

作曲過程のモデル化と 作曲支援インタラクティブシステムの提案

中川 渉[†] 蔵川 圭[†] 中小路 久美代^{†‡§}
e-mail: {wataru-n, kurakawa, kumiyo}@is.aist-nara.ac.jp

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
[‡] (株) SRA ソフトウェア工学研究所
[§] 科学技術振興事業団 TOREST

あらまし 本論では、作曲過程の支援を目的として、作曲過程における中間的産物の外在化の役割に着目した作曲過程のモデルと、それに基づき構築したインタラクティブシステム CAPADY (Composition Assistance by Producing Agogics and Dynamics) について論じる。作曲過程において生成される中間的産物を計算機を用いた演奏シミュレーションという形式で外在化することにより、作曲者の内省が進み作曲過程が進行する。CAPADY は、そのような作曲者の内省を支援するために、他パートの実演奏を基に演奏データを自動的に調整し演奏シミュレーションにおける演奏データの表情付けをおこなう。

キーワード ヒューマンコンピュータインタラクション, 音楽情報処理, 作曲支援, 表情付け

CAPADY: An Interactive System based on a Cognitive Model of Musical Composition

Wataru Nakagawa[†] Kei Kurakawa[†] Kumiyo Nakakoji^{†‡§}

[†] Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology
[‡] Software Engineering Laboratory, Software Research Associates, Inc.
[§] TOREST, Japan Science and Technology Corporation

Abstract The goal of this research is to support the cognitive process of musical composition by focusing on the role of externalizations. We use computer systems as a means to externalize intermediate understanding of what the composition should be. CAPADY (Composition Assistance by Producing Agogics and Dynamics) automatically produces agogic and dynamic accents for a partially written musical notation for an instrument (e.g. drum) by extracting expressive features from actual music performance using another instrument (e.g. piano).

key word human computer interaction, music data processing, composition support, expressive feature production

1 はじめに

人間が知的創造作業を行う際に、計算機によって実現された支援システムを利用することが増えつつある。本研究では応用問題領域の一つとして音楽を取り上げ、音楽における代表的な知的創造作業である作曲を、計算機を用いて支援する場合について考察する。

作曲という概念自体を包括的に定義するのは大変難しい [2]。例えば、共同体における歌の伝承などは長年にわたって伝承されるうちに現在の歌の形が成立したという意味で非常に長い時間をかけた作曲であると捉えることも可能であるし、いわゆる即興演奏のように、その都度新たに創り出しているような演奏もリアルタイムで行われる作曲であると捉えることができる。

それに比して本研究の支援の対象とする作曲は、比較的狭義の作曲である。本研究での「作曲過程」とは、何度も推敲を繰り返しながら最終的には固定した産物を客観的な対象として表現するという数時間程度の過程を指す。ただし、主旋律のみを作成する過程を指すのではなく、すべてのパートについての作成過程を本研究での「作曲過程」とする。

近年、作曲過程の中で計算機による演奏シミュレーションを利用することが多くなりつつある。計算機に音楽演奏データを入力することにより、実際に演奏しない楽器を含む複数の楽器により構成された音を作成することが可能である。この演奏シミュレーションには主に二つの利用目的がある。

目的の一つは伝達である。完了した作曲過程の最終的産物を音として表現する際に演奏シミュレーションを利用する。もう一つの目的は内省である。ここで言う内省とは自分の行為について考察し、次の行為の指針を立てることである。作曲作業の途中で中間的産物について考察し、その後の作曲作業の指針を立てる際に演奏シミュレーションを利用する。

本研究では後者の演奏シミュレーションの内省のための利用に着目する。ただし、共同作曲者

間で理解を共有するために作曲作業の途中で中間的産物を音として表現する場合のように、伝達と内省のどちらか一方の目的のためだけに演奏シミュレーションを利用するとは言えない場合も含めるものとする。

次章では、作曲過程に関する既存の研究について述べ、それを基に作曲過程において中間的産物を客観的な対象として表現する外在化過程と外在化した対象からのフィードバックの重要性に着目したモデルを提案する。3章では提案モデルに基づき作曲過程を支援する表情付けに着目したアプローチについて述べる。4章では構築中の作曲支援インタラクティブシステム CAPADY (a Composition Assistance by Producing Agogics and Dynamics) について述べる。5章で考察を行い、6章で本論文を結ぶ。

2 作曲過程モデル

創造性に関する一般的な関心の高まりに比して、作曲過程そのものを対象とした研究はほとんど行われていない ([1] Preface to the 1999 reprinting)。本章では、数少ない研究例の中から Sloboda [1] の研究と田中 [2] の研究について概観する。そして作曲過程における外在化過程の重要性、および外在化した対象からのフィードバックの重要性に着目した作曲過程モデルを提案する。

2.1 先行研究

Sloboda は著名な作曲家が残したスケッチなどの手書き楽譜および作曲過程について書き記した文章をもとに作曲過程について検討を行い、作曲過程に関するダイアグラムを作成している (図 1)。

Sloboda が特に主張しているのは次の点である。

- 作曲過程においては **Inspiration** と **Execution** の二つのステージあること
- 作品に対するプランに基づいて作曲が行われ、プラン自体にも随時変更が加えら

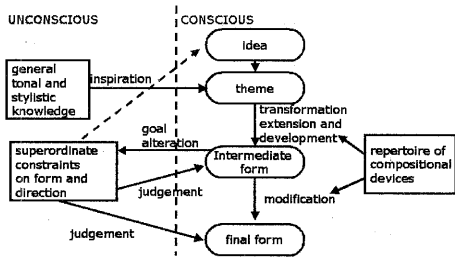


図 1: Sloboda の作曲過程ダイアグラム ([1] pp.118 より)

れてゆくこと

- 作曲過程には解候補の生成と評価の過程が含まれること
- 解候補の生成は作曲手法に関するレパートリを利用しながら行われること

ここで言うレパートリとは、作曲者の長期記憶に蓄えられた作曲手法に関する様々な知識のことである。

田中は Finke らが創造的な知的活動の一般的なモデルとして提案した Geneplore モデル (図 2) の作曲過程への適用について言及している [2].

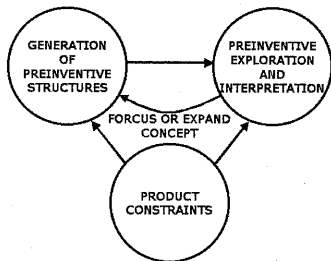


図 2: Geneplore モデル ([2] pp.58 より)

Geneplore モデルは主に生成過程 (generation) と探索過程 (exploration), および生産物に対する制約条件 (constraints) から構成される。生成過程では制約条件に基づいて発明先行構造 (preinventive structure) と呼ばれる中間的な産

物を創り出し、探索過程では発明先行構造の最終的な目的に対する適合性などを検討する。検討の結果不適切であればその発明先行構造は廃棄され生成過程で新たに発明先行構造を生成したり、別の生成の可能性を探索するため、生成に必要な制約を緩和したりする。

2.2 提案モデル

上述の二つのモデルに共通する作曲過程の特徴は、

- 作曲過程はある種の制約条件 (Sloboda ではプランとレパートリ) を基に繰り返し解候補を生成すること
- それを評価すること
- 制約条件自体が随時変更されること

である。

いずれも、作曲は一般的な問題解決のように divide-and-conquer すなわち最適解が存在しそれを導き出すためにトップダウンに思考しサブ問題に分割する、という過程で行われるのではなく、むしろデザインに近いとしている。

提案モデルを図 3 に示す。本研究では、作曲は楽曲という人工物を作るデザインタスクの一種であると考え、デザインの代表的な例である建築物のデザインに関する知見を参考に作曲過程のモデル化を試みた。

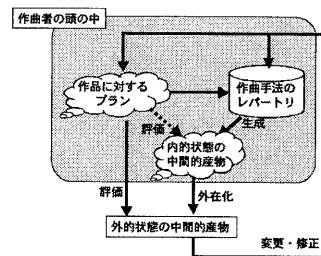


図 3: 提案する作曲過程モデル

建築物のデザイン過程においては “Drawing,” すなわち実際に紙の上に描くことの重要性 [10]

が指摘されている。デザイン過程においては実際に描くという作業を通して要求や制約などを漸次的に見出ししていく。Schönはデザインを行う際の“Backtalk of the Situation”の重要性について論じ[9]、デザイナーは常にデザイン作業途中の成果物やそのコンテキストからのフィードバックを考慮しながらデザインを進めていくとしている。“Drawing”という客観的な対象を考えを表現する作業と、その対象からのフィードバックによって、問題の理解と解をどのように構築してゆくべきかの理解とが少しずつ進む。

そこで本研究では、作曲過程における中間的産物の外在化過程の重要性に着目した。中間的産物には内的状態と外的状態の二つの状態がある。内的状態とは中間的産物が、作曲者の作業記憶[6]に存在している状態であり、外的状態とは中間的産物が客観的な対象として表現された状態である。内的状態から外的状態への移行が外在化である。

内的状態と外的状態は必ずしも一対一に対応するわけではない。中間的産物が内的状態である段階ではまだ漠然としていて、外在化する過程を通して多くの要素が具体的に決定される。

提案モデルにおいては、Slobodaが主張するように、作品に対するプランが存在し作曲過程はそのプランに基づいて行われるものとする。作曲手法に関するレポートリを利用し、内的な状態の中間的産物を思い描く。これはまだ漠然とした状態である。外在化過程を通して多くの要素が具体的に決定し外的な状態の中間的産物を得る。

中間的産物が内的状態である時には十分に評価を行うことができない場合も多く、外在化することによってはじめて部分的に評価を行うことができるようになる。外在化した中間的産物をプランに基づいて評価した結果、不適切であれば作業記憶における中間的産物を廃棄し、新たな中間的産物を生成したり、プラン自体を変更したりする。

このように中間的産物の外在化過程、および外在化した対象からのフィードバックが作曲過程

において重要な役割を果たす。次章では、この中間的産物の表現形式(Representation)の重要性について述べる。

3 作曲過程支援アプローチ

3.1 中間的産物の表現形式

Normanは表現形式によってタスクの難易度が著しく変化し、またタスクによって適切な表現形式は異なると述べている[3]。

中間的産物の表現形式としては主に楽譜のような視覚的な記号としての表現形式と実際の音としての表現形式を考えることができる。

中間的産物の外在化というタスクにおいては、楽譜のような視覚的な記号としての表現形式を利用することが多い。複数パートで構成された中間的産物を実際に楽器を演奏して音として表現する場合には編成に応じた人数で演奏を行う必要があるのに対し、楽譜として表現する場合にはその必要がないためである。

しかし、中間的産物からのフィードバックを受けるというタスクに関しては、実際に音として表現されたものの方が中間的産物を体験的に理解する上で役に立つ場合が多い。楽譜のような視覚的な記号を利用する表現形式では、作曲者は理解のために頭の中で表現から音への変換を行なう必要があるのに対し、中間的産物を実際の音として聴くことができればこのような変換の必要がないためである。

計算機を利用することにより、楽譜のような視覚的な記号を画面上で編集しデータを入力することで中間的産物を外在化し、演奏シミュレーションを行い、実際の音として聴くことによってフィードバックを受けることができる。

3.2 計算機上への外在化の現状

演奏シミュレーションを行うためには計算機上で音楽演奏データを作成する必要がある。作曲

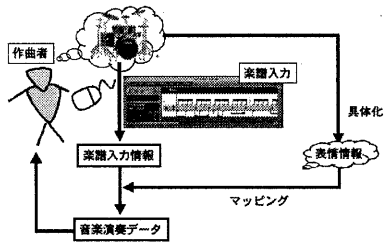


図 4: 音楽演奏データ作成の現状

者が実際に演奏を行う楽器についての音楽演奏データを作成する場合には、実演奏を音楽演奏データとして記録することが可能である。一方作曲家が実演奏を行わない楽器についての音楽演奏データを作成する場合には、楽譜のような視覚的な記号を画面上で編集することによって音楽演奏データを作成するのが一般的である。後者の音楽演奏データの作成方法を以下では楽譜入力と呼ぶことにする。

実際の演奏とは異なり、楽譜入力によって作成した音楽演奏データでは音の大きさが一定になり、音の発生時刻が一定の時間間隔に基づいて決定される。そのため、音の大きさや発生時刻に変化を付け、調整を行う。これがいわゆる表情付けである。

楽譜入力としては同じであっても表情付けが異なれば印象が異なることは経験的に広く認知されている。Kamenetsky は音の大きさや発生時刻に変化を付けない場合と専門家によって変化を付けた場合について印象の違いに関する調査を行っている [4]。

このような印象の違いは、2.2 節で述べた作曲過程において外在化した中間的産物からのフィードバックを妨げる要因の一つとなる。作曲過程における中間的産物を内省のために演奏シミュレーションとして表現する場合には、作曲者の意図に基づいた表情付けが行われる必要がある。しかし作曲過程の中で繰り返し生成される中間的産物に対し、繰り返し表情付けを行う作業は非常に困難である。これは主に

- 具体化
- マッピング

という二つの問題のためであると考えられることができる (図 4)。

第一の問題は具体化である。実演奏においては、音の大きさや発生時刻につける変化を無意識のうちに決定している場合が多い。これに対して計算機上の音楽演奏データに対して表情付けを行う場合には、例えば「3 拍目の音符を強く」というように、どのように表情付けを行うかを明確に把握する必要がある。

第二の問題はマッピングである。表情付けを行うための既存システムの多くは、数値として表現された計算機上の音楽演奏データを数値のまま直接編集するインタフェースを提供しているにすぎない。例えば「3 拍目の音符を強く」という場合には、3 拍目の音の強さを示している数値を探し出し、それが「45」であれば「90」に変更するといった作業が必要になる。これは Kintsch の言う Situation model と System model の マッピング [5] をとる作業にあたる。

自分のしたいことの表現とシステムにそれを指示するための表現との間のギャップは認知的に非常に大きな負荷となり、ヒューマンコンピュータインタラクションの課題としてきた問題の一つである。

3.3 提案アプローチ

前節では計算機を用いた演奏シミュレーションを利用する際の表情付けの課題について述べた。

本研究で提案する方法では作曲者が実際に楽器を演奏して作成した音楽演奏データから表情情報を抽出し、楽譜入力によって作成した音楽演奏データに適用する。提案手法を図 5 に示す。

作曲者が実際に演奏する楽器を楽器 A とし、演奏しない楽器を楽器 B とする。作曲過程の中で生成した楽器 B に関する中間的産物を演奏シミュレーションとして表現する場合を考える。

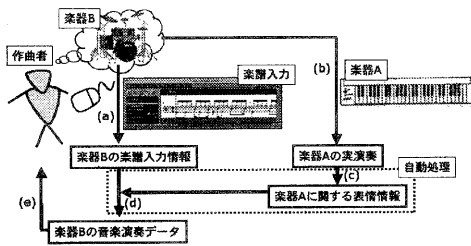


図 5: 提案アプローチ

作曲者はまず楽譜入力インターフェースを利用して楽器 B の楽譜入力情報を作成する (a)。次に作曲者は楽器 B の表情情報を指定するために実演奏可能な楽器 A を実際に演奏する (b)。システムは、この楽器 A の実演奏から表情情報を抽出し (c)、楽器 B の音楽演奏データに適用することにより、楽器 B の音楽演奏データに対して表情付けを行う (d)。そして、調整された楽器 B の音楽演奏データを用いて演奏シミュレーションを行い作曲者に提示する (e)。作曲者は作曲過程における制約条件に基づいてこれを評価し、納得の行く表情付けを行うことができるまで楽器 A の実演奏を何度もやり直して繰り返し表情付けを行う。

(c) および (d) の過程を計算機を用いて自動的に行うことで表情付けの労力を軽減し作曲過程を支援することができる。

ここで作曲者が行う実演奏には二つの側面がある。一つは楽器 A に関する中間的産物としての側面である。調整された楽器 B の演奏シミュレーションを聞きながら、楽器 A についての候補を実演奏として生成する。もう一つは、あくまで楽器 B に対する表情情報を指定するためのものとしての側面である。この楽器 A の実演奏は、必ずしも表情付けの対象となっている楽器 B と同時に演奏する (合奏する) ことを目的とした楽譜である必要はない。作曲者が行う実演奏は、同じ曲の異なる部分、異なる曲の一部分、あるいは無意味な楽譜であっても良い。いずれにせよ、楽器 A の実演奏は繰り返し変化を加えながら行うものであり、楽譜情報等を

あらかじめシステムに入力しておく必要なしに表情情報を抽出することが重要である。

前者の実演奏、すなわち楽器 A に関する中間的産物として生成した実演奏から抽出した表情情報を楽器 B にそのまま適用した場合、同時に再生する (合奏する) と、記録した楽器 A の実演奏と楽器 B の演奏シミュレーションの間で音の大きさや発生時刻の変化が全く一致することになる。しかし、実際の人間の合奏では合わせなければならないポイントは外さず、また音楽的に逸脱しない範囲で [7] 演奏が行われるため、全く一致するのは人間にとって不自然に感じる場合が少なくない。作曲者は「合わせなければならないポイント」については充分理解しているため、作曲者は合わせなければならないポイントは外さず、また音楽的に逸脱しない範囲で変化のある演奏をすることができると考えることができる。繰り返し行う実演奏を記録した中から異なる二つを選び、一方から抽出した表情情報を楽器 B に適用し、他方と同時に再生する (合奏する) ことによって合わせなければならないポイントは外さず、また音楽的に逸脱しない範囲での演奏を得ることができる。

4 プロトタイプシステム:

CAPADY

上述のアプローチに基づき構築中の作曲支援インタラクティブシステムが CAPADY (a Composition Assistance by Producing Agogics and Dynamics) である。CAPADY は MAX を用いて構築したもので、Macintosh 上で動作する。現在のプロトタイプは、楽器 A としては MIDI キーボード、楽器 B としてはドラムに特化している。

CAPADY において作曲者が操作を行うのは CapadyPlayer window (図 6) および Setting window (図 7) の二種類のインターフェースである。

CapadyPlayer window (図 6) では、読み込んだドラム楽譜入力情報、作曲者が行った実演奏

を記録したもの、および CAPADY によって調整したドラム音楽演奏データを再生する機能を提供する。さらにあらかじめファイルとして保存した音楽演奏データを読み込み、再生する領域を三か所設けた。これらから任意に選択した音楽演奏データを同時に再生し、聞き比べつつ、表情付けを行うことができる。

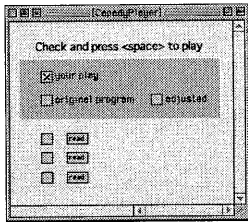


図 6: CapadyPlayer Window

Setting window (図 7) は、ドラム楽譜入力情報や利用者が行った実演奏以外に必要ないくつかの補助的な設定を行うためのものである。作曲者が行った実演奏に関してあらかじめ楽譜情報を入力する必要はなく、代わりにテンポをおおまかに設定する。さらにキーボード実演奏として和音が演奏された場合の処理方法についての設定を行う。また、ドラム楽譜入力情報において基準として設定したテンポを入力する。

Setting window (図 7) において最も頻繁に利用者が操作すると考えることができるのは adjustment 欄にあるスライダである。これは作曲者が行った実演奏をドラム音楽演奏データに反映させる程度を指定するものである。左側ほど影響が少ない。これはあくまで補助的な機能であるが、実演奏における表情情報が過度に強調されたものであった場合に左よりに設定するなどの利用方法が考えられる。

CAPADY の詳細については参考文献 [11] を参照されたい。

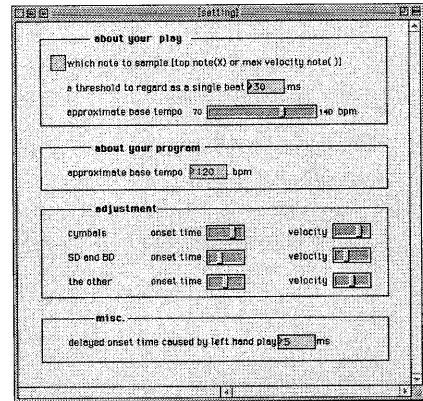


図 7: Setting Window

5 考察

演奏の表情付けに関する既存の研究の多くは、人間らしい自動演奏 [8] を実現することを目的としたもので、計算機が完全に自律的に表情付けを行うものである。逆に利用者が数値を直接編集するような市販のシステムの多くでは、利用者自身が表情付けを直接コントロールする。これらに対し本研究のアプローチでは、システムの利用者が自分のパートの演奏という行為を通して、表情付けを間接的にコントロールする。

伝達のために演奏シミュレーションを利用するのであれば、より厳密に表情付けを行うことが音楽演奏データを作成する作業の主要な課題の一つであり、そのためには数値を直接編集したいという要求を満たすことは重要である。それに対し内省のために演奏シミュレーションを利用する際には、作業の目的はあくまで作曲であり表情付けではないため、作曲者の意図を反映した表情付けを行うことと同時に、ある程度納得の行く表情付けをより素早く行うことが重要である。これにより中間的産物を外在化し、そこから受けるフィードバックを利用して新たに中間的産物を生成したり、プラン自体を変更したりする過程を繰り返す行い、作曲過程を進めることができる。

本研究では、間接的に表情付けを行う際の媒体として利用者の実演奏を利用し、作曲者の意図を反映した表情付けを素早く行うことを目的としてプロトタイプシステムの構築を行った。

今後は提案手法の有効性を評価したいと考えているが、作曲過程が支援されたかどうかについて客観的な評価を行うことは非常に困難である。今後は評価方法について慎重に検討する必要がある。

6 まとめ

本論文では、作曲過程における外在化過程と外在化した対象から作曲者自身へのフィードバックの重要性について述べた。

中間的産物を計算機上の音楽演奏データとして外在化する場合、すなわち内省のために演奏シミュレーションを利用する場合には、表情付けの違いによる印象の違いが作曲者自身へのフィードバックを妨げないようにするために音楽演奏データに表情付けを行う必要がある。

数値として表現された計算機上の音楽演奏データに対し表情付けを行う際には数値を直接操作するのが一般的であるが、本研究では間接的に操作することにより外在化過程を支援する方法を提案した。提案手法では、実際に演奏することによって表情付けが可能な作曲者にとっての自分のパートから表情情報を抽出し、楽譜入力によって作成した表情付けの対象となる他のパートへ適用する。構築中のCAPADYは、この抽出および適用の処理を自動的に行う作曲支援システムである。

今後は提案手法の有効性を評価する方法について検討して行く予定である。

謝辞

本研究を行うにあたって有益な御助言を頂いた北陸先端科学技術大学院大学の西本一志氏、奈良先端科学技術大学院大学の山本恭裕氏、大平

雅雄氏に感謝いたします。

参考文献

- [1] J. A. Sloboda, "The Musical Mind," Oxford university press, 1985.
- [2] 田中吉史, "創造的認知過程としての作曲", 東京都立大学人文学部人文学報, Vol. 307, No. 41, pp. 51-71, 2000.
- [3] D. A. Norman, "Things That Make Us Smart," Addison-Wesley Publishing Company, 1993.
- [4] S. B. Kamenetsky, D. S. Hill, S. E. Trehub, "Effect of Tempo and Dynamics on the Perception of Emotion in Music", Psychology of Music, 25, pp. 149-160. 1997.
- [5] W. Kintsch, "COMPREHENSION," Cambridge university press, 1998.
- [6] J. R. Anderson, "Cognitive Psychology and its implications," W.H.Freeman and Company, 1980.
- [7] 長尾 真, 宇津呂 武仁, 島津 明, 匂坂 芳典, 井口 征士, 片寄 晴弘, "4文字と音の情報処理," 岩波講座 マルチメディア情報学, 岩波書店, pp.163-219, 2000.
- [8] 井口 征士, "音楽演奏における人間らしさの抽出と表情付け", 日本ファジィ学会誌, Vol.12, No4, pp477-486, 2000.
- [9] D. A. Schön, "The Reflective Practitioner," Basic Books, New York, 1983.
- [10] B. Lawson, "Design in Mind," Architectural Press, 1994.
- [11] 中川 渉, 蔵川 圭, 中小路 久美代, "実演奏の表情情報を用いた作曲のための他パートシミュレーション", 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会研究報告, HI92-2, 2001.
- [12] 中川 渉, 高嶋 章雄, 山本 恭裕, 蔵川 圭, 中小路 久美代, "実演奏における演奏表情情報の抽出と適用", 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会研究報告, HI89-10, 2000.