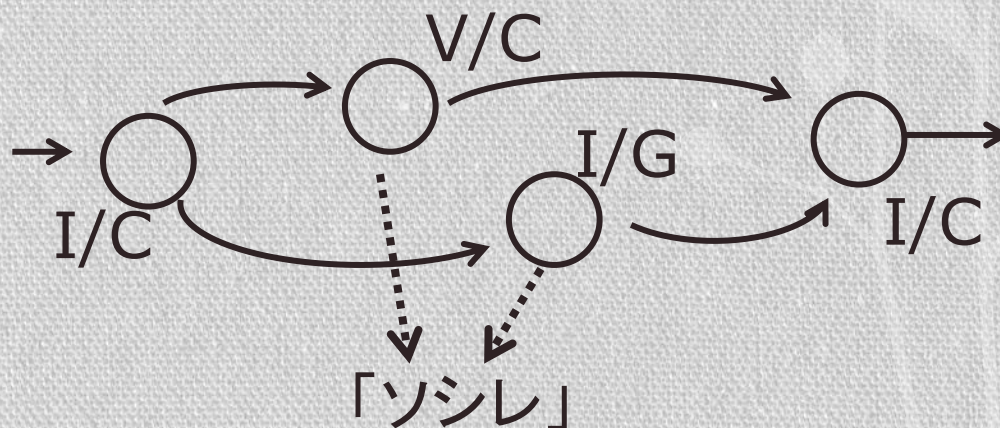


# 和声進行の認識

- 隠れマルコフモデル

「ソシレ」の音を聞いたとき、ハ長調のVの和音かト長調のIの和音かわからない。

- たくさんサンプルがあれば遷移確率を推定できる。
- 遷移確率がわかっていればどちらの内部状態(和音名)が尤度が高いかわかる。



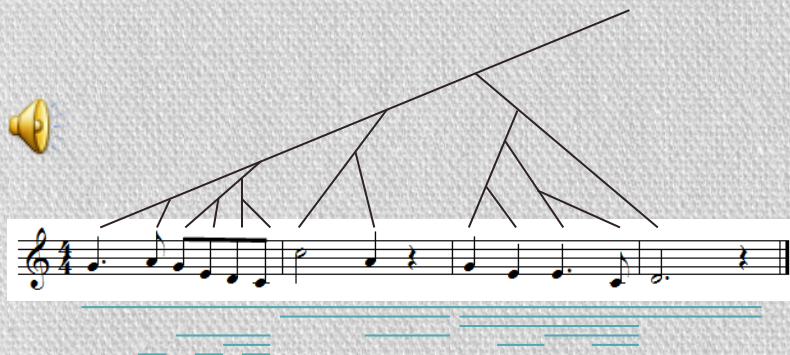


# 空耳アワー

- 「理解する」ということ＝自分の知っている何かに「似ている」ということ
  - 「早春賦」と「知床旅情」と「春へのあこがれ」(モーツァルト)
  - 早稲田の「紺碧の空」とシューベルト「グレート交響曲」冒頭のホルン
- 大まかな構造を把握できると客観的に「似てる」かどうか判断できるのではないか??

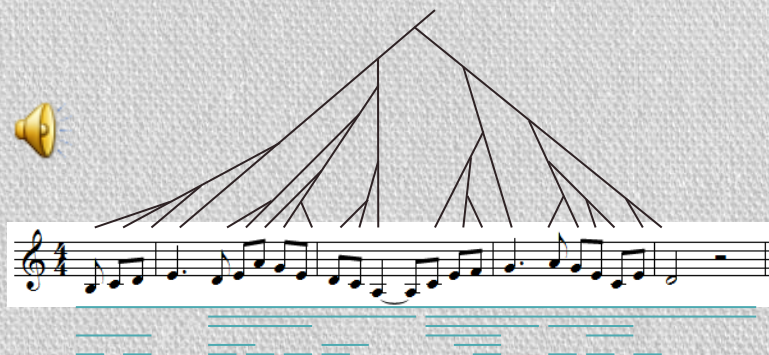


# 主人は冷たい土の中に



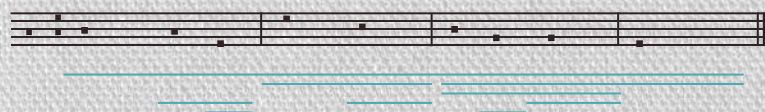
Musical notation for the song '主人は冷たい土の中に' (The Master is in the cold earth). The notation is in 4/4 time and features a treble clef. Above the staff is a tree diagram with a root node at the top left, branching out to the right and then down to the staff. A yellow bell icon is positioned to the left of the staff.

# ロンドンデリーの歌

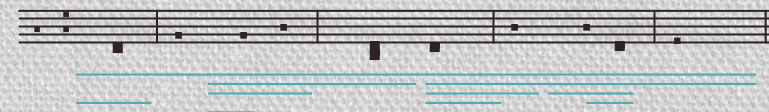


Musical notation for the song 'ロンドンデリーの歌' (The Song of Londonderry). The notation is in 4/4 time and features a treble clef. Above the staff is a tree diagram with a root node at the top left, branching out to the right and then down to the staff. A yellow bell icon is positioned to the left of the staff.

Level e




Musical notation for Level e of '主人は冷たい土の中に'. The notation is in 4/4 time and features a treble clef. It shows a sequence of notes on a staff, with a yellow bell icon to the left.

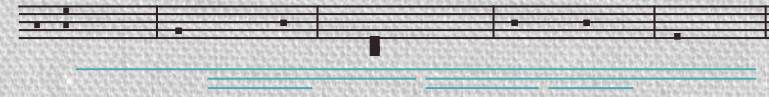


Musical notation for Level e of 'ロンドンデリーの歌'. The notation is in 4/4 time and features a treble clef. It shows a sequence of notes on a staff, with a yellow bell icon to the left.

Level d



Musical notation for Level d of '主人は冷たい土の中に'. The notation is in 4/4 time and features a treble clef. It shows a sequence of notes on a staff, with a yellow bell icon to the left.

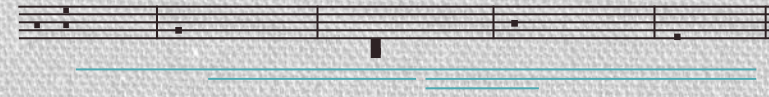


Musical notation for Level d of 'ロンドンデリーの歌'. The notation is in 4/4 time and features a treble clef. It shows a sequence of notes on a staff, with a yellow bell icon to the left.

Level c



Musical notation for Level c of '主人は冷たい土の中に'. The notation is in 4/4 time and features a treble clef. It shows a sequence of notes on a staff, with a yellow bell icon to the left.



Musical notation for Level c of 'ロンドンデリーの歌'. The notation is in 4/4 time and features a treble clef. It shows a sequence of notes on a staff, with a yellow bell icon to the left.

Level b



Musical notation for Level b of '主人は冷たい土の中に'. The notation is in 4/4 time and features a treble clef. It shows a sequence of notes on a staff, with a yellow bell icon to the left.



Musical notation for Level b of 'ロンドンデリーの歌'. The notation is in 4/4 time and features a treble clef. It shows a sequence of notes on a staff, with a yellow bell icon to the left.

Level a

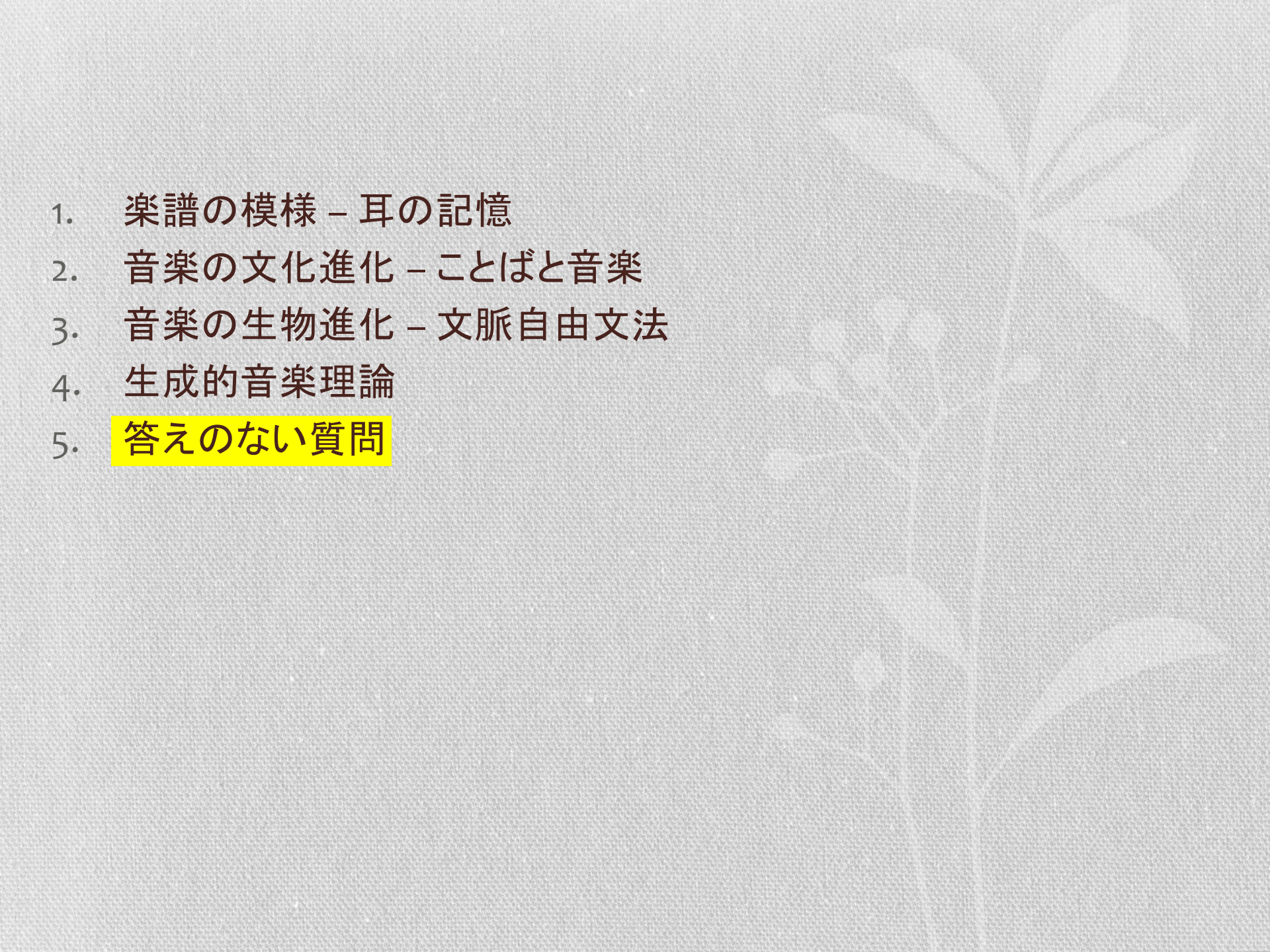


Musical notation for Level a of '主人は冷たい土の中に'. The notation is in 4/4 time and features a treble clef. It shows a sequence of notes on a staff, with a yellow bell icon to the left.



Musical notation for Level a of 'ロンドンデリーの歌'. The notation is in 4/4 time and features a treble clef. It shows a sequence of notes on a staff, with a yellow bell icon to the left.



- 
1. 楽譜の模様 – 耳の記憶
  2. 音楽の文化進化 – ことばと音楽
  3. 音楽の生物進化 – 文脈自由文法
  4. 生成的音楽理論
  5. 答えのない質問



# 音楽＝言語？



- 音符 = 音素
- 動機 = 形態素
- 楽句 = 語
- 楽節 = 節
- 楽章 = 文
- 作品 = 作品

Leonard Bernstein: Unanswered Question,  
ハーバード大での講演 1973

「音楽の起源も一元であり、その意味には普遍性がある。」