

非同期遠隔環境における音声利用の協調学習支援に関する研究

小東 伸行*, 松浦 健二**, 矢野 米雄*, 柳田 益造***

*徳島大学 工学部

**徳島大学 高度情報化基盤センター

***同志社大学 工学部

<あらまし> 音楽を対象とした情報処理分野では、個人学習環境をターゲットにした提案がなされている。これでは、芸術家を目指す学習者にとっては、基礎的な学習を習得する上では問題ないが、自由創作等における作品評価能力は育み難い。そのため、他の学習者の感性（音楽観）を共有できる支援が必要である。そこで本研究では、音楽的な感性を助長・洗練化するための、複数の学習者による非同期遠隔協調学習を支援するシステムを提案する。本稿では、このような学習環境の設計および開発について述べる。

<キーワード> 感性共有, 協調学習, インタラクション, 音楽学習, 相互評価

Supporting Asynchronous Collaboration for Aesthetics of Music Study

Nobuyuki Kohigashi*, Kenji Matsuura**, Yoneo Yano*, Masuzou Yanagida***

*Faculty of Engineering, Tokushima University

**Center for Advanced Information Technology, Tokushima University

***Faculty of Engineering, Doshisha University

<abstract> In research field for music study, various approach can be seen but most of them are based-alone system. However, approach is necessary. Therefore we propose asynchronous collaborative system for applied-level music to support individual sense refinement in such a collaboration.

1. はじめに

これまで音楽を対象とした情報処理研究では、楽曲の計算機による分析や、自動創作を計算機に行わせるためのアプローチが多く見られる。例えば、吉川らは隠れマルコフモデルを利用して自動和声付けに関する研究を行っている[1]。引地らによる音声モーフィングに関する研究も計算機利用の音楽情報処理分野での適用例として興味深い[2]。また大島らによる MIDI シーケンスデータ作成システムなどもある[3]。これらは共通して、計算機を創作のための道具として捉え、人間の音楽創作を計算機が代行する、あるいは創作行為を支援する事を目的とする。

これらに対し、芸術活動の主体はやはり人間であるため、音楽情報科学の本質を、人間の知的創造活動を学習支援するためのソフトウェア

開発とするアプローチも見られる。例えば、人間の音楽活動の基礎を構成するための典型的な学習支援ソフトウェアとして、三浦らによるバス課題やソプラノ課題の回答導出を行うシステムがある[4]。この研究では、対位法と和声法のうち、和声学における学習基礎となる「禁則」の訓練に焦点をあてており、非常に実用的なシステムと言える。また、禁則ルールの記述方法を計算機上に「ルールユニットモデル」として実現した側面からは工学的な意義も大きい。

上述の研究も含め、現在の音楽情報処理システムの多くは、人間の作曲活動が中心的な対象であり、主な表現手段はピアノ等の楽器である。これに対し、人間の発声行為における訓練を支援対象とするシステムも存在する[5]。これは、音楽だけでなく、音声をも対象とした学習支援

システムである。

ここで、筆者らは、これまで領域非依存の協調的学習支援システムの研究開発に取り組んできた[6]。とりわけ、非同期的に遠隔参加する学習環境におけるエージェントを介したコミュニケーションの設計に関する提案を行ってきた。そこで、本研究では、このような遠隔非同期参加による協調的学習環境の設計に関して、対象を音楽として取り組む。メディアとしては初期にはMIDIを用いる場合もあるが、人間の声による和声を対象としたアプローチを目指している。本稿では特に、芸術的側面も重視、つまり個性を活かした形での協調的学習シナリオについて論じ、最後に学習環境の設計指針を述べる。

2. 音楽学習

音楽を対象とした学習支援を行う際には、一般的な教科学習との相違点に注意を払う必要がある。つまり、基礎/応用的な知識習得やスキル獲得としての側面に加え、数値・数式で表現され難い芸術的センスの洗練化という側面を持つ点である。これらを単一のシステムを用いて総合的に支援しようとするのは困難であるが、これらの学習フェーズは一般に以下のような音楽学習過程に整理する事ができる。

(1) 基礎知識習得

本フェーズにおいて学習者は、音楽を学習する前提としての基礎学習を行う。具体的には、音名、音階、調号、関係調、音程、和音などの学習を通じ、楽譜の読み書きが出来る程度の、必要最低限の知識習得が目的となる。これらは、宣言的知識と見なす事ができ、計算機を利用した学習支援には、一般的なWBT(Web-Based Training)などによる訓練システムの枠組みが適用できる。それゆえに、このフェーズでの学習支援をそのまま支援対象として扱う研究は、現在では多くない。また、このフェーズには、作曲家の楽曲を学習したり、その背景的事実を学習したりするような目標も含まれる。

(2) 応用知識習得

前フェーズは、音楽を符号化した楽譜を理解するための知識習得過程と捉えられる。別の見方をすれば、人間の知的側面に基づく芸術創造行為は、前フェーズには含まれない。

これに対し、本フェーズには人間の作曲活動

を支援する事を目的としたシステムが想定される。本フェーズを支援対象とする際の学習形態には、「課題」あるいは「基本フレーズ」といった①条件付の作曲行為と、②条件無しの完全自由な作曲行為とに分類できる。

例えば、文献4のシステムは、バス課題が与えられた時の和声付けに関する学習を支援するが、これは①の良い例と捉える事ができる。この学習で習得できる「禁則」は、手続きの知識であり、このフェーズではこういった手続きの知識の習得も大きな学習目標となる。禁則だけでなく、和音進行等の学習も、手続きの知識に基づく訓練が必要である。そのため、バス課題・ソプラノ課題を解くことによって禁則の学習ができ、手続きの知識に基づく訓練ができるのである。このようにして得たスキルを基に、②のようなより自由度の高い学習目標の達成に取り組む事までが本フェーズの目標となる。

(3) 感性の洗練化

前フェーズまでに、個人の音楽創作活動を支援するのに、各種知識習得から創作スキルの習得までを対象とする事ができる。ここまでは、学習者個人による能力の助長であり、そのブラッシュアップを個人で行うには、各種音楽を聴くことで視聴経験を拡充する、あるいは同一音楽を繰り返し視聴する事で理解や造詣を深めるといった手段が一般的である。

しかし、現代の理論的学習観として主流となっている構成主義でも、協調的学習支援に関する研究の有意を認めており、相対的優劣を問わず、他の学習者と協調しながら学習を進める事は有効である。特に、芸術的な分野においては、他者の感性を知る事は自己の感性の洗練化に直結し、これを利用した様々な支援が望まれる。

3. 感性共有支援と協調的学習

3.1 研究目的

本研究では、個人の感性を他の学習者と共有できるような音楽学習モデルを設計する。最終的な学習目標としては、前述の学習過程の(3)の支援を目指す。実際には学習項目として(1)と(2)に含まれるような内容も支援しなければならない。具体的には、各学習者の楽曲の好みや、作曲家毎の禁則に関する傾向等を分析し、これらの情報を提供する事で、(2)における学習

の促進を図る。これらの目的達成のための機能設計を行い、システム構築とそれを用いた実践を通じて、音楽を対象とした学習において、協調学習が個人学習より効率が良いことを示し、また感性共有が音楽学習に有効に寄与する事を示す目的を持つ。

3.2 システムの特徴

これまで音楽を対象とした情報処理研究では、個人学習支援ソフトウェアは多数ある。しかし音楽を対象とし、協調学習が行えるグループウェア研究は数少ない。そこで、以下に本システムを用いて協調的に音楽学習するための特徴を挙げる。

- 音楽の知識のない初心者でも学習できる
- 音楽教師が介在し、基礎知識獲得を遠隔支援する。また、本教師はバス課題・ソプラノ課題を解かせる際に、禁則理解のための教育的行動が行える。
- 禁則に囚われず自由に作曲が行える。
- 楽曲に対する主観評価が行える。
- 学習者の曲の特徴を分析し、特徴を知ることができ、他の学習者や有名な作曲家のどの曲と似ているかを判定する。

3.3 禁則の応用

前に述べた「禁則」は、作曲するために和声学上で禁止されたルールのこと、非常に多数存在する。実はこの禁則というルールは、絶対的なものではなく、学習者の創作作品に対して「禁則に違反してなくても美しい曲である」とか、「禁則に違反していても、美しい音色である」などと教師が指導する場合がある。実際、音楽の教官からも同様の指摘があり、専門家の中でも完全な禁則というのは存在してなく、それは独創的な芸術性の高い作品を創作するハードルになるとの指摘があった。世間に広まっている多くの楽曲でさえ、この禁則を違反しているものがあり、違反しているが故に、絶賛されているような楽曲も存在する。そこで、本研究のシステムでは、学習者間で禁則の評価を行わせ、各学習者が作曲する上でオリジナルの禁則を作らせようという独自のアプローチをとる。

3.4 感性共有

本システムにおける学習では、協調学習して

いく中で、自分の好みを視覚化し、その情報を他の学習者と共有する事で各学習者は感性の洗練化を図る。文字で記述される視覚的情報に加えて、学習者の好みの楽曲やフレーズを通じて、システムが自動的に好みの楽曲分析を行い、学習者に提示するような枠組みを構築する。ここで本稿では、「感性＝人間のもつ音楽に関するセンス」と捉える。その表現には以下の項目を用いる。

- ① 好みの楽曲をどのように感じるか
- ② 好みの楽曲は何故好みなのか
- ③ どの心情の時、どの曲を聴きたいか
- ④ それは何故か

それぞれ4つから5つの選択項目とその他（自由入力）の入力方法をもつ。例えば①では、愉快、悲しい、ノリが良い、穏やか、その他をもつ。また③では、悲しい時に元気を出すためのアップテンポの曲を聴きたい時や、逆に落ち着いた曲を聴きたい場合もあり、心情と曲調の組み合わせで登録させる枠組みがある。

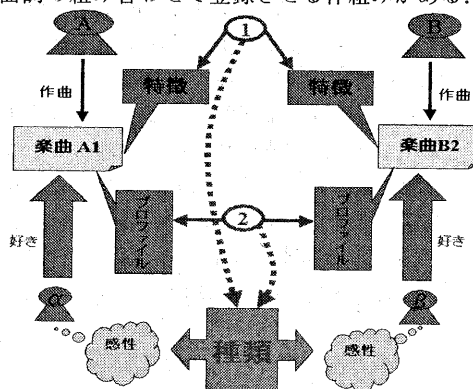


図 1 感性共有

4. 学習シナリオ

4.1 楽曲の共有

典型的な感性共有の枠組みとして、図2を示す。本システムには予め音楽家とその音楽家の楽曲がそれぞれ幾つか登録されている。ユーザーは自分の好みの楽曲や音楽家を登録でき、この情報を他の学習者に公開する事で、他者の楽曲の分析詳細を見たり、システムによって楽曲の類似している他の学習者が推薦される。それによって、他者の好みの傾向との類似性が計れる。

この分析には、以下の2種類を用いる。

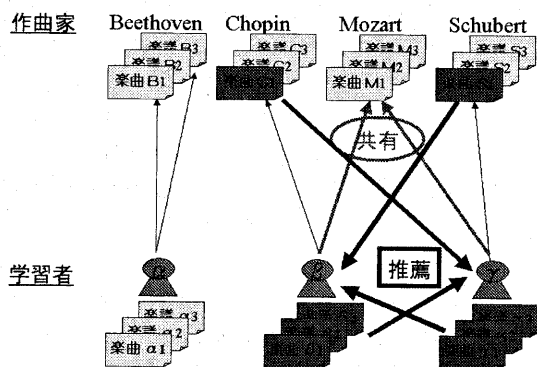


図2 感性共有のサンプル

- (1) プロファイル分析：作曲家とその作曲家の提供している楽曲のうち、学習者が選択している楽曲の数を集計し、他との相対的な数量比較を行う。又、3.4節で述べた楽曲に対する個人の感性の類似度を分析する。
- (2) 楽曲分析：学習者の好みの楽曲に関する特徴を分析する。特に禁則は、既に述べたように、絶対的なルールではなく、それが破られる際に芸術性の高い作品になったりする場合もあり、本研究ではこの点に着目する。つまり、旋律の類似性を評価し、それに加えて、禁則に違反しているルールの類似性を評価する事で、より詳細な分析を行う。旋律の類似性を評価する項目としては、学習者が基礎学習で学ぶ項目（調号、関係調、音程、和音等）を使用し、分析を行う。

これらの方法に基づき、学習者間の好みに関する類似性を分析し、それを協調学習に応用する。ここでは、目的毎に以下の二種類の方向性がある。

- (A) 学習者が感性を深めたい場合
- (B) 学習者が感性の幅を広げたい場合

(A)は、学習者の好みは変わらず、好みの楽曲数を増やしたいのであるから、自分の楽曲と類似度の高い学習者の感性を共有すればよいことになる。つまり、(A)の場合、システムが類似度の高い他の学習者または作曲家が保持している楽曲を推薦する。また、類似度の高い学習者や作曲家でなく類似度の低い学習者や作曲家の楽曲のうち、曲調が類似した楽曲を推薦すること

も暗示的類似度として支援対象とする。

一方(B)は、今まで学習者が興味を持っていなかった楽曲に興味を持つようになるということであるから、自分の楽曲と類似度の高い楽曲ではなく負の類似度を持った楽曲を学習すれば良い。つまり、(B)の場合、システムが類似度の低い学習者または作曲家が保持している楽曲を推薦すれば良い。また、類似度の低い学習者や作曲家でなく類似度の高い学習者や作曲家の楽曲のうち、異なる曲調を持った楽曲を推薦することも上述の暗示的類似度と同様に支援対象とする。

なお、楽曲の提供には、学習者の作曲した楽曲も他者に公開することが可能で、この場合、参照した学習者からの主観的な評価や、指摘などを得る事ができ、作品の改善や自己の感性の洗練化にも貢献できる。

4.2 和声鑑賞

前節で述べた枠組みは、楽曲やそれに関する主観情報を共有・分析して得られる。通常和声創作においては、ピアノを基本とするMIDI等による鑑賞が行われる。この応用的枠組みとして、本システムでは、声による和声鑑賞の枠組みも提供する。

実は、和声に関する旋律の規定は、表現レベルではピアノであっても音声であってもよい。昨今のゴスペル調の楽曲や、ポップス系音楽で台頭している和声デュオなどでも、「聴き心地の良い声の組合せ」が存在するため、学習者の感覚共有による統計的評価機構を応用として導入する。これにより、学習者に一般的な音楽センスを学習する機会を提供する。

5. システム概要

5.1 システムの構成

本節ではシステムの機能要件をシステム構成の側面から述べる(図3参照)。

- 楽曲分析機構：学習者の登録した好みの楽曲を分析する。その際、曲調や関係詞、音程、和音、曲の速度などを管理する。また、40程度の禁則ルールの内、守られていない禁則を抽出し、楽曲のモデル、およびそれを用いた楽曲群のオーサのモデルを構築する。
- 禁則ルール集合とオーサモデル：禁則ルー

ル集合は、約40に及ぶ禁則の集合であり、これは普遍データである。禁則ルール表現例としては、各ルールの相関順に判定していき、ルールは統一性を持たせた記号で表現する。また、各学習者によってこのデータは変更されるため、各学習者毎に保持する。これに対し、オーサモデルは、著名な作曲家の傾向だけでなく、学習者の提供する楽曲に関してもオーサモデルとして分析・構築される。

- 学習者モデル：学習者の好みの楽曲に関する傾向を保持する。内容としては、曲調、関係詞、音程、和音、曲の速度などのデータを扱う。また、音楽学習に関する学習モデル(主観評価データ・オーサモデル・共有作品データ)に関するメタ記述も管理する。
- アドバイザ機構と教材知識ベース：学習者モデルに基づき、学習者が感性を深くしたいのか、幅を広げたいのかに分けて学習者の習得されていない学習項目を推薦し、学習者に明示する。また、4.1節の楽曲提供の支援を行う機構である。

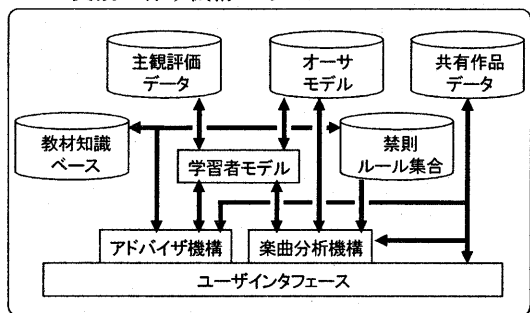


図3 システムの構成

5.2 学習の流れ

<基礎編>

基礎編の目的は楽譜を読むための知識を習得すること(ドリルプラクティス)である。

Step1. 学習者は自分の好きなテーマ(音名・音階・調号・関係調・音程・和音など)を選び、そのテーマについて学習する。

Step2. ある程度楽譜の読み書きができるよう

になると応用編に移る。

<応用編>

応用編の目的は禁則を理解し、手続き的な知識の習得と自由度の高い学習目標の達成である。

①【条件付の作曲行為】

Step1. 学習者は先生が列挙している和声の中から好きな曲を選び、ピアノの音を聴きながらバス課題、或いはソプラノ課題を解く。

Step2. 学習者が解いた回答を判定し、学習者は自分の間違った箇所を復習し[Step1]へ戻り、この動作を繰り返し禁則を理解する。

②【条件無しの完全自由な作曲行為】

Step1. 学習者は①である程度禁則を理解できると禁則というルールに縛られず、禁則の違反を考えずに作曲する。

Step2. 出来上がった作品に対して教師が禁則判定や登録を行い、又、他の学習者や作曲した学習者自身が主観評価データを入力する。このとき、詞を加えることもできる。

<感性の洗練化>

本過程では以下の項目から選択し、自由に協調学習を行うことができる。

- 作品に対する主観評価データを相互評価したり、議論し合う。
- 3.4節及び4.1節に述べた感性の共有及び楽曲(類似性に応じた2種類の推薦)によって、個人及び複数の学習者の感性を洗練化する。

5.3 インタフェース

5.3.1 インタフェース(基礎・応用編)

図4は本システムの応用編のインタフェースである。学習には3つの過程があり、基礎、応用、感性共有に分かれていると先に述べた。基礎編では、WBTによる知識獲得を行わせる。獲得知識は学習者モデルに反映される。図4では、学習者が選んだ曲をファイルから読み込んだり、他の学習者の楽曲を参照することができ、著名な作曲家の楽曲なども常に参照できる。また、参照した楽曲をいつでも再生したり、自分の歌声を録音することもできる。

5.3.2 インタフェース（感性共有編）

学習者の作成した楽曲を分析・表現する。そして、他の学習者との感性の相関が視覚的に即座にわかるようにマップを表現を行う。角度の狭い学習者間では、感性が似ていることを表し、逆に角度の広い学習者間では、感性が離れていることを表している。

6. おわりに

本研究で対象とする音楽は、学習者の動機付けの点で整理が必要であるが、本稿では特にその点には言及していない。例えば、趣味で学習する者もいれば、大学における教養科目として学習する程度の者、音楽教師を目指す者、音楽そのものを学問として専攻する者など多様な動機付けが想定できる。第二章の分析は、これらを詳細に分類せず、大雑把にレベル分けしたに過ぎない。結果として、本研究の目指す枠組みは、これら三過程に横断的に関与するようなアプローチとなっている。

本システムでは、音楽に特化した枠組みや、音楽に関する専門知識・領域知識を用いない柔軟な枠組みを目指している。

謝辞

本研究は、科研費、基盤 B(2)13480047 および同志社大学学術フロンティア「知能情報科学とその応用」の援助を受けた。

参考文献

- [1] 吉川響, 川上隆, 中井満, 下平博, 嵯峨山茂樹, “HMM を用いた旋律への自動和声付けと調性推定”, 日本音響学会 2000 年秋期研究発表会講演論文集, 2-6-4, pp.533-534, 2000.
- [2] 引地孝文, 小坂直敏, “物理モデルによるモーフィングにおける音色知覚”, 電子情報通信学会技術報告 SP97-109, pp.7-14, 1998.
- [3] 大島千佳, 西本一志, 宮川洋平, 白崎隆史, “音楽表情を担う要素と音高の分割入力による容易な MIDI シーケンスデータ作成システム”, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.7, pp.1778-1790, 2003.
- [4] 三浦雅展, 下石坂徹, 斉木由美, 柳田益造, “和声学におけるバス課題についての解答確認システムの構築とその評価”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.84-D-II, No.6, pp.936-945, (2001).
- [5] 平井重行, 片寄春弘, 井口征士, “歌の調子外れに対する治療支援システム”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-II, No.9, pp.1933-1941, (2001).
- [6] Matsuura, K., Ogata, H., and Yano, Y.: Supporting asynchronous communication in an agent-based virtual classroom, International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning, Vol.12, No.5,6, pp.433-447, 2002.
- [7] <http://www.ne.jp/asahi/joe/ny/S/wasei.html>

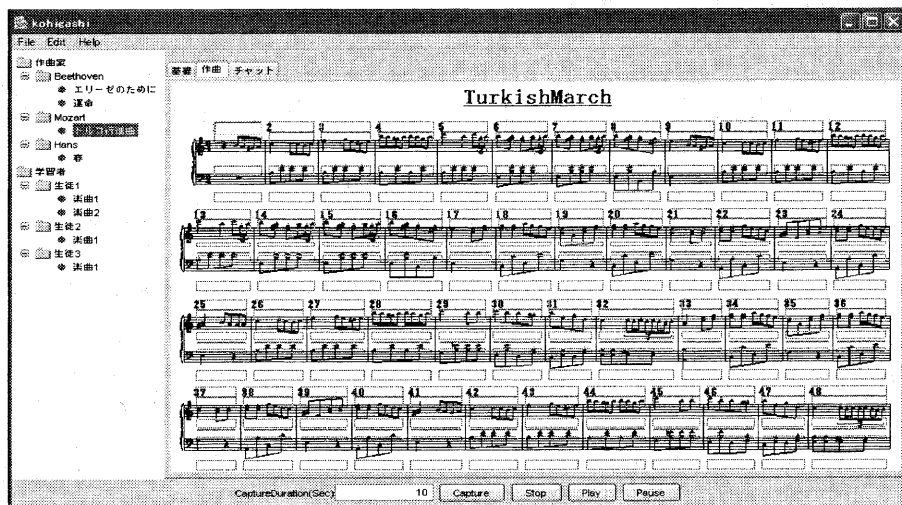


図 4 インタフェース