

子守唄の分析と楽曲データに基づく自動作曲プログラムの開発

陶山 洋[†] 久原 泰雄[†] 諸伏 雅代[†]

[†] 東京工芸大学芸術学部メディアアート表現学科

[‡] 株式会社マザー&チャイルド

本論文では母子間の非言語的コミュニケーションの一環として子守唄に注目した。子守唄は古くから歌い継がれてきており、母親と乳幼児間のコミュニケーションを確立する手段として有効であると思われる。そこで、一般的によく知られている日本と西洋の子守唄から、音符、音階、コード進行といった旋律を中心とする楽曲情報の音楽的特徴を分析し、乳幼児を癒す音楽的要素を探った。また得られた子守唄の音楽データに基づいて旋律を自動生成する子守唄自動作曲プログラムを開発した。現在、乳幼児を持つ母親に実際に自動生成した子守唄を使用してもらい、効果を検証中である。

The Analysis of Lullabies and Development of the Automatic Composition Software Based on the Musical Data

Hiroshi SUYAMA[†] Yasuo KUHARA[†] Masayo MOROFUSHI[†]

[†] Department of Media Art, Faculty of Arts, Tokyo Polytechnic University

[‡] Mother & Child, Inc.

This paper explored the possible role of lullabies for a help of the nonverbal communication between a mother and a child. Lullabies have been inherited to sing for a long time, and may be an effective method for establishing a communication between a mother and a baby. We analyzed a characteristic of music such as notes, scales and code progression from Japanese and European well-known lullabies and investigated elements of music to heal infants based upon its analysis. In addition, we developed the automatic composition software of a lullaby based upon the musical data of its analysis. Now, we are verifying the effects of our generating lullabies with the cooperation of mothers having a baby.

1. はじめに

近年、思春期児童の衝動的な暴力に関連する事件が増加しており、社会問題となっている。これら児童の問題は、言語を介したコミュニケーションスキルの問題のみならず、微妙な感情のニュアンスを伝え合う、言語を介さないコミュニケーションスキルにも問題があると考えられる。一方、言語を介さないコミュニケーションスキルは、言葉を使えない乳幼児期の母子間コミュニケーションで獲得されると考えられるが、乳幼児虐待に見られるように、現在の乳幼児期の母子間コミュニケーションはあまり円滑に行われているとは考えづらい。

また、乳幼児が幼児語を使用することが、知的能力の低さを反映すると考えられ、乳幼児に対し、大人に話す様な話し方 (adult-directed speech) を推奨する社会的傾向がある。しかし、乳幼児は、大人に話す様な話し方にはあまり関心を示さず、幼児語を使って乳幼児に向けて話す話し方 (infant-directed speech)、「マザリーズ (motherese)」に関心を示すことが知られている。乳幼児にとって、大人に話す様な話し方で話しかけてもそれは

ノイズに過ぎず、有効な情報として脳に伝えられないのである[1]。

音楽は言語と共通する規則もあるが、言葉が主に論理を伝え、音楽は主に感情を伝えるという違いがある。一方、ヒトは言語能力の獲得には時間を要し、ほぼ完成するまでに生後3年を要す。しかし音楽能力は、(1)4ヶ月齢で協和音と不協和音を区別できる、という実験結果や(2)胎児の時に頻回に聞いた音楽は出生後に憶えている、という実験結果からその発達は早い。以上のことから、乳幼児の情動発達は音楽が有効であることが容易に考えられる。そこで、筆者らは音楽を用いて、乳幼児期の母子間コミュニケーションを円滑にすることを考えた。

本論文では、母子間の非言語的コミュニケーション不足の解決策として、乳幼児を癒し、母親の母性を促す効果を持つ子守唄に注目し、その音楽的要素を分析した結果を報告する。また、分析して得られたデータに基づく子守唄の自動作曲プログラムを開発した。生成された楽曲を活用することにより、円滑な母子間の非言語的コミュニケーションの獲得を目指している。

表1 子守唄リスト

曲名	作者	国・地方	調性
こぼしこやまの	不詳	秋田	B♭
ねねこんこよーよ	不詳	秋田	G
ねんねこかんかこや	不詳	宮城	C
ほらねろほらねろ	不詳	福島	C
勤平さんは	不詳	茨城	Dm
金屋の子守唄	不詳	青森	Dm
五木の子守唄	不詳	熊本	Em
江戸の子守唄	不詳	東京	C
山形地方の子守唄	不詳	山形	C
小国郷の子守唄	不詳	熊本	G
諏訪沢の子守唄	不詳	青森	Am
赤湯地方の子守唄	不詳	山形	C
千松コ	不詳	岩手	Dm
大川平の子守唄	不詳	青森	Am
竹田の子守唄	不詳	京都	G
中国地方の子守唄	不詳	岡山	B♭
島原の子守唄	宮崎康平	長崎	Am
アイルランドの子守唄	シャノン	アイルランド	C
コサックの子守唄	不詳	ロシア	Em
シューベルトの子守唄	シューベルト	オーストリア	A♭
チロルの子守唄	不詳	ドイツ	F
フランスの子守唄	不詳	フランス	A♭
ブラームスの子守唄	ブラームス	ドイツ	E♭
ボルジア地方の子守唄	不詳	イタリア	C
モーツァルトの子守唄	フリース	オーストリア	G
おやすみぼうや	不詳	アメリカ	F
眠りの精	ブラームス	ドイツ	G
夜もすがら	不詳	ウェールズ	C
マリアの子守唄	レーガー	ドイツ	E♭
きらきら星	不詳	フランス	C
ルソーの子守唄	ルソー	フランス	F
タウベルトの子守唄	タウベルト	ドイツ	D
モッキンバード・ソング	不詳	アメリカ	G
ジャンボの子守唄	ドビュッシー	フランス	B♭
金色のねむり	不詳	イギリス	A♭
ロッカバイベイビー	不詳	イギリス	G

2. 子守唄データ

子守唄の音楽的特徴を調べる上で、楽譜データからの情報は有用である。過去にも楽譜データベースを用いた旋律分析に関する様々な研究[2]がなされている。本研究でも、楽譜における音符情報を楽曲の特徴を分析する方法として使用した。

子守唄のデータとして、日本子守唄協会の子守唄資料室[3]を参考とし、日本の全国で歌われている子守唄を17曲と、比較対象として主に西洋で歌われている子守唄19曲を分析対象とした(表1参照)。いずれも一般的によく知られている楽曲である。作者不詳の唄は各地で自然発生的に作られ口頭伝承で今日に至るのに対して、

表2 拍子とリズム

	拍子				音符種	
	2/4	3/4	4/4	6/8	単純	付点
日本	6曲	0曲	11曲	0曲	91.3%	8.7%
西洋	1曲	4曲	8曲	6曲	87.3%	12.6%

作者が分かっている唄は作曲技法を習得した音楽家によって作られたという違いがある。また子守唄は子供を寝かしつける「寝かせ歌」と遊ぶ時に使う「遊ばせ歌」という目的によって分類できる。例えば、ルソーの子守歌は「むすんでひらいて」という名称で有名な曲で遊ばせ歌に分類される。

3. 楽曲分析

育児の現場で子守唄は一人の歌い手によって無伴奏で歌われることが多いため、歌を構成する旋律と楽曲内のコード進行を分析対象とした。

3.1 拍子

拍子に関して、表2によると日本の子守唄ではすべて4拍子系であるのに対して、西洋では4拍子系と3拍子系が半々である。音符種に関しては付点音符よりも単純音符の割合が高いが、西洋の方がやや付点音符の割合が高い。シャッフル系のリズムより単純なリズムの曲の方が寝かせ歌に適していることを意味している。一方遊ばせ歌はシャッフル系のリズムが多い傾向にある。

3.2 テンポ

テンポの分布は表3の通りである。BPM値はおおむね安静時の母体の心拍BPM値(70~80)を中心として40~100と幅広く分布しており、ゆったりとしたテンポの曲が乳幼児に安らぎをもたらすといえる。

表3 日本の子守唄 BPM 分布(平均 75)

BPM	曲数	曲例(曲名は略称)
50	1	勤平さんは
56	1	五木
68	1	ほらねろほらねろ
72	3	金屋, 赤湯地方, こぼしこやまの
74	2	中国地方, 竹田,
76	2	ねねこんこよーよ, 千松コ
80	3	諏訪沢, 大川平, 島原
84	2	小国郷, ねんねこかんかこや
88	1	山形地方
100	1	江戸

西洋の子守唄 BPM 分布(平均 81)

BPM	曲数	曲例(曲名は略称)
40	1	シューベルト
54	1	ロッカバイベイビー
60	1	モーツァルト
68	1	タウベルト
75	1	アイルランド, ルソー
80	3	コサック, マリア, 金色のねむり
82	1	きらきら星
85	1	ボルジア地方
90	3	フランス, ブラームス, 眠りの精
92	1	ジャンボ
93	1	夜もすがら
100	1	おやすみぼうや
110	1	モッキンバード, ハイジ・ブンバイジ

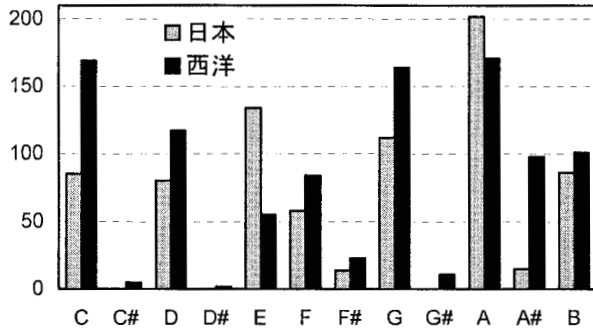


図1 子守唄における使用絶対音

3.3 使用音高

図1に旋律として使用されている絶対的な音高を集計した。日本、西洋とも、A が最も多く使われており、さらにG, C, D, Bといった音も多く使われている。A音とされている440Hzは、人間にとって最も心地よい周波数の音であるといわれているが、子守唄の再頻出の音であることは興味深い。また日本の子守唄は臨時記号のつく音がほとんど使われていないが、西洋では、臨時記号が比較的頻繁に使用されている。

3.4 音符の時間長とスケール

図2, 図3にスケールごとの音符の時間長の分布を示す。日本の子守唄は100ms~500msまでが全体の55%, 500ms~1000msが35%, 1000ms以上が12%であり、西洋の子守唄は100ms~500msが38%, 500ms~1000msが47%, 1000ms以上の音が14%である。日本、西洋とも300ms~500msの音の割合が一番高く、歌曲として歌いやすい時間長の音が多い。

また、時間長の分布に関して日本と西洋で特徴の差が見られる。日本の子守唄は短い音の割合が多いのに対して、西洋の子守唄は比較的、短い音から長い音まで幅広く分布している。

またスケールに関して、日本の子守唄はほとんどが1, 2, 3, 5, 6の音で構成されるペタントニックである。西洋の子守唄はそれ以外に4, 7の音も多く、さらに臨時記号も頻繁に用いられ多くの音で旋律が構成されている。これは作曲者の有無の影響があると考えられる。

3.5 コード進行・終止系

楽曲の流れのパターンとしてコード進行と終止形を分析対象とした。ただしコード進行はトニック(T), ドミナント(D), サブドミナント(S)の3種類で構成されるように単純化した。子守唄ではコードの変化がなく、同じコードが何小

表4 曲の終止形

	全終止	変格終止	半終止	偽終止
日本	1	5	4	7
西洋	16	1	2	0

節も続く曲も多い。すなわち、ドミナントモーションで曲が進行するのではなく、教会旋法やモードジャズのように特定のスケール上で旋律が流れるように進行する楽曲も数多く存在する。

さらに、日本の子守唄では「あーしたてんきになーれ」のように2音だけで旋律が構成されている楽曲も存在するが、旋律的な要素が欠けるため、最低3種の音で旋律が構成されている楽曲を対象とした。

表4には曲の終止形の統計を示した。西洋の子守唄は、通常トニックから始まってトニックで終わる完全終止形は全終止になっている曲が多い。一方、日本の子守唄は全終止の曲が少なく、半終止や偽終止といった不完全終止形が多い。

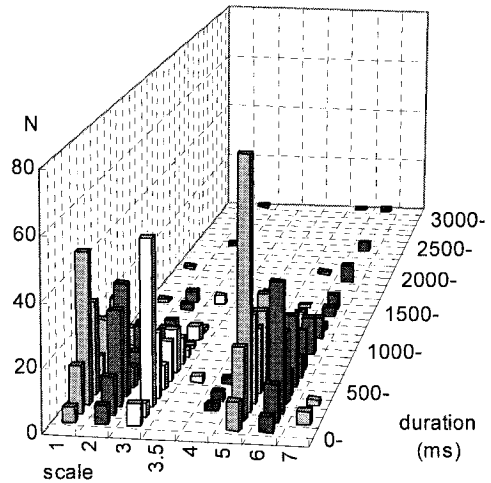


図2 日本の子守唄音符データ

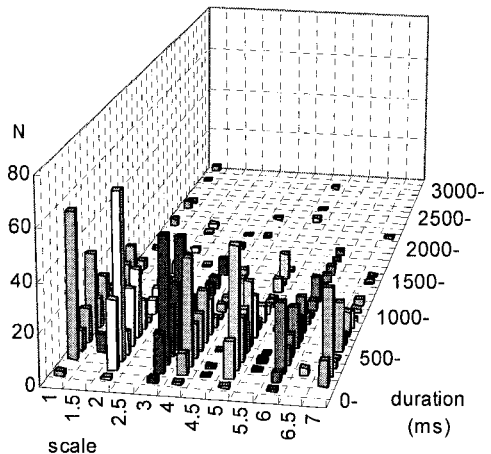


図3 西洋の子守唄音符データ

表 5 日本の子守唄のカデンツ

1	2	3	4	頻度
T	T	T	T	8
T	T	T	D	1
T	T	S	D	1
T	S	T	T	3
T	D	T	T	1
T	D	S	S	1
S	T	T	T	1
S	S	T	T	1
S	S	D	D	1
D	D	D	D	1

そもそも子守歌とは、乳幼児が眠るまで歌い続ける必要があるため、全終止のようなはっきりとした終止感をとらず、半終止で繰り返し歌い続ける形が多いと思われる。

日本の子守歌では変格終止が使われている曲も多い。変格終止はトニックで終わる完全終止形の一つだが、全終止よりは落ち着いたやわらかい印象を与えるため、子守歌としての繋がりや落ち着きを得ることができる。

こうした日本の子守唄の特性をふまえて表 5 に日本の子守唄で使用されているコード進行のカデンツを一覧した。カデンツとしては 4 つのコード進行を 1 単位とみなしてパターン化した。全体としてトニック(T)の比率が高く、コード変化のないモーダルな楽曲が多い。またドミナントだけで構成される継続感のある進行パターンも存在する。

表 6 連続する音符列の音程変化(1=半音):日本の子守唄上位 10 パターン

2 音列			3 音列				4 音列					5 音列					
ii	数	%	ii	iii	数	%	ii	iii	iv	数	%	ii	iii	iv	v	数	%
0	189	21	0	0	41	4.9	2	-2	2	14	1.7	0	0	0	0	8	1.0
2	128	15	-2	2	35	4.2	0	0	0	12	1.6	1	-1	-4	4	7	0.9
-2	116	13	2	-2	35	4.2	1	-1	-4	12	1.5	-4	0	4	0	6	0.7
-3	67	8	0	2	32	3.8	-2	-3	3	11	1.3	-2	-3	3	2	6	0.7
3	64	7	4	0	29	3.5	-4	4	0	10	1.2	-1	-4	4	0	6	0.7
5	60	7	1	-1	28	3.4	-1	-4	4	10	1.2	0	1	-1	-4	6	0.7
4	52	6	-2	-3	24	2.9	0	1	-1	10	1.2	3	5	-3	-2	6	0.7
1	49	6	0	1	22	2.6	0	2	-2	10	1.2	4	0	1	-1	6	0.7
-1	44	5	-4	4	19	2.3	3	5	-3	10	1.2	5	-3	-2	2	6	0.7
-4	40	5	-3	-2	17	2.0	4	0	0	10	1.2	-5	-4	0	4	5	0.6

表 5 連続する音符列の音程変化(1=半音):西洋の子守唄上位 10 パターン

2 音列			3 音列				4 音列					5 音列					
ii	数	%	ii	iii	数	%	ii	iii	iv	数	%	ii	iii	iv	v	数	%
-2	132	21	-2	-2	66	6.1	2	-2	-2	22	2.1	-2	-2	2	2	13	1.2
2	111	17	0	-2	54	5.0	-2	-2	2	20	1.9	-2	-2	0	2	9	0.9
0	100	16	0	0	52	4.8	0	-2	-2	19	1.8	0	2	-2	-2	9	0.9
-1	55	9	-2	0	42	3.9	-2	-2	0	17	1.6	2	2	-2	-2	9	0.9
1	54	8	2	-2	41	3.8	0	0	0	17	1.6	0	-2	-2	2	8	0.8
3	33	5	2	2	37	3.4	-2	2	2	15	1.4	0	-2	-2	0	7	0.7
-3	33	5	-2	2	36	3.4	2	2	-2	14	1.3	0	0	0	-1	7	0.7
5	26	4	0	2	35	3.3	0	2	-2	13	1.2	-5	2	1	-1	6	0.6
4	18	3	2	1	26	2.4	1	-1	-2	13	1.2	-2	0	2	0	6	0.6
-5	16	3	-1	-2	25	2.3	-2	0	2	11	1.0	-2	2	2	-4	6	0.6

3.6 音符列音程変化

子守唄においては、コード進行以上に、旋律内のピッチ変化が重要であるため、半音を1として次の音までの音程変化を調べ、子守唄の音程の流れを調べた。旋律内の任意の音符のピッチを基準とした次の音符との音程変化を整数値で示すことにより、2 連続音符間、3 連続音符間、4 連続音符間、5 連続音符間と特定の長さの音符列における音程変化を表 6 に示した。

日本の子守歌では、0 音の音程変化が一番多く、その次に±2, 3 音の変化と、おおよそピラミッド型になり、音の上下もほぼ同じぐらいの割合になっている。音程変化が少ない、つまり同じ音が続くことが多いため、基準の音を中心に、振幅の小さな音程変化で曲が進行しており、安定感があるといえる。なお、±1 音の音程変化が少ないのは、半音の上げ下げが少ないということを示している。

一方、西洋の子守歌も、0 音の音程変化が多く、1 音の音程変化が少ない点は日本と同じだが、それ以外に±2 音の音程変化が多い。中でも西洋の子守歌は-2 音の音程変化が一番多く、全体的に-(マイナス)の音程変化の方が多いという特徴がある。

日本の子守唄はどの連続音符の場合でも0音の音程変化が上位に現れている。これは同じ音が続く旋律が多いことを意味しており、この点は日本の子守唄の特徴と考えられる。その他の上位パターンとして、3音、4音の旋律では(-2, 2)や(2, -2)などの音程変化が多いが、5音旋律になるとその限りではない。これは日本の子守唄において2音の音程変化だけで進む旋律パターンは、それほど長くは続かないということの意味している。

西洋の子守唄は、日本の子守唄とは違い、0音のみの旋律パターンはそれほど多くはない。一方、2音の音程変化はどの長さの音符列でも一番多い。4音の音程変化は日本の子守唄では所々で見かけるが、西洋の子守唄では少ない。大きな旋律変化は日本の子守唄のほうが多く見られる。日本と西洋の子守唄で、共通する旋律パターンは3音で4パターン、4音で2パターン、5音では0と少なく、日本と西洋で差が出る結果となった。

3.7 小節内の音符パターン

1小節内における音符の長さの組み合わせは旋律のリズム感に影響を与える。表7に類出する1小節内のリズムパターンを示した。日本西洋とも単純なリズムパターンが多いが、日本の場合、4拍子系が多く、西洋の場合、3拍子系が多いという結果になった。

4. 自動作曲プログラム

以上の分析結果を踏まえ、母子間の非言語的コミュニケーションの支援を目的とした子守唄の自動作曲プログラムを開発した。

本システムは子守唄という限定された分野の曲を生成する自動作曲プログラムであるため、子守唄の特徴を出すことが重要な要素となってくる。本報告の分析結果で

表7 小節内におけるリズム上位10パターン

日本の子守唄		西洋の子守唄	
パターン	頻度	パターン	頻度
8, 8, 8, 8	61	4, 4	33
4, 8, 8	47	2, 4	23
4, 4	34	4, 8, 4, 8	18
2	26	4, 4, 4	15
4, 4, 4, 4	22	2	11
2.7, r8	21	2.7, 2.7	11
r8, 8, 8, 8	18	8, 8, 8, 8, 8, 8	10
1.3, r4	13	4, 5.3, 16	10
4, r4	12	2.7, 8, 4, 4	10
4, 8, 8, 4, 8, 8	11	2, 8, 8	9

注) 2分音符=2
4分音符=4
8分音符=8
16分音符=16

付点2分音符=1.3
付点4分音符=2.7
付点8分音符=5.3
休符は冒頭にrを添える

得られた特徴的な旋律の要素を基本として、日本の子守唄的な旋律を生成するアルゴリズムを作成した。なお開発にはMax/MSPを使用した(図4参照)。

4.1 処理フロー

現時点で本システムは、タイプAとタイプBの2種類の旋律を生成するアルゴリズムを持っている。

4.1.1 タイプA (ノン・ビート型)

図2や表6などで得られた子守唄の旋律の統計データに基づいて、音符列を生成する。拍子感を持たず単音の旋律が流れるように奏でられる中世のグレゴリオ聖歌に似ている。

- 1) 複数の楽曲の旋律を統計データとして収集する。旋律のデータとして、連続する旋律の音符列の音程変化と時間長を含める。
- 2) 音符列の長さとして、2以上5以下の整数nをランダムに発生させる。
- 3) 図2, 表6など統計データによる頻度に応じた確率でn個の音程変化と音符の長さを発生させる。
- 4) ピッチとデュレーションを持つ音符列をMIDI音源(またはサンプリングデータ)にて演奏する。
- 5) 2)に戻る。

以上の処理を適当な時間繰り返して、単音の旋律を発生させる。

4.1.2 タイプB (ビート型)

小節というまとまった時間の単位を重視し、拍子に乗った旋律を生成する。タイプAで使用した旋律データに加えて、表7で得られた音符の長さの組み合わせパターンの出現頻度を使用して、拍子感のある単音の旋律を生成する。

- 1) 複数の楽曲の旋律を統計データとして収集する。旋律のデータとして、連続する旋律の音符列の音程変化と時間長、1小節内における音符長の組み合わせパターンを含める。
- 2) 表7の音符長パターンのデータによる頻度に応じた確率で、1小節分の音符列の長さの組み合わせを発生させる。
- 3) 発生させた音符の数に応じて、音程変化を表7の統計データによる頻度に応じた確率で音程変化を発生させる。
- 4) ピッチとデュレーションを持つ音符列をMIDI音源(またはサンプリングデータ)にて演奏する。
- 5) 2)に戻る。

以上の処理を適当な時間繰り返して、単音の旋律を発生させる。

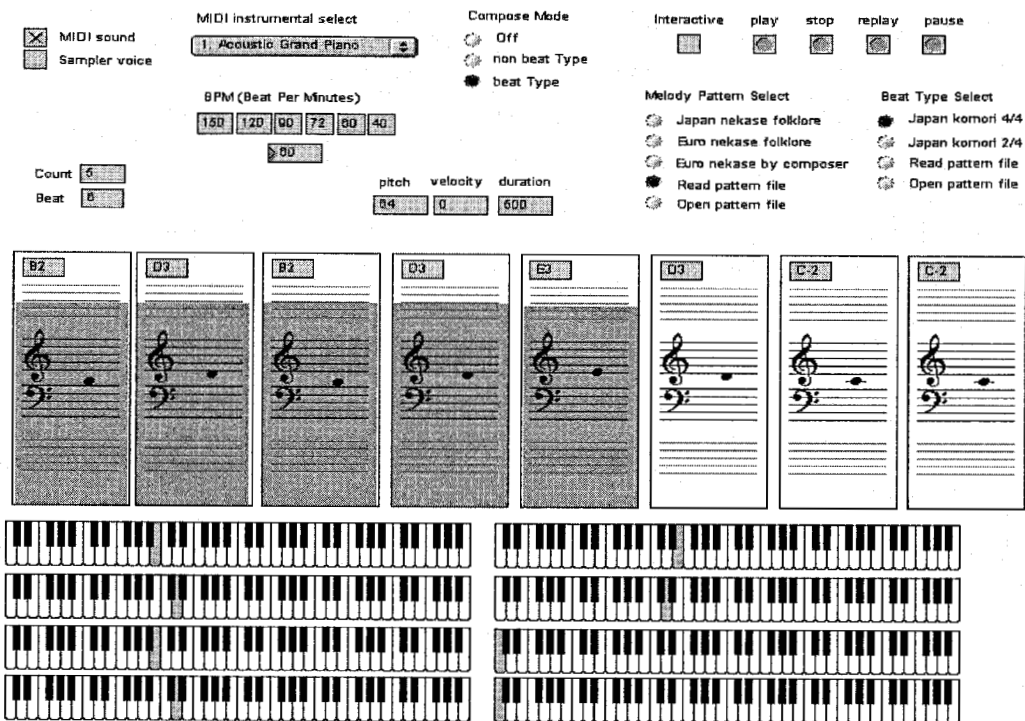


図 4 自動作曲プログラムの Max/MSP ユーザインタフェース

今回は子守唄の SMF から統計データを作成しているが、童謡またはポップスといった他ジャンルの楽曲の SMF を用意し、その統計データをシステムに読み込ませることで、そのジャンルの特徴を持つ旋律を自動作曲で生成することも可能である。

4.2 システムの機能

旋律データ: 楽曲の旋律の SMF を用いて数値化したテキストファイルをシステムに読み込ませている。ジャンルごとに楽曲の SMF を処理してテキストファイルを作成しシステムに読み込ませれば、そのジャンルの特徴を持つ旋律を生成する。

旋律の演奏: 生成された旋律を MIDI 音源とオーディオファイルの 2 種の方法で演奏できる。MIDI 音源の場合、プログラムチェンジで楽器を選択できる。オーディオファイルの場合、あらかじめ女性の特定の声「woo」などが必要なピッチ分をサンプリングして演奏することができる。

テンポチェンジ: 生成された旋律を演奏する際の BPM 値をリアルタイムに変更可能である。

旋律生成アルゴリズムの選択: タイプ A とタイプ B の生成アルゴリズムを選択可能である。

対話型旋律選択: 旋律が生成されるたびに、ユーザの好き嫌いに応じて、旋律を採用するかどうかを対話的に選択することができる。

5. 評価と展望

子守唄を音楽的に分析し、旋律の構成、スケール、コード進行などの子守唄の特徴を見出すことができた。また統計データから単音の旋律を発生させるプログラムを開発し、子守唄の特徴を持つ旋律を生成することができた。現在、乳幼児の母親の協力を得て、本プログラムで生成した旋律を現場で試行しているが、母親の評価はおおむね良好である。特に、他にはない自分だけの子守唄を生成できる点が好評である。今後、楽曲データをさらに増やして、子守唄の分析を進め、より多くの統計データを反映させ、さらに旋律生成アルゴリズムを改善したシステムに拡張する予定である。

参考文献

- 1) 篠原一之, “赤ちゃんは何を伝えようとしている?”, ソフトバンククリエイティブ, 2006
- 2) 三家本祥平, 井出綾香, 出口幸子” 楽譜データベースを用いた日本ポピュラー音楽の旋律分析”, 情報処理学会研究報告 2006-MUS-65, pp19-24
- 3) NPO 法人日本子守唄協会 <http://www.komorjuta.jp/>