

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*

5B-02

網谷 重紀†

東京大学大学院工学系研究科‡

堀 浩一‡

東京大学先端科学技術研究センター§

1. はじめに

映像, 音楽, アニメーション, RSVP (Rapid Serial Visual Presentation) など, 時間軸上にプロットされた情報を, 時間軸の中で動きまわりつつ操作したりその「概観」を見る必要が増加している. しかしながら, データの時間軸と操作に要する時間軸が複雑に入り交じり, 解決困難な各種の研究課題がある. 音楽は最終的には時間軸上にプロットされる線状性 (Linearity) を持つ情報であるが, 作曲という創造過程は必ずしも時系列的に進行するものではない. その過程には最終的な出力とは異なる時間軸が存在し, 全体と部分とを往復しながら時間軸の変更を繰り返していくことによって情報を時間軸上に落とししていくことが要求されるのである.

ところが従来提供されてきた作曲支援用のツールは楽譜メタファのものが中心的であり, 作曲過程において最終生成物の時間軸上で思考する事を人間に求め, フレーズの詳細化を可能にする視点が強調される表現系であるために部分の詳細化から全体の外観へと移行するのが困難であった. 表現操作系の変化が人間の認知活動に影響することが指摘されている. 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 Zhang[2]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. これを踏まえて Zhang は表現形態により得られる情報, 実行され得るプロセス, 発見され得る構造が規定されるという表現決定論を提案している.

そこで本研究では空間表現を用いた作曲支援システム MACSS (MACroscopic Composition Supporting System) を提案する. 本システムは手元にある作曲中のフレーズを時系列的な表現をはずした平面上に浮かべて作曲者に大局的な視点を提供するものである. Suwa[3]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 Suwa は, デザイン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実例を通して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. 作曲を認知過程と捉えてその詳細な分析を行い, さらに空間表現という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を詳細に分析することを本研究の目的とする. MACSS を用いた場合と用いない場合の作曲過程における人間-機械系の認知過程, 特に「思考のはまり込み」およびそこから脱出の過程のプロトコルを詳細に分析した. その結果, 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.

また筆者らは, 上記の認知過程の分析手法を実際の現場に応用している. 広告会社との共同研究で,

* Supporting Musical Composition by Externalizing the Composer's Mental Space

†Shigeki Amitani

‡Koichi Hori

§School of Engineering, University of Tokyo

§Research Center for Advanced Science and Technology

Motor Showなどのイベントを「来場者の経験効果を高める文脈」という流れを生み出す場と捉えてイベント設計支援について研究が進行中である。これについても簡単に触れる。

2. 関連研究

知識の外在化について Schoen[4]は設計プロセスを Seeing-Drawing-Seeing Cycle であると説明した。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、全体を概観させることで創造活動を支援すると考えられる。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。堀[5][6]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すに至るという効果がでたことを述べている。野田[7]ら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捉えた上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[8]は空間配置が持つ意義について調査し、彼ら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[9]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。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。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。従来の楽譜メタファーの音楽エディタを用いる場合は、初期の発散的思考段階であるにも関わらず、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常に「今あるフレーズの次に来るフレーズを作曲する」という進行の仕方をし、そ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起こ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取れなくなることはプロの作曲家でしばしば起こる現象であると言われる。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。

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[10]。Slobodaは文献[11]において図1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[12]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。

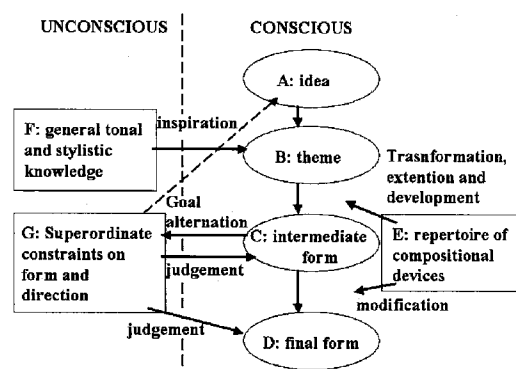


図 1 Sloboda の作曲過程のダイアグラム

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よい環境を構築していきたい。作曲支援の研究において西本[13]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、前述の Zhang, Suwa 同様認知過程の分析に焦点を当てる。本研究が対象とする「作曲者のメンタルスペース」は図 1 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。更に時系列的なエディタでは得られない一覧性を提供する。

3. MACSS (MACroscopic Composition Supporting System)の概要

本システムの詳細については文献[14]を参照されたい。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 2 に MACSS の画面を示す。

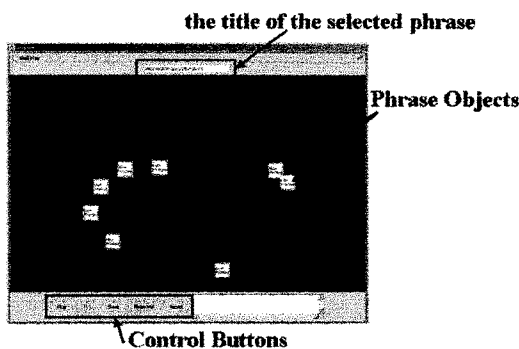


図 2 MACSS の画面

この平面上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り返し回数を指定したりして全体の構成を考え、「Edit Phrase」コマンドで外部の通常のエディタ（本実験では Roland Cakewalk Pro Audio 9）と連携してフレーズの「部分」の編集を行う。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の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。また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（例えば「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上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・阿倍のアルゴリズム[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上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[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 エンジン筆者らの研究室で作成したものをを用いた。

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。

- .. 大きな視点から見ることの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全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。
- .. 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、本環境では全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

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人を対象に予備実験を行った。この予備実験を元に本実験を設計し、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ー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。実験の設定に関する詳細は文献[14]を参照されたい。実験は被験者1人あたり4回にわたって行った。

- .. 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画像（図3）を見せ、その作曲過程をビデオカメラで撮影した。

文献[21]の実験を参考に、課題の画像のイメージに合った楽曲を作ってもらった。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。結果として全ての被験者が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。

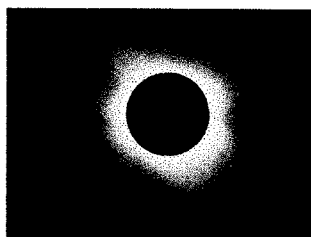


図3 課題の画像（日蝕）

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4～図6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に示した通りである。

表 1 プロトコル分析に用いた単位認知過程の分類

分類	名前	内容	例
thought	compare	オブジェクトを比較する	組み合わせ同士を比較
	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	フレーズの類似性確認
	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	比較後使うものを決定
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	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	オブジェクトを組合せる	フレーズを組合せる
	move	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

図 4 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 4 左側の Window を渡り歩く」という図中①のループから「ミクロな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・削除を繰り返す、テンポ調節などのミクロな作業が中心となってしまう。

図 5 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 4 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、「ミクロな作業を何

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「次に来るフレーズ」を思いついたというプロセスを記述したものである。

図 6 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 4 および図 5 のように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 6 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。

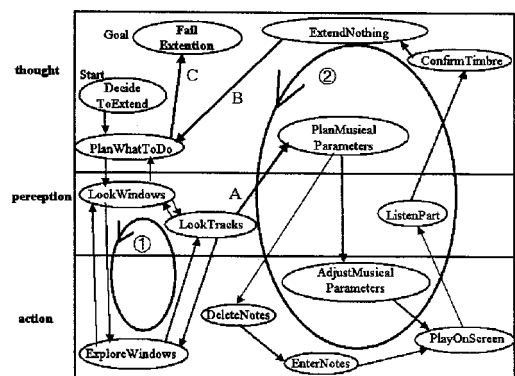


図 4 システムなしの作曲における思考のはまり込み

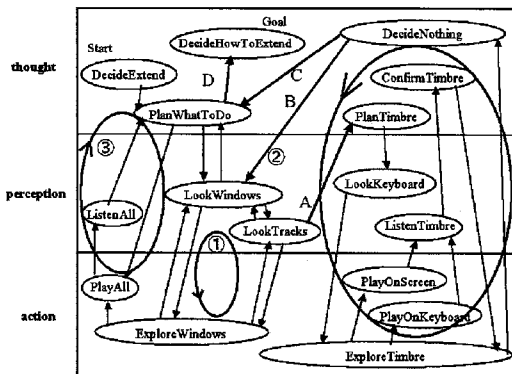


図 5 システムなしの作曲における思考のはまり込みからの脱出

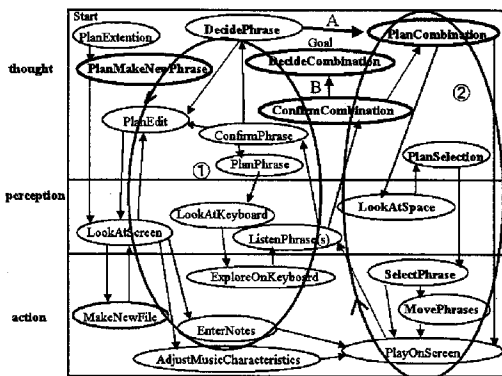


図 6 システムありの作曲における思考のはまり込みからの脱出

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)の時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(システムありの時に) 楽曲中のある点で急に更改したらいいまいか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)いじくってるうちにうまくいった。目で見えたのがよかった。

Nakakoji[22]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 6 右下), フレーズの組み合わ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み合わ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「全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。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(ができてよい)
- .. 俺の曲はすごい似てるから, 多分(システムを使ったら)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言える。

また, 表 2 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わかる。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。無論「システムなしの時点で曲を展開しきつ

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いたらなかった。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。

表 2 MACSS 提示前後に生成された小節の割合 (%)

	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%

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。

以上の分析結果から、次のことが言える：作曲の思考の行き詰まりからの脱却パターンは「時系列的に次に来る音・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、フレーズ同士の組み合わ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、特に後者は空間表現によって引き起こされた可能性があるため、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み合わせが必要であると言える。

6. 結論および今後の課題

音楽の分野においてはこれまでに聴取・演奏に関する認知過程の分析は数多く行われてきたが、創造活動の過程と結果で時間軸が異なる作曲の認知過程に

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。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、様々な事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。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）導入の一手法を検討した。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。

今後は「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「どういう状況で、どういうタイミングで、どういう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。

7. 認知分析の現場への応用 --Event Planning

毎年広告会社をはじめとする企画会社により様々なイベントが数多く催されている。イベントを魅力的にし、かつ開催しただけの効果をもたらしたいと企画者側は願うが、イベント設計は現状では企画者の暗黙知に頼る部分が大きく、以下のような問題点が実際の現場で挙がっている。

1. イベント企画者側の意図が来場者に伝わらない
2. 故に来場者のイベントの経験効果が高まらない。
3. イベントによる効果の指標が現状ではアンケートの統計的な分析のみで効果の中身が見えない。

そこで創造活動支援研究の知見をイベント設計という現場へ応用し、イベント設計を時空間芸術としてとらえて「来場者の経験効果を高める文脈生成支援」という観点から実際に World PC Expo 2001 や東京 Motor Show 2001 を対象として調査を行った。現在はプロトコルを分析中であるが、プロトコルを概観してみると、来場者の経験効果を高めるのにはイベ

ント会場にある様々なオブジェクトとのインタラクションの連鎖の設計が重要であることが見えてきた。これらの連鎖をプランナーがうまく設計できるようにするための、「イベント設計支援のための知識再構築システム(Reconstruction Engine)」を検討中である。

参考文献

- ¹ Donald A. Norman 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*, 21(2), pp.179-217, 1997
- ³ M. Suwa and T. Purcell and J. Gero: "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 Schoen, D A: "The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action", Basic Books, NY, 1983
- ⁵ Hori, K.: "A System for Aiding Creative Concept Formation", *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.24, No.6, pp.882-894, 1994
- ⁶ 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, 1997
- ⁷ 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」, pp.17-24, 1997
- ⁸ Shipman, F M, Marshall, C C, and Moran, T P: "Finding and Using Implicit Structure in Human-Organized Spatial Layouts of Information", *Proceedings of CHI'95*, ACM, pp.346-353, 1995
- ⁹ 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, March, 2001
- ¹⁰ 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, No41, pp.51-71, 2000
- ¹¹ Sloboda, J.A: "Composition and Improvisation", *The Musical Mind*, chapter 4, Oxford, pp.102-150, 1985
- ¹² 梅本 堯夫: "作曲の心理", *音楽心理学*, 第6章, 誠信書房, pp.377-413, 1972
- ¹³ 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
- ¹⁴ 網谷 重紀, 堀 浩一: "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", *情報処理学会論文誌*, Vol.42, No.10, pp.2369-2378, 2001
- 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", 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*, 認知科学選書, Vol.12, 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", 東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻, 学位論文, 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*, 共立出版, pp.117-131, 1998
- ¹⁹ Walter B. Hewlett, Eleanor Selfridge-Field: "Melodic Similarity": Concepts, Procedures, and Applications", *Computing in Musicology* 11, MIT Press, 1998
- ²⁰ 齋藤 堯幸: "非計量的多次元尺度構成法(単相2元データ)", *多次元尺度構成法*, 第5章, pp.70-86, 朝倉書店, 1983
- ²¹ Patrick, C.: "Creative Thought in Artists", *Journal of Psychology*, Vol.4, pp.35-73, 1937
- ²² Nakakoji, K., Yamamoto, Y., Reeves, B.N., Takada, S.: "Two-dimensional Positioning as a Means for Reflection in Design", *Proceedings of DIS 2000*, ACM, pp.145-154, August, 2001