

作曲者のメンタルスペースの外在化による作曲支援環境の研究

網谷重紀[†] 堀浩一^{††}

従来主に設計などの分野で「メンタルスペースの外在化」という過程が重要な課題であることが認識されてきた。本研究においては作曲という創造活動への応用においてこの課題に取り組み、作曲過程における自分自身との対話を支援する環境を提案・構築し、作曲における人間-機械系の認知プロセスを分析することを試みる。作曲過程における認知プロセスをプロトコル分析し、特に「思考のはまり込み」およびそこから脱出の過程について詳細に分析した。手元にある作曲中のフレーズを作曲支援システムが時系列的な表現をはずした平面上に浮かべて大局的な視点を提供すると、作曲者に新たな「思考のはまり込みからの脱出」の認知過程が生まれたのが観察された。

Supporting Musical Composition by Externalizing the Composer's Mental Space

SHIGEKI AMITANI[†] and KOICHI HORI^{††}

In this paper we described the analysis of the transition of human cognitive processes in musical composition. We propose a musical composition supporting system named "MACSS (MACROSCOPIC COMPOSITION SUPPORTING SYSTEM)" which allows the composer to support his/her composition process. This system provides a macroscopic view of pieces by locating phrases on a 2-dimensional space. The change of the cognitive processes was observed when the representation of information changed. The change was described in the microscopic way. We are going to explain the system MACSS and report the experiment and the result. Discussion and future works are described.

1. はじめに

表現操作系の変化が人間の創造活動における認知プロセスに与える影響を、実例を通してつぶさに調べていくことが創造活動支援分野において重要な課題となっている。Norman は文献 1) において、認知のアーティファクトは我々の内省的思考を増強し支援するものであるべきだと主張している。この重要な課題に対して Zhang²⁾ は Tic-Tac-Toe というゲームおよびそれと同形のゲーム (isomorph) を用いて、外在化表現に基づく問題解決過程についての理論的な枠組みを提供している。実験では外部および内部表現から知覚的・認知的に直接利用可能な情報により問題解決過程における行動が決定されるということが実証された。これをふまえて Zhang は表現形態により得られる情報、

実行されるプロセス、発見される構造が規定されるという表現決定論を提案している。また Suwa³⁾ は建築家の手書きのスケッチという外在化表現とのインタラクションの認知過程を physical, perceptual, functional, conceptual の 4 段階に分類し、各々の認知過程間の関係とともにコーディングした。これによりデザインのプロセスを体系的に分析した。この分析により Suwa³⁾ は、デザイナーと手書きスケッチとのインタラクションには再解釈および意外な発見をするという効果があり、これらはどちらも問題解決に貢献するという結論を導いている。このように、創造活動における認知過程を詳細に分析することが創造活動支援の基礎となっている。

また、作曲支援の研究において西本⁴⁾ は旋律データの可視化手法とそれに基づく旋律創作ルール抽出と新しい旋律創作のためのヒント獲得手法を提案した。西本らの研究では即興演奏生成過程における空間表現による可視化の有効性を示したのに対して、本研究では作曲という過程において、上記の Zhang, Suwa³⁾ 同様認知過程の分析に焦点を当てる。すなわち作曲を認知過程ととらえてその詳細な分析を行い、さらに空

[†] 東京大学大学院工学系研究科

Graduate School of Engineering, the University of Tokyo

^{††} 東京大学先端学際工学専攻

Department of Advanced Interdisciplinary Studies, the University of Tokyo

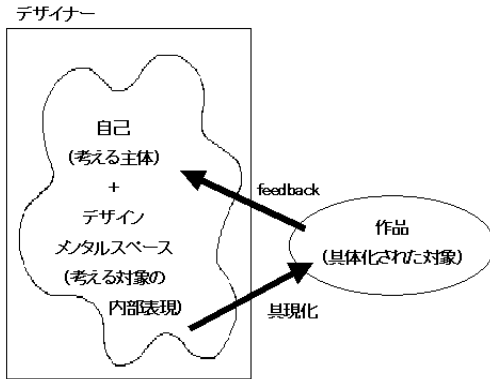


図 1 設計作業のサイクル
Fig. 1 A cycle of design process.

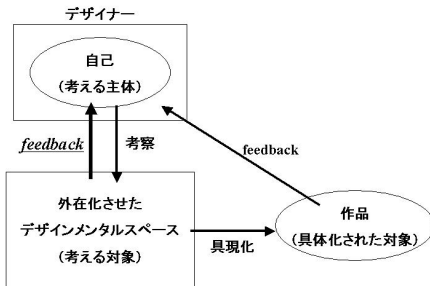


図 2 メンタルスペースを外在化させた設計作業のサイクル
Fig. 2 A cycle of design process with externalizing the designer's mental space.

間表現という既存の手法を用いることが作曲における認知過程にどのような変化を与えるかということの詳細に分析することを本研究の目的とする。

2. 関連研究

知識の外在化について Schoen⁵⁾ は設計プロセスを Seeing-Drawing-Seeing Cycle であると説明した。すなわち、設計プロセスとはまず「見て (Seeing)」、部分解を生成 (外在化) し (Drawing)」、また「見る (Seeing)」という作業の繰返しであるとした (図 1)。この過程は自分自身との対話であり、通常頭の中で行われる曖昧模糊とした過程である。ここで「メンタルスペースを外在化させる」ことで曖昧であった自分自身との対話を具体的・客観的な対象としてとらえることを支援し、メンタルスペース全体を見通すことが可能になり、ひいては創造的な活動を支援することになると考えられる^{6),7)} (図 2)。

2.1 外在化表現としての空間配置

本研究では知識の外在化表現の手法として、空間配

置を用いた、空間配置を外在化の手法として利用する研究はこれまでもいくつかなされている。Hori⁶⁾ はユーザが漠然と持っている概念を表現する言葉をシステムが 2 次元空間に配置してユーザに提示し、その配置をユーザが変更していくことで徐々に概念を明確にしたり、またシステムが提示する空間上の空白によってユーザが新たな概念を生み出したりするに至るという効果がでたことを述べている。野田ら⁸⁾ は文書構造理解の過程を外在化することによって「読む」というプロセスを支援することを試み、空間上に文書の断片を自由配置することで文章の対比構造をとらえたうえでの理解が促進される可能性があることを実証的に検討した。Shipman ら⁹⁾ は空間配置が持つ意義について調査し、主に近接性によって情報間の類似性を表現しようとするものであることを述べた。また、Shipman が提供するシステムはユーザによって徐々に概念が構造化される Incremental Formalization というプロセスを支援することをねらいとしている。山本¹⁰⁾ は情報創出の初期段階において、作り出すべき情報が作り手の頭の中で明確でなく、試行錯誤しながら情報を創出するプロセスをインタラクティブシステムによって支援することを目的とし、その支援方法に関する理論的枠組みを提供している。情報創出の初期段階においては「デザイン解のための表現」ではなく「デザイン解についての理解を深めるための表現」が重要であることを述べている。すなわち知識の外在化手法としての空間表現は、発散的思考段階における複数概念が共存して明確でない構造を、インタラクションによって徐々に明確にし、情報空間への理解を促進させる効果がある表現であると考えられる。

また山本は情報の性質について記号論における「線状性」「現示性」に触れ、ドキュメント作成プロセスを対象に線状性を持つ情報に対して現示性も同時に提示することを試みた¹⁰⁾。情報の 2 つの性質を同時に提示してやることで線状性に着目して全体を詳細に閲覧することが可能となり、一方で個々の部分を自由に配置することができる場において表現することによって、作り出しつつある情報の現示性に着目して全体の概観を眺めることが可能になると述べている。

この記号論的観点は音楽という線状性情報にも適用できると考える。ドキュメント作成同様、同時に現示性に着目させる環境を与えることで全体を概観することが可能になり、ひいては作曲活動を支援すると考えられる。

従来楽譜メタファの線状性を持つ表現系の音楽エディタを用いた作曲は、初期の発散的思考段階である

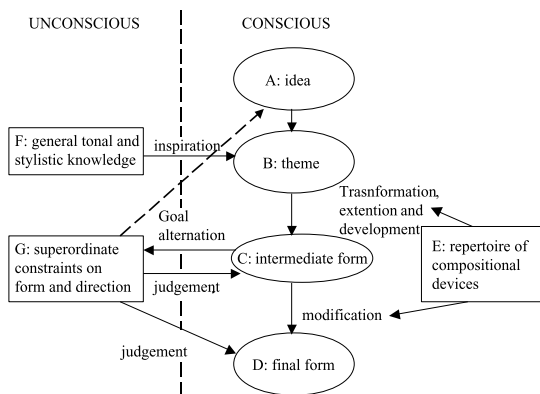


図3 Slobodaの作曲過程のダイアグラム

Fig. 3 Sloboda's diagram of musical composition process.

にもかかわらず、時系列的に進行していく過程が観察された。時系列的に作曲が進行していくというのはつねに「今あるフレーズの次にくるフレーズを作曲する」という進行の仕方をするということである。また「次にくるフレーズ」のみを解として考えることでしばしば思考のはまり込みがあることも観察された。さらに楽曲の全体が見えずに楽曲全体の整合性がとれなくなることはプロの作曲家でもしばしば起こる現象であるといわれる。再生するまで把握することができない時間芸術に分類される音楽に対しては、何らかの形で全体を把握する手段が必要なのである。そこで本研究では山本¹⁰⁾ 同様現示性の提示手段として、情報空間の理解を促進させると考えられる空間表現を導入した作曲支援ツール MACSS (MACROscopic Composition Supporting System) を提案・構築し、空間表現導入による認知プロセスの変化を分析する。

2.2 作曲の認知プロセスに関する研究

作曲の認知プロセスに関して分析した研究は音楽心理学の分野においても数少ない^{11),12)}。Sloboda は文献 11) において図 3 のような作曲過程のダイアグラムを提案した。このようなマクロな分析は梅本¹³⁾ によっても提案されていたが、ミクロな分析をした研究はほぼ皆無である。

本研究では作曲過程を分析するためにプロトコル分析およびそのコーディングを行い、作曲者の思考の過程を論じ、表現操作系の変化が人間の認知過程に与える変化について分析、特に思考のはまり込みとそこから脱するプロセスをミクロに分析する。この分析によって得られる知見をシステムにフィードバックしてより良い環境を構築していきたい。創造活動支援研究において、表現操作系の変化が人間の認知過程に与える変化に関する実用レベルでの研究は少なく、こうし

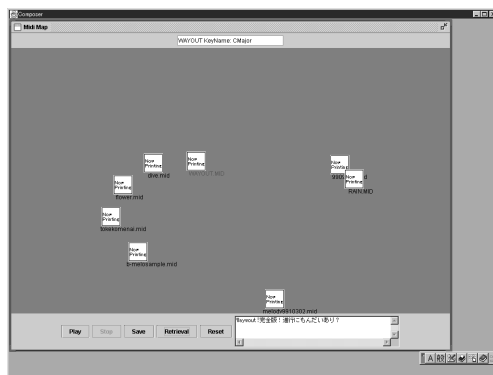


図4 MACSSの画面

Fig. 4 A snapshot of MACSS.

た実例の分析を積み重ねることが重要な課題となっている。本研究では創造活動の1つである作曲過程を切り口としてこの課題に取り組んでいく。

モーツァルトのような天才は、作曲の際「曲全体が絵画のように見える。あとはそれを譜面に残すだけだ」と言っていたといわれるが、それは希なことであり、通常作曲はいくつもの短いフレーズを蓄積し、それらをつなぎあわせたり音を加えたりして進み、さらに全体を見てから部分を直すというサイクルを往復する。

本研究が対象とする「作曲者のメンタルスペース」は図 3 における、Conscious の部分の A: idea および B: theme を指すものとする。空間表現を用いて外在化させることで作曲者が自分の作った未完成の楽曲を把握する際の認知的負荷を軽減できると考えられる。さらに時系列的なエディタでは得られない一覽性を提供する。

3. MACSS (MACROscopic Composition Supporting System)

本システムは MIDI ファイルを対象としている。MIDI ファイルを用いて分析するためにフリーウェアの MF2T¹⁴⁾ を用いている。また、後述する多次元尺度構成法のエンジンを除いてシステムは JDK ver.1.3 を用いて構築した。

このシステムは作曲者に大局的な視点を与えることを目的としている。図 4 に MACSS の画面を示す。この平面には音楽的特徴からシステムが曲の間の類似性を計算し、それをもとにして多次元尺度構成法によりフレーズオブジェクトを平面上に配置する。作曲者は「全体-部分」を往復しながら作曲を進めていく。すなわち、フレーズオブジェクトを再配置したりそのオブジェクトの繰返し回数を指定したりして全体の構成を考え、「Edit Phrase」コマンドで外部エディタを用い

て各フレーズを変更・結合して部分を編集を行う。またフレーズオブジェクトを並べ替え、移動後の各オブジェクト間の相対的な距離とシステムが提示した各オブジェクト間の相対的な距離との差を計算し、その作曲者がどの音楽的特徴にどれだけの重みづけをしているかを計算する。これによりシステムが作曲者が考える類似性に同調していくことができると考えられ¹⁵⁾、各フレーズが作曲者の視点で分類・配置されるため、長期的な作曲を行う場合にフレーズの把握が容易になることが期待される。なお本システムは現時点では作曲者が MIDI ファイルを作成することに MS-DOS 上のコマンドプロンプトから以下の入力が必要であり、以下の手順を踏む必要がある。この作業は認知的負荷が高く、現時点で実装されていない「リアルタイム性」を望むコメントが被験者から得られた。これは今後の課題とする。以下の作業を行い、再計算して全空間再配置を行う。

- (1) java ExecMf2t : MIDI ファイル読み込み
- (2) java AutoMidiAnalyzer : MIDI ファイル分析
- (3) java SimilarityCalculation : 類似度計算
- (4) java ExecMDS : 空間表示

各オブジェクトの外観は「Edit Picture」コマンドで外部エディタが起動し、作曲者のイメージを表す画像(たとえば「この曲の CD ジャケットはこの写真」「この曲はこの色が合う」など)を貼り付けることができるようになっている。

3.1 音楽的特徴と類似性計算

現時点では類似性を判断するうえでの音楽的特徴として旋律・リズム・調性を用いている¹⁶⁾。旋律とリズムの類似性の計算には Direct Pattern Matching 法を用いた¹⁷⁾。また、調性判定には吉野らのアルゴリズム¹⁸⁾を用いた。各フレーズの調性を判定し、同一調・近親調・それ以外の 3 段階に分類した。類似性に関する議論はここであげたもの以上に深く議論されているので、今後それらを参考にしつつより改善していきたいと考えている^{4),19)}。

3.2 空間配置

前節で定義した類似度を用いてフレーズ間距離を定義し、多次元尺度構成法 (Multi Dimensional Scaling: MDS) を用いて空間上に配置した²⁰⁾。MDS エンジンには筆者らの研究室で作成したものをを用いた²¹⁾。

3.3 使用例

この環境では次のようなインタラクションが考えられる。

- (1) 大きな視点から見ることができるエディタとして使う。上記の一覧性の高さおよび各フレーズ

の特徴まで感覚的に理解可能であるがゆえに、作曲過程においてその曲の導入部からどのように展開していくか、似たフレーズをつなげるのかまったく異なるフレーズで曲を展開していくのかということが考えやすくなることが期待できる。従来の作曲ソフトの環境では、あるフレーズが時系列的に画面に提示されるため、曲全体の構成を編集するのが困難である。そこでマクロな視点からのエディタによって作曲活動を進めやすくなると考えられる。

- (2) 作曲者の感覚に合った一覧性の高いデータベース・ファイルシステムとして使う。作曲者自身の感覚的な基準に従った類似度により配置するため、どのフレーズがどのフレーズだったかということが判別しやすくなることが期待される。従来のファイルシステムではタイトルのみが日付順・辞書順で表示されるのに対して、本環境ではすべての曲データが作曲者の感覚に従って一覧性を確保して表示される。

4. 実験

4.1 実験の概要

作曲過程において空間表現を提示した場合にどのような認知プロセスの変化が起こるかを調べる。

本実験に先立ち、まず筆者が所属する研究室のメンバーの 1 名を対象に予備実験を行った。この被験者は研究室内の研究会において筆者の研究内容を聴いているため、ある程度知っている。本被験者は実験の数週間前からコンピュータでの作曲に興味を持ちはじめ、作曲を始めた。それまでは特に作曲経験はない。また、本被験者はコーラスのサークルに所属している。

この予備実験をもとに本実験を設計し、4 名の被験者を対象に本実験を行った。この 4 名は筆者が所属するバンドのメンバ 3 名および、ピアノサークルに所属する者 1 名である。全員作曲経験がある。

実験は「作曲者が作曲したい場所で行う」とした。特に希望がなければ筆者らの研究室で作曲してもらった。本実験では 3 名が研究室で、1 名が自分がいつも作曲している場所で実験を行った。研究室実験の環境では以下の機器・ソフトウェアを用いた。

- PC : SONY VAIO PCV-R63K
 - キーボード : Roland SK-88 Pro
 - ソフトウェア : Roland Cakewalk Audio Pro 9
- および筆者が提案するシステム : MACSS

また、本実験においては「自宅のいつもの場所で作曲したい」という被験者が 1 名いたので、その被験者

表 1 プロトコル分析に用いた認知過程の分類
Table 1 Classification of cognitive processes for protocol analysis.

分類	名前	内容	例
thought	compare	オブジェクトを比較する	組合せどうしを比較
	confirm	オブジェクトを確認する	音高を確認する
	analyze	オブジェクトを分析する	フレーズ間の類似性を見る
	remember	オブジェクトを思い出す	どの曲かを思い出す
	plan	行動を計画する	展開を練る
	decide	行動を決定する	比較後どちらを使うか決定
perception	listen	オブジェクトを試聴する	フレーズを試聴する
	look	オブジェクトを見る	スコアや空間表現を見る
	read	オブジェクトを読む	付与した言葉を読む
action	play	フレーズ再生	フレーズを再生する
	explore	オブジェクトを探索する	適切な音色を探す
	adjust	細かい調節をする	音長を調節する
	enter	オブジェクトを入力する	音符を入力する
	delete	オブジェクトを削除する	不要なフレーズを削除
	comb	オブジェクトを組み合わせる	フレーズを組み合わせる
	move	平面上でオブジェクトを移動する	フレーズをグループ化
	extend	オブジェクトを展開する	フレーズを展開する
	select	オブジェクトを選択する	フレーズを選択する
	make	新しくオブジェクトを作る	新しいファイルを作る

に対しては以下の機器を用いた。

- PC : Gateway SOLO
- YAMAHA EOS B-900
- Roland Cakewalk Audio Pro 9 および MACSS

4.2 実験手続

実験を設計するために予備実験を以下のような設定で行った。

- 1 回目：普段使っている楽器+Cakewalk のみを用いた作曲。
- 2, 3 回目：普段使っている楽器+Cakewalk および MACSS を併用した作曲。

予備実験の経験から被験者が分かりにくく思う点などを整理し、本実験を設計した。

- 1, 2 回目：普段使っている楽器+Cakewalk のみを用いた作曲。
- 3, 4 回目：普段使っている楽器+Cakewalk および MACSS を併用した作曲。

被験者に実験説明文書および課題の絵（付録参照）を見せ、ビデオカメラで撮影した。また、実験中に筆者がメモをとった。課題の絵のイメージに合った楽曲を作ってもらうことを課題としたが、これは文献 22) と同様の実験手法である。課題の画像は日蝕の画像であるが、被験者には単に「これが課題の絵です」と言って提示した。1 回の実験では作曲が終了しないため、続きを別の日に行った。結果としてすべての被験者が 4 回に分けて作曲を行った。また、各回の実験時間は作曲者に完全に任せ、作曲者が疲れて終了宣言をするまでとした。終了宣言されるまでの時間は各回ご

と・被験者ごとに異なり、40 分～3 時間と幅広いものであった。なお、4 回の実験で 1 曲を完成させた被験者（3 名）、4 回の実験で 1 曲完成に至らなかった被験者（1 名）、各回ごとに 1 曲ずつ完成させた被験者（1 名）がいた。4 回の実験を通して 1 曲だけに携わった 4 名の被験者に対してはこの日食の画像のみを課題とし、2 曲以上作曲した被験者に対しては各回ごとに異なる画像を提示した。

4.3 分析手法

本研究では Suwa³⁾ が建築デザインに対して行った分析と同様に、表 1 にあげる「perception・thought・action」の 3 つの認知レベルに分割した単位認知過程を定義し、これに従って作曲過程の、特にフレーズの展開という場面における「はまり込み」「はまり込みからの脱出」および空間表現導入によるその過程の変化についてミクロに分析した。この分析結果から「新しい展開」を試みて新たなフレーズを生成する、あるいは生成に失敗する過程の遷移図を描いた。

5. 結果および考察

「この先どうしようか」という発言から何か新しい展開を思いつくまで、およびはまり込んで結局フレーズの展開に失敗する認知プロセスを分析した。ある被験者のダイアグラムを図 5, 6, 7 に示す。これらは「何を見て (perception), 何を考えて (thought), 何をした (action)」という認知過程の遷移を記述したものである。図中のそれぞれのノード（楕円のオブジェクト）内に書かれている単位認知過程は表 1 に示した

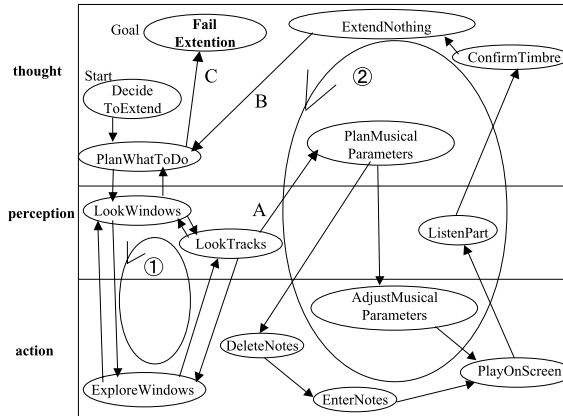


図 5 システムがない場合の作曲における思考のはまり込み
 Fig. 5 Cognitive process without MACSS (Deadlock in thinking).

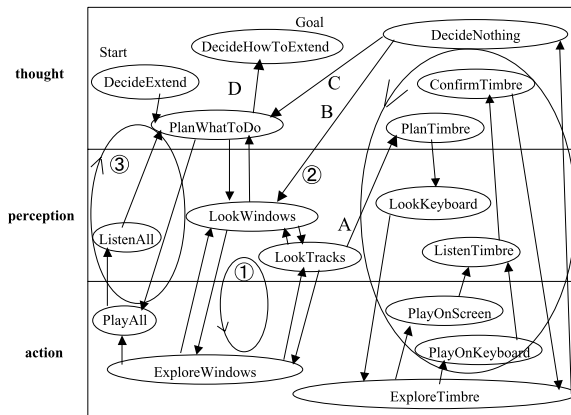


図 6 システムがない場合の作曲における思考のはまり込みからの脱出
 Fig. 6 Cognitive process without MACSS (Escape from deadlock).

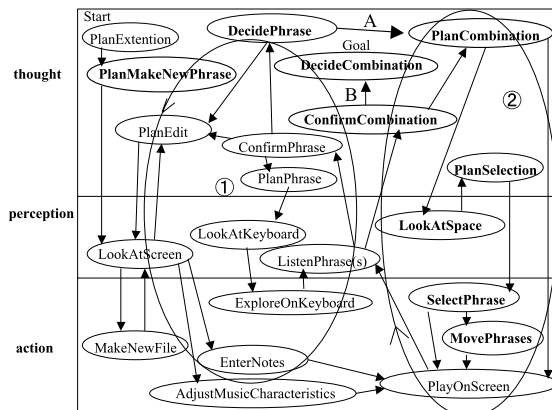


図 7 システムがある場合の作曲における思考のはまり込みからの脱出
 Fig. 7 Cognitive process with MACSS (Escape from deadlock).

とおりである。

図5は時系列エディタのみを用いてフレーズを展開できなかった場合の作曲過程を記述したものである。ここでは「新しいフレーズを考えようとして図左側のWindowを渡り歩く」という図中①のループから「ミクロナ作業を何度か繰り返す」という図中②のループに遷移し(矢印Aの遷移)、結局何もせず「この先どうしようかな」という発言に戻り(矢印Bの遷移)、結局フレーズ展開を行わなかった(矢印Cの遷移)プロセスを記述したものである。以後試聴および黙考が多くなるが、音符入力・削除を繰り返し、テンポ調節などのミクロナ作業が中心となってしまった。

図6は時系列エディタのみを用いてフレーズ展開をした場合の作曲過程を記述したものである。ここでは図5と同様に何度か「Windowを渡り歩く」という図中①のループを回った後、「ミクロナ作業を何度か繰り返す」という図中②のループへと遷移し(矢印Aの遷移)、「この先どうするか」というスタート地点に戻って(遷移C)全体を通して試聴して(図中③のループ)最終的に「次にくるフレーズ」を思いついたというプロセスを記述したものである。

図7は空間表現を導入した際に観察された作曲過程を記述したものである。ここではまず図中左にあるようにPlanMakeNewPhraseおよびMakeNewFileという、時系列エディタでは見られなかった新たなプロセスが見られ、図中①のループのような「新しいフレーズを作る過程」が見られ、いくつかフレーズを作成した時点で右側のPlanCombinationという、それまでに見られなかった大局的な視点からの作曲過程が現れ(遷移A)、試聴したいオブジェクトを選択したり、その再生順序を指定して再生したり(SelectPhrase)、オブジェクトを動かして(MovePhrases)構成を決めてから試聴したりという②のループを何度か回って最終的に楽曲をどう構成するかというところまで決めるに至った(遷移B)。

図5および図6のような時系列エディタのみの場合は作曲が時系列的に進んでいたのに対し、図7の場合のように空間表現を導入した場合にはフレーズを時系列順に展開していくのではなく、それまでに見られなかった「短いフレーズを複数作りそれらの組み合わせを大局的な視点から検討して楽曲全体を構成する」という過程が観察された。ただし本研究は、本システムを使うことにより、必ずそういう現象が起こることを主張するものではなく、そのような現象が観察されたという事実を報告し、その現象の中身の分析を提示するものである。

表2 ある被験者のフレーズ位置分析に関するプロトコル
Table 2 The protocol when a subject analyze the positions of phrase objects.

時刻	行動・発言
31.00	2 つつなげて再生 (tsunagi2-tsunagi4) 「tsunagi3, 4 はまったく同じ?」
31.30	右クリックから tsunagi3 を Cakewalk で見る。
32.00	tsunagi4 も開く
32.30	「3, 4 がまったく同じですね!」

実験後のインタビューで以下のようなコメントを得ている。

- 実験2回目(システムなし)のときは候補を頭の中だけで絞ってしまい失敗だった。そのため行き詰まった。思い描いていたベースラインを大幅に変更したいと思った。→ 実際にはシステムなしの場合には行っていない。
- (実験3回目にシステムありのときに) 楽曲中のある点で急に変更したらいいまいちうまくいかないと思ったので3つくらい候補を作った。そこからどれにしようかと思った。比べてみようと思った。
- (空間表現を用いて) 並べて聞いていくうちに(MovePhrases)、頭の中でやりにくかった構成が、(空間上で)いじくっているうちにうまくいった。目で見えたのが良かった。

Nakakoji²³⁾はデザイン、特に「書く」というプロセスの初期段階における reflection-in-action および reflection-on-action の支援について述べており、書き手は文書オブジェクトを平面上で移動させ、文書間の比較を行いやすくすることで書き手の reflection-in-action が促進されるとしている。本研究の被験者は「作曲」というプロセスにおいて、上記コメントにもあるように MovePhrases というプロセスが出現し(図7右下)、フレーズの組合せ順序を比較することで作曲者は内省を行っていた。すなわち本システムは空間表現によって一覧性を提供して各フレーズおよび各フレーズ間関係を把握をしやすくすることで reflection-on-action を、また移動や再生順序を指定することによってフレーズの組合せを考えられるようにしたことで reflection-in-action を支援している。

また類似度を導入して空間配置したことで、ある被験者が「まったく同じフレーズを作ってしまった」ことを発見するという現象が観察された。このプロトコルを表2に示す。また別の被験者から以下のようなコメントを得た。

- 「各フレーズの相互関連の視覚化・整理(ができて良い)」
- 「俺の曲はすごい似てるから、多分(システムを

表 3 MACSS 提示前後に生成された小節の割合 (%)

Table 3 The ratio of the number of the bars before and after showing MACSS.

	提示前	提示後
被験者 A	4.92%	95.08%
被験者 B	42.75%	57.25%
被験者 C	76.58%	23.42%
被験者 D	56.86%	43.14%

使ったら)位置もかたまらんだと思う。」

- 「『この辺に落とすには?』って考えて曲作ったりできる。」

類似度の計算法に関しては議論の余地があるものの、フレーズの類似性を表現してやることは、少なくとも上に示した諸点において有効であったといえる。

また、表 3 に各被験者が生成した小節数の、MACSS 提示前後における割合を示す。被験者 A および被験者 B は増加傾向に、C、D は減少傾向にあるのが分かる。被験者 A、B はアンケートで「システムを使った」と述べており、被験者 C、D は「使わなかった」「あまり使わなかった」と述べている。被験者数が少ないため統計的な判断はできないが、使ったと答えた被験者 A、B が MACSS 提示後にフレーズの展開数が増加傾向にあり、使わなかったと答えた C、D が減少傾向にあるというのは興味深い。むしろ「システムなしの時点で曲を展開しきっている」とも考えられる。しかし被験者 C は時系列的に楽曲を展開していき、2 回目の実験において途中で「今後ドラマチックな展開が待ち受けている」と述べており、またその実験の最後では「ここからサビに行くぞ」と曲の展開について述べていたが、第 4 回が終了する時点まで曲がそこから展開されることはなかった。また被験者 D は複数のフレーズを作ったものの、楽曲全体の構成をまとめるには至らなかった。すなわち被験者 C には「時系列的な制限」、D には「大局的な視点の欠如」という現象が見られた。

時系列の流れにうまくのってフレーズを生み出せる場合には思考のジャンプをする必要がなく、フレーズ展開においてはまり込むことなく作曲できる。しかし上記で述べた被験者 C、D の場合や、作曲中 1 つの楽曲のある部分と他の部分との整合性がとれない場合がある。

今回の実験では「3.3 節 使用例」の(2)としてあげた「感覚に合ったデータベースとして用いる」ということは行われなかった。これはフレーズ数が把握できなくなるほど増えなかったこと、および「1 曲作る」という課題であったことに起因すると考えられる。よ

り長期にわたって用いて複数の曲を作るということになったときに用いられることを期待している。

以上の分析結果から、次のことがいえる。

- 作曲の思考の行き詰まりからの脱却パターンは 1 通りではない。具体的には「時系列的に次にくる音・フレーズ・展開を思いつくパターン」および「非時系列的にフレーズを思いつき、フレーズどうしの組合せを考えるパターン」があるということである。これは用いる道具の表現操作系に依存すると考えられるため、今後の作曲支援システムの設計にあたってはこれらの分析結果を生かした表現操作系の組合せが必要であるといえる。

6. 結論および今後の課題

これまでに聴取・演奏に関する認知過程の分析は数多く行われてきたが、作曲の認知過程に関する研究はマクロな観点からのものであり、各認知プロセスがどのようなもので、どのように遷移するのかといったミクロな分析はなされてこなかった¹²⁾。さらにもう少し大きな枠組みで、創造活動一般に関しても認知プロセスのミクロな分析はまだ知見が少なく、様々な実例を通して認知プロセスの制御と測定に関する知見を深めることが重要な課題となっている。Suwa は文献 3) で建築家のスケッチにおける認知プロセスをミクロに分析した研究を発表している。本研究ではこのような分析を作曲活動に導入した。音楽への空間表現の導入については西本ら⁴⁾がジャズセッションの即興演奏における創造活動支援を提案した。本研究では作曲において表現・操作系の変化が作曲の認知過程にどのような影響を与えるのかを分析することに主眼を置いた。その過程を分析するために単位認知過程を定義し、フレーズ展開という場面における「はまり込み」と「はまり込みからの脱出」過程、および空間表現導入によるその過程の変化についてミクロに分析して遷移図を描き、線状性を持つ情報を扱う創造活動への現示性(空間表現)導入の影響を検討した。ただし音楽という不可視的な情報を対象としているため、本手法では完全に現示性を提示しているとはいえない。今後も「音楽の現示性」については議論していく必要がある。作曲過程における様々な場面において分析を行うことで、作曲において要となる認知過程を分析し、作曲家がより創造的な仕事を行うための支援環境への設計論へとつなげていけると期待している。

本システムが想定した作曲法は「良いフレーズであるが、今は楽曲全体が見えない場合にそれをメモとして保存しておき、後に楽曲を構成していく。もしもそ

の中につながるフレーズどうしがあれば組み合わせるべく」という作曲法であるが、実際に短いフレーズをいくつもメモとして作って保存しておき、後の作曲に生かす作曲家が存在し、さらに小説や絵画などの他の芸術分野、あるいは芸術分野以外における文書作成においても同様な手法が存在している。そのような作曲法を採用している作曲家に対しては MACSS の設計思想は適切であるといえる。

さらに今後はシステムを充実させていくとともに、より詳細化された議論、すなわち「線状性を持つ時空間芸術の創造活動における思考プロセス」および「どのような状況で、どのようなタイミングで、どのような表現を用いることが創造活動支援につながるか」ということを調査し、創造活動支援システムの設計論へとつなげていきたい。

参 考 文 献

- 1) Norman, D.A. (著), 佐伯胖 (訳): 人間を賢くする道具, 新曜社認知科学選書 (1996).
- 2) Zhang, J.: The Nature of External Representations in Problem Solving, *Cognitive Science*, Vol.21 (2), pp.179-217 (1997).
- 3) Suwa, M., Purcell, T. and Gero, J.: Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers' cognitive actions, *Design Studies*, Vol.19, No.4, pp.455-483 (1998).
- 4) 西本一志, 間瀬健二, 中津良平: フレーズと音楽プリミティブの相互関係の可視化による旋律創作支援の試み, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.2, pp.687-697 (1999).
- 5) Schoen, D.A.: *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, Basic Books, New York (1983).
- 6) Hori, K.: A System for Aiding Creative Concept Formation, *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.24, No.6, pp.882-894 (1994).
- 7) 堀 浩一: 発想支援システムの効果を議論するための一仮説, 情報処理学会論文誌, Vol.35, No.10, pp.1998-2008 (1994).
- 8) 野田耕平, 古田一義, 青木康二, 増川弘如, 八木一歩, 三宅なほみ: 理解過程の外化/履歴を利用した協調学習支援へ向けて, 計測自動制御学会第19回システム工学部会研究会「発想支援システム」, Vol.19, pp.17-24 (1997).
- 9) Shipman, F.M., Marshall, C.C. and Moran, T.P.: Finding and Using Implicit Structure in Human-Organized Spatial Layouts of Information, *Proc. CHI'95*, pp.346-353 (1995).
- 10) 山本恭裕: 情報送出の初期段階における思考活動のための理論的枠組みとインタラクティブシステム, 博士論文, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 (2000).
- 11) Sloboda, J.: *Composition and Improvisation*, chapter 4, pp.102-150, Oxford (1985).
- 12) 田中吉史: 創造的認知過程としての作曲, 東京大学文学部人文学報, Vol.307, No.41, pp.51-71 (2000).
- 13) 梅本亮夫: 作曲の心理, chapter 6, pp.377-413, 誠信書房 (1972).
- 14) van Oostrum, P.: MF2T (1995). <http://rd.vector.co.jp/vpack/browse/person/an001768.html>
- 15) 杉本雅則: 複数他者の視点を可視化するシステムとその知的活動支援への応用に関する研究, 博士論文, 東京大学大学院工学系研究科先端学際工学専攻 (1994).
- 16) 阿部純一: 旋律はいかに処理されるか, 音楽と認知, pp.41-68, 東京大学出版会 (1993).
- 17) 柳瀬隆史: 演奏情報からの特徴抽出によるメロディ検索システム (1999).
- 18) 吉野 巖, 阿部純一: 調性認識: メロディの調を解釈する計算モデル, コンピュータと音楽の世界, pp.117-131, 共立出版 (1998).
- 19) Hewlett, W.B. and Selfridge-Field, E.: *Melodic Similarity: Concepts, Procedures, and Applications*, MIT Press (1998).
- 20) 齋藤亮幸: 非計量的多次元尺度構成法 (単相 2 元データ), chapter 5, pp.70-86, 朝倉書店 (1983).
- 21) 平間康介: 位置情報を持たない移動ロボットによる環境表現の獲得および利用法—ランドマークの見え方に基づく手法の提案 (2000).
- 22) Patrick, C.: Creative Thought in Artists, *Journal of Psychology*, Vol.4, pp.35-73 (1937).
- 23) Nakakoji, K., Yamamoto, Y., Reeves, B.N. and Takada, S.: Two-dimensional Positioning as a Means for Reflection in Design, *Proc. DIS 2000*, pp.145-154, ACM (2001).

付 録

A.1 課題の絵

課題の絵を図 8 に示す。

A.2 実験説明文

(1) 本実験の目的

本研究は「作曲者の創造過程を分析し、作曲を支援する環境を構築していくこと」です。実験中はビデオ撮影させていただきます。また作っていただいた作品は研究発表の場などで発表に用いることがありますので、あらかじめご了承ください。

(2) 実験構成

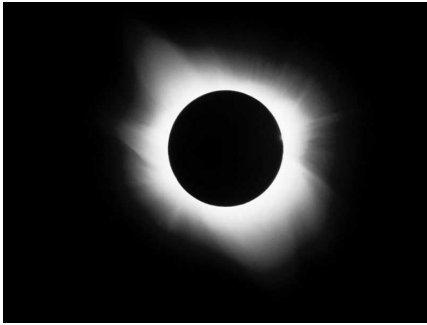


図 8 課題の絵

Fig. 8 A picture for the composition.

実験は以下の手順で行いたいと思います。各回の間隔は約 1 週間で考えております。作曲中には普段使っている楽器なども併用していただいて結構です。

1, 2 回目 : 普段使っている楽器+従来のエディタのみを用いた作曲。

3, 4 回目 : 普段使っている楽器+従来のエディタおよび筆者が提案したシステムを併用した作曲。

(3) 本環境の使用法

基本的に実験中はつねに私も同席していますので、質問がありましたらどんどんお尋ねください。

(4) 課題

お見せする画像に適した音楽を作曲してみてください。どのような長さでもどのような楽器編成でも、あるいは単旋律でもかまいません。自由に作ってみてください。

(平成 12 年 12 月 27 日受付)

(平成 13 年 9 月 12 日採録)



網谷 重紀(正会員)

1975 年生。1998 年東京大学工学部産業機械工学科卒業。同年東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻入学。現在同研究科先端学際工学専攻博士課程在籍。認知科学会, 人工知能学会学生会員。



堀 浩一(正会員)

1956 年生。1979 年東京大学工学部電子工学科卒業。1984 年同大学院博士課程修了。工学博士。1984 年国立大学共同利用機関国文学研究資料館助手, 1986 年同助教授。1988 年東京大学助教授(先端科学技術研究センター), 1992 年同(工学系研究科), 1997 年東京大学教授, 現在に至る。この間, 1989 年 9 月~1990 年 1 月仏国コンピューター大学客員助教授。現在, 先端学際工学専攻所属。航空宇宙工学専攻を兼任。人工知能を中心とした情報処理システムの基礎から応用に至る広範囲の研究・教育に従事。最近の個人的な興味を中心は創造活動支援システム。電子情報通信学会, 人工知能学会, 日本ソフトウェア科学会, 日本認知科学会, IEEE, ACM 各会員。