

解説



音楽情報処理

4. 音楽認知への計算的アプローチとその課題†

平賀 譲††

1. はじめに

本稿では音楽認知研究の現状を紹介しつつ、それが抱える難しさを検討する。ここで対象とするのは音楽認知を情報処理過程としてとらえ、形式的な表現・処理の体系で定式化しようというアプローチで、典型的には計算機上に認知モデルを作成するという形をとる。これを「計算的アプローチ」と呼ぼう。また「認知」といってももっぱら音楽の聴取過程を対象とし、作曲・演奏といった生成面は扱わない。

計算的アプローチではプログラミング以前の段階—つまりどのような課題を設定するか、どのような概念を用いるか、どのような方法を適用するかといった理論的枠組の設定 (Smoliar²⁰) の言葉では「抽象化」のほうがかつ重要である。計算モデルそのものは、それ自身としての「発見」もあるにしても元となる理論的枠組を超えることはできない。この点が音楽心理学など、「発見」のほうにウェイトがある研究との違いである。

本来なら音楽理論がこの枠組の役割を担うべきだが、(伝統的な) 音楽理論は必ずしもその役には立たない。音楽理論は「音楽」の理論ではあっても「音楽を聴く過程」の理論ではなく、そもそもの目的が違っている。その食い違いがそのまま、音楽理論を(無反省に)適用した研究の問題点につながってくる。

計算的アプローチ自体は言語理解、視覚、問題解決など他の認知領域にも適用されるが、音楽の場合それらと違った特殊事情があり、それが問題を難しくしている。これを2.で概観する。3.では音楽認知における研究課題を「構造認識」とい

う観点から整理する。それらを背景に、4.以降で研究事例を紹介・検討する。

「音楽を聴くとはどういうことか」を認知科学的立場で最も正面切って探求したのは Minsky¹⁷⁾ だろう。ただし「心の社会論」¹⁸⁾でもそうだが、彼の議論は直接には研究プログラムに結びつきにくい。本稿と同様の観点からの議論は Smoliar²⁰⁾ や波多野²¹⁾ にみられる。音楽学にあっても従来の音楽理論を脱して、認知的、さらには情報処理的視点から理論を構築しようという動きが生まれている。これは7.で取り上げる。

2. 音楽認知の特殊性と計算的アプローチ

以下への背景として、音楽認知のもつ特質を情報処理的観点からまとめておこう。見通しをよくするため、認知の種類を抽出型—享受型、人為起源—自然起源、構造的—非構造的の3軸で分類する。認知が抽出型とは情報を得ること自体に意義がある場合、享受型とは情報が内部に引き起こす効果のほうが顕著な場合をいう。いわば「知ること」と「体験すること」の対比で、感情などは享受型になる。人為・自然は、情報が人為的に作られたものか、自然発生的かの区別である。享受型を意図した人為的情報が「芸術」となる。認知が構造的か否かは、入力情報が抽象化・構造化(さらには記号化)されていてその解析が必要か、直接的な認知効果を生じるかの区別である。

この区別のもと、言語や視覚は第一義的には抽出型の構造認知である。言語はもっぱら人為的であり、視覚には自然・人為双方のケースがある。これに対し、嗅覚や味覚は享受型の非構造的認知といえよう。音楽の場合、第一義的には享受型の構造認知で、しかももっぱら人為的である。つまり構造認知という点では言語や視覚と共通の性格をもちながら、それらと違って享受型優位という

† Computational Approach to Music Cognition—Overview and Issues by Yuzuru HIRAGA (University of Library and Information Science).

†† 図書館情報大学

点で特異な認知領域となっている。

言語や視覚の場合で明らかのように、計算的アプローチはもっぱら抽出型の構造的認知を対象としている。さらに限定すると、入力情報に対しどのような結果・応答が得られればよいかについて「客観的な」判定基準を設定できる。発想を逆転すれば、人間のもつ認知メカニズムとは関わりなく、入出力情報の関係「だけ」に基づいてシステム作りが可能である。

音楽の場合にもこれと同様に、享受型の過程全体をいきなり扱うのは無理にしても、その前段となる構造認識の部分を対象とすることが当然考えられる。しかし享受型としての性格は、その際にも本質的な影響を及ぼす。

まず享受型では内面的な効果に意味があるから、処理結果は必ずしも外部から観察可能でない。したがって具体的にどのような構造が抽出されるのか自体が研究上の大きな問題になる。

また享受は認知メカニズムのプロセスないし状態として生じるものである。音楽は曲の進行とともに実時間的に提示されるから、前提である構造認識も時間に沿って展開されなければならない。したがって各時点での部分的な情報に対するダイナミックな処理形態が必要となる。

さらに同じ人為的といっても、抽出型と享受型（つまり「芸術」）の場合とでは情報の生成者と受容者の関係が著しく異なる。言語のような抽出型の場合、各個人は生成（発話）と受容（理解）に同レベルの能力をもつものとみなせる。ところが享受型では両者は著しく非対称であり、受容（聴取）側には生成側（作曲・演奏）の能力は必要でもないし、普通はそもそも存在しない。したがって聴取側に生成側固有の処理を持ち込むわけにはいかない。これは方法論上の大きな制約になる。外部に観察可能な応答は、採譜や編曲が正しくできると、生成側に関わるものが多いからである。しかも情報が忠実・完全に処理される保証はないから、曲の「客観的」分析がそのまま認知処理を反映するとは限らない。「音楽の理論」と「音楽認知の理論」は、深い関連はあるにしても、はっきり区別する必要がある。

3. 音楽認知の（標準的な）研究課題

音楽認知研究が取り上げてきた課題は、構造認識という観点から以下のように分類できる。

●楽譜化

楽譜は音楽の抽象的・記号的な、また唯一の標準的な表現であり、音響信号としての音楽を楽譜レベルの表現に変換することが第一の目標になる。これは2種類の情報に分けられる（簡単のため5線譜を範にとる）。

音符レベル：音楽を楽音単位に分離、記号化する。楽音のもつ属性のうち基本的となるのは高さ（音高）と長さ（音長）で、音高は1オクターブ12半音階、音長は音価（4分音符の「4分」など）に量子化された離散値をとる。

譜線レベル（枠構造）：楽譜には明示されるが曲の表層には現れない情報で、中心となるのが調（ないし調性：ハ長調など）と拍節（小節や拍）である。調性は音高に「ドレミ」など音階中の位置（音度）を、拍節は音長に強拍、弱拍の別などを指定する参照基準としての働きをもつ。言語で言えば英語、日本語など言語種を与えることに相当し、それによって音楽的意味の解釈がなされるという点で、解釈の枠組である「枠構造」と呼ぶことができる。音長の場合、絶対長は変動が大きいので、個々の音価も拍節構造に即してでなければ確定できない。

楽譜情報の抽出は、音楽認知を離れた音楽情報処理一般でも自動採譜など、重要性が高い。また音楽理論による分析など、より高次の解析はすべて（音響レベルでなく）楽譜を出発点としている点で、低次レベル処理と高次レベル処理をつなぐ中継点としての役割をもつ。

●線型構造と和声

旋律は時間軸に沿った線型の構造であり、多声部の場合、主旋律の抽出が問題になる。リズムは拍節上の線型構造である。これは音価による時間的パターンであり、枠構造としての拍節そのものとは区別される。

和声も基本的には調性上の線型構造とみなせる。和声解析は和音を構成する音の選出と、和音どうしの連結性を扱う和声進行の解析とに分かれる。両者は独立ではなく、和音同定がボトムアップには決定できず、可能な和声進行から逆に確定

されるケースも多い。

和声理論は音楽理論の中で最も（あるいは唯一）体系化された部門であり、したがって計算的アプローチとの相性もよい。和声は「音の協和性」と不可分に結びついているが、和声理論の発達とは裏腹に、協和性は音楽認知の中でも最も難しい問題の一つである。享受的側面にもろに関係しているからである。

●高次構造

より高次の構造は、曲を「グループ」に分節し、それらの間の構造的関係として定義するのが基本的方法である。本格的な計算モデルとして実現された例は実質存在せず、まだ理論的模索の段階にあるといえよう。これを3種類に分けてみる。

形式構造：音楽理論で言う「楽式」にあたり、2部形式やソナタ形式などがある。曲は動機や楽節などの単位（＝グループ）に分節され、それらを統合する形式は（少数の）定型パターンに還元される。

簡約による階層構造：グループを代表する構造音を（再帰的に）抽出していくことにより、曲を簡約化（reduction）して骨格構造を得ることを指す。これを構成原理に据え、曲全体の階層構造を構築しようという試みの代表的なものとして Lerdahl-Jackendoff 理論¹²⁾がある。

音列パターンによる構造：これは上二つとは少し異なり、個々の音ではなく、音程など音どうしの関係に注目し、それらのパターンからなる構造を対象とする。これにはパターン処理的観点から計算的アプローチで扱われたもの^{5), 6), 9), 29)}、音楽理論の側では Meyer¹⁶⁾と弟子の Narmour^{21), 22)}により展開された「暗意—実現モデル (Implication—Realization model)」がある。村尾^{19), 20)}もこの系統に入る。

上は一応、低次から高次の構造の順とみなせるが、これらの処理は互いに密接な依存関係にある。たとえば調や拍節などの枠構造にしても、リズム、和声、グループ化などから動的に確保される。このような強い相互依存性の存在は、認知過程における処理単位が結果として認識される（あるいはそう想定される）構造とは直接には対応づけられないことを示唆している。

これらの構造は2とおりの（ないし3とおりの）

タイプに分類できる。一つは曲の有機的な統合を与えるための構造で、和声、楽式、簡約構造などが該当する。枠構造はこれの特殊なケースで、それ自身が曲の構造というよりは、外部構造として曲に作用するといったほうが適切である。もう一つは曲自身の個性を規定する構造で、音列パターン構造などが該当する。これが曲を特定したり、類似性を判断するよりどころとなる。逆に統合の構造はプロトタイプ化されるため、曲を特定化するという面は弱くなる。

ある音楽構造が音楽認知の理解につながるかどうかは、結局それが楽曲の記憶形式に対応しているか、あるいは記憶として保持されなくても、認知過程の遷移の状態に現れるかという点から判断されよう。以下ではその観点からいくつかのトピックを取り上げる。

4. 楽譜化と認知的実在性

楽譜化が実用的に重要なのは明らかだし、当然音楽認知でもその一環をなすと受け取られている¹⁹⁾。しかしこれがそう自明かは問い直す必要がある。

楽譜化のうち音符レベルまでの抽出は、音響信号処理の領域に属する。これについては多くの研究があり、認知的な課題も少なくない。しかしこのレベル（たとえば MIDI 信号）を出発点とする研究も多いこともあり、本稿では取り上げない（たとえば参考文献 23）を参照）。

調性の決定は、問題解決としてみれば楽譜に記されている調を求めればよく、転調などを考えなければ比較的簡単である。たとえば曲の最後の音は主音（ドレミのド）であることが多いからそれに注目するだけでもかなりの正解率が得られるし、音高の頻度分布から尤度の高い調を選ぶ方法もある²³⁾。また和声構造に着目すれば、複雑な場合でも高い正解率が得られる。しかし認知において調性感は実時間的に存在するし、調決定は総体としての音楽認知の一環を占めるにすぎない。全曲データへのアクセスを仮定したり調決定自体を自己目的化するアプローチは、そのような側面の理解には役立たない。

統計的手法でも少し改変すれば実時間的な調決定が可能になる。それには音階の各音が適合すべき相対分布をあらかじめ与え、曲中の音とすべて

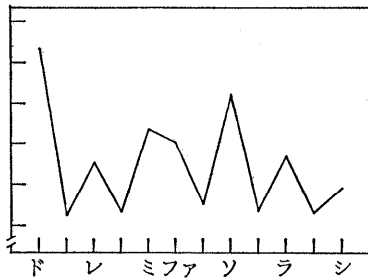


図-1 長音階の「心理プロフィール」。(参考文献 11) より転載。横軸はオクターブの12半音、縦軸は心理評定値。

の調との適合度を求め、最も高いものを選べばよい。Krumhansl¹¹⁾ は心理実験のデータをもとに作成した図-1のような「プロフィール」を用いて、曲の冒頭の数音から高い正解率で調が決定できることを示した(図-1は長調のもので、ド、ソ、ミの順に高い値となっている。短調と合わせ、12半音上の24とおりの調との照合が行われる)。タイムスライスを適当に設定すれば、曲の断片の調決定にも利用できる。類似の、あるいはより洗練された手法も考えられるが²⁵⁾、それについては省略する。

ここで強調したいのは、「調」の意味が最初とは違ってしまっている点である。ここでは調は大域的ではなく、局所的・相対的なものになっている。そして局所的な調性は専門家の間でも意見が食い違うし¹¹⁾、局所調の多義性を取り上げた研究も多い(たとえば参考文献 1))。認知という視点から眺めると、問題設定自体が変わってしまうわけである*。調の認識は曲の進行とともにダイナミックに進むものであり、曲が大域的な調をもつ(ように作られている)というのは、調性感が安定して機能できるためという「結果」にすぎない。

一方問題点としては、可能な候補との全照合が行われているとは考えにくい¹⁾、候補の競合がどんな認知的意味をもつかも問題である。人間の認知は常に単一の調に収束し、しかも急速にスイッチしうるからである。

拍節構造についても同様の議論ができる。実際の演奏が楽譜からの逸脱であるという立場では、音長を音価に正規化(量子化)することが中心課題となる。これにはさまざまなアプローチによる研究がある^{14), 15), 23), 24)}。しかし逆に楽譜のほうこ

* その点、Krumhansl が「正解率」にこだわっているのはいただけない。

そ近似であるという立場では、拍節はもっと定性的な色彩を帯びてくる。

拍節構造は、短い音価が足し合わさって長い音価で置き換えられるという、階層構造としてイメージされることが多い¹⁵⁾。しかしこれは量子化された音価に基づくものだし、そもそもリズム構造との混同がみられる。上の「定性的」見地からは、拍、小節など、異なるレベルの拍節が重畳し、それぞれが柔軟に伸縮するという、一種の多重時間構造的なイメージ^{4), 24)}のほうがふさわしい。

拍節構造は、表面的には曲を一定時間間隔に刻むものだが、本質的役割は曲の効率的なグループ化を可能にすることだろう(拍節がなくても休止を置いたりすればグループ化は可能で、実際そのような音楽も多い)。拍節が確保されていればグループ化は容易になるが、拍節自体、グループから導かれるものである。したがって拍節認識は、もちろん相互依存性はあるものの、グループ化及びパターン反復の認識の問題に吸収されることになる。

翻って音符レベルに対しても最初の問題提起を当てはめることができる。Longuet-Higgins¹⁵⁾ などの見解に反して、記号化された孤立的な音符の羅列という意味での楽譜表現が音楽認知で顕著な役割を果たしているかは疑問である。絶対音高・相対音高の認識は普通人には難しいし、曲の記憶にしても、音響的なエピソード記憶や逆に高次構造のほうが記憶形態としての妥当性は高い。楽譜レベルに限らず、これらの点について検討を深めることが、音楽認知の理解には不可欠だろう。

5. 和声解析とルール主導アプローチ

和声解析ではさらに別の問題が浮かび上がる。和声理論は和声規則の集まりとして記述されるため、計算的アプローチとの相性がよい。初期の計算的アプローチとして、Systemic 文法を応用した Winograd のシステムがある³⁰⁾。これ自身よくできたシステムだが(もっとも曲を逆順に(!)パースするが)、これがいまだに引用され続けているというのはやや象徴的でもある。もちろんその後優れた研究・システムがないということではないが、本質的な部分はそこで尽くされているとも言えよう。

用をもつ。この場合、処理単位をどう設定するかという問題とともに相互作用の調整が厄介で膨大な作業になり、実際のシステムとして実現するのは相当に難しい。

分散処理形態をとる音楽情報処理システムは多いが、音楽認知では Rowe の Cypher²⁵⁾ (の聴取部) や Gjerdingen の L'ART pour l'art⁶⁾ がある。Cypher は Minsky の「心の社会論」¹⁸⁾ に依拠した構成で、6種の単能 agent (音価、音域など) と、それらの相互作用を司り、調、拍、簡単なグループ分節を行う agency からなる。また L'ART pour l'art は4レベルのニューラルネット階層で、声部ごとの音列や音程の協和度を入力情報とし、音列パターンの抽出を行う。いずれも簡単な処理機能しか実現していないが、今後の研究の方向を示すものとしての意義は大きい。

7. 構造解析への二つのアプローチ

分散処理の観点からみた音楽構造の認識は、調・拍節・和声の認識と連動しながらも、それに依存しない処理をも含めた総合的な処理としてとらえられる。3. で紹介した Lerdahl と Jackendoff¹²⁾, Narmour^{21), 22)} の理論は、いずれも認知を意識した総合的理論であるが、目指す方向はかなり違っている。

いずれも非形式的に記述された理論でその分融通性はあるが、音楽専門家の直感に依存する度合いが高い。計算的アプローチでの部分的な利用はあるものの、本格的にインプリメントされた例は存在しない。しかし認知モデル化のための基盤となることは十分期待でき、理論自体の検証、精密化の意味も含め、注目に値する。

7.1 Lerdahl-Jackendoff 理論

これは生成文法を踏まえた理論であり、4つの部分から構成される。基底構造となるのは「グループ構造 (grouping structure)」と「拍節構造 (metrical structure)」である。グループ構造は楽式に相当する階層的な分節を与える (拍節構造については既述)。各グループは2種類の簡約—「隣接簡約 (time-span reduction)」と「調性簡約 (prolongational reduction)」によって階層的に統合される。前者は隣接グループ間での構造的な重要性に基づく簡約、後者は和声など調性の緊張—弛緩関係に基づく簡約である。理論自体は構成規則 (well-

formedness rules) と選好規則 (preference rules) の集まりとして記述される。

特徴的なのは、主として局所的な情報の相互作用を選好規則の形で明示した点にある。特にグループへの分節の部分が心理学や計算的アプローチから注目され、検証や実現のためのさまざまな試みがある。ただグループ化一般の問題として階層的な分節のほうを強調するあまり、線型な横のつながりという面が軽視される傾向がある。またごく簡単な場合を除けばグループ化は難しく、専門家でも見解が分かれることが多い。

また対象となる構造は曲の有機的統合を規定するものであり、認知的な実在性、特に曲の記憶構造との関係が問題となる。簡約に基づく構造化ではメロディラインなど曲の表層構造は切り捨てられるが、直感的には曲の骨格的構造よりは、むしろそういった断片のほうに記憶としての印象は強い (逆に言えば、大域的構造が少々破綻していても普通には気づきにくい)。

7.2 暗意—実現モデル

Narmour (及び Meyer) による暗意—実現モデルは、ある意味では Lerdahl-Jackendoff 理論と相補の関係にある。ただ理論自体は膨大なものなので、ここではその一面を紹介するにとどめる。

基本的には旋律の理論であり、和声のような構造要因よりは基本的な音程関係及びそれによるパターンが注目される。たとえば「ドレミ…」のような順次上行は一つのパターンをなし、さらに「…ファソラ…」と続く傾向 (暗意) をもつだろうし、「ドソ」のような広い音程は、逆にドに戻ろうという暗意をもつだろう。それらがある安定点に達すれば、暗意が完結 (実現) されたことになる。暗意は離れた音の間にも存在しうるし、実現されるとも限らない。それらの閉じたあるいは開いたパターンの複合が、旋律の構造を特徴づけることになる。このような基本概念の上に (タキノミー主体の) 壮大な理論が築かれている。

この枠組は、上記の記憶構造についての直感とマッチするし、曲の照合など、さまざまな応用も効く。大規模な曲も暗意—実現過程とみなせると主張されてはいるが、基本的には局所的構造の理論だろう。特徴的なのはパターンどうしが交錯して境界が一致しない場合、明確な分節が可能とは限らない点である。ある時点ですべてのパターン

が閉じてしまえば分節は明瞭だが、そこで音楽はストップしてしまうだろう。ある要因は閉じ、あるものは継続していることにより、分節と連続の両方が実現されるというのは音楽の基本的性質と思われる¹⁰⁾。

最後に類似性について触れておく。曲中でパターンを反復するというのは音楽の著しい特徴であるし^{16), 22)}、曲内に限らずとも、既知の曲との照合は音楽認知の上で重要な要因となっている。しかしその割には、類似性検出の問題が広く研究されているとはいえない。ここでも強調したいのは、単に類似性が検出できればよいわけではない点である。たとえばグループ化において、グループが認識されて照合が起動されるというよりは、照合自体が先行し、それによってグループが明確になるという面のほうが強い。これがどのような認知メカニズムに基づき、どのような役割を果たしているかは、音楽認知を解明する上できわめて重要性が高い問題である。

8. おわりに

本稿では個々の研究紹介を羅列する体裁をとらず、筆者個人の視点から音楽認知をどうとらえるか、それに対して主な研究がどう位置づけられるかを記してきた。全体として否定的論調が多くなったが、過去の成果を称揚するよりも、将来的な展望を示したいという気持ちに根ざすものであり、個々の研究については、十分に評価すべきものと思っている。個々の、特に「普通の」研究については、参考文献23)などを参照されたい。

本稿では音楽認知の特殊性を強調する立場をとったが、それらの性質は言語や視覚など他の認知領域についても、程度の差はあれ、一般的に当てはまる。したがって音楽認知の研究は個別領域にとどまらず、人間の認知一般を理解する上でもプロトタイプとなる普遍性をもつと言えよう。その点にこそ音楽認知研究の真の意義があるし、だからこそ興味深いわけである。

参考文献

- 1) 阿部純一：旋律はいかに処理されるか, *in* 7), pp. 41-68 (1987).
- 2) Bharucha, J. J.: Music Cognition and Perceptual Facilitation: A Connectionist Framework,

- Music Perception*, Vol. 5, pp. 1-30 (1987).
- 3) Bharucha, J. J. and Todd, P. M.: Modeling the Perception of Tonal Structure with Neural Nets, *Computer Music J.*, Vol. 13, No. 4, pp. 44-53 (1989).
- 4) Desain, P. and Honing, H.: Time Functions Function Best as Functions of Multiple Times, *Computer Music J.*, Vol. 16, No. 2, pp. 17-34 (1992).
- 5) Deutsch, D. and Feroe, J.: The Internal Representation of Pitch Sequences in Tonal Music, *Psychological Review*, Vol. 88, pp. 503-522 (1981).
- 6) Gjerdingen, R. O.: Categorization of Musical Patterns by Self-Organizing Neuronlike Networks, *Music Perception*, Vol. 7, No. 4, pp. 339-370 (1990).
- 7) 波多野諄余夫 (編): 音楽と認知, 東大出版会 (1987).
- 8) 波多野諄余夫: 音楽の認知的理論をめざして, *in* 7), pp. 131-142 (1987).
- 9) 平賀 護: 音楽認知のための知識表現, *in* 7), pp. 97-130 (1987).
- 10) Hiraga, Y.: A Computational Model of Music Cognition Based on Interacting Primitive Agents, *Proc. of ICMC 1993*, pp. 292-295 (1993).
- 11) Krumhansl, C. L.: *Cognitive Foundations of Musical Pitch*, Oxford Univ. Press (1990).
- 12) Lerdahl, F. and Jackendoff, R.: *A Generative Theory of Tonal Music*, MIT Press (1983).
- 13) Lerdahl, F.: Tonal Pitch Space, *Music Perception*, Vol. 5, pp. 315-350 (1988).
- 14) Longuet-Higgins, H. C. and Lee, C.: The Perception of Musical Rhythms, *Perception*, Vol. 11, pp. 115-128 (1982).
- 15) Longuet-Higgins, H. C.: *Mental Processes—Studies in Cognitive Science*, MIT Press (1987).
- 16) Meyer, L. B.: *Explaining Music: Essays and Explorations*, Univ. of California Press (1973).
- 17) Minsky, M.: Music, Mind, and Meaning, *in* Roads, C. (ed.): *The Music Machine*, MIT Press, pp. 639-656 (1989: 原論文は 1981).
- 18) Minsky, M.: *The Society of Mind*, Simon and Schuster (1986). (安西 (訳): 心の社会, 産業図書 (1990)).
- 19) 村尾忠廣: 楽曲分析における認知, *in* 7), pp. 1-40 (1987).
- 20) 村尾忠廣: クロージャーの客観的測定に基づく構造音の抽出について, 音楽情報科学研究会夏のシンポジウム, pp. 67-72 (1992).
- 21) Narmour, E.: *The Analysis and Cognition of Basic Melodic Structures*, Univ. of Chicago Press (1990).
- 22) Narmour, E.: *The Analysis and Cognition of Melodic Complexity*, Univ. of Chicago Press (1992).
- 23) 音楽情報処理の技術的基盤, 平成4年度文部省科学研究費総合研究(B)「音楽情報科学に関する総合

- 的研究」(1993).
- 24) Rosenthal, D.: Emulation of Human Rhythm Perception, *Computer Music J.*, Vol. 16, No. 1, pp. 64-76 (1992).
- 25) Rowe, R.: Machine Listening and Composing with Cypher, *Computer Music J.*, Vol. 16, No. 1, pp. 43-63 (1992).
- 26) Schwanauer, S. M., and Levitt, D. A. (eds.): *Machine Models of Music*, MIT Press (1993).
- 27) Shepard, R. N.: Structural Representations of Musical Pitch, in Deutsch, D. (ed.): *The Psychology of Music*, Academic Press, pp. 343-390 (1982). (寺西他(監訳): 音楽の心理学〔上, 下〕, 西村書店 (1987)).
- 28) Smoliar, S. W.: Representing Listening Behavior: Problems and Prospects, in M. Balaban, K. Ebcioğlu, O. Laske (eds.): *Understanding Music with AI*, AAAI Press/MIT Press, pp. 53-63 (1992).
- 29) Simon, H. and Sumner, R. K.: Pattern in Music, in Kleinmuntz., B. (ed.): *Formal Representation of Human Judgment* (1968). (also in 26)).
- 30) Winograd, T.: Linguistics and the Computer Analysis of Tonal Harmony, *J. of Music Theory*, Vol. 12, pp. 2-49 (1968) (also in 26)). (平成6年5月2日受付)



平賀 譲 (正会員)

1956年生. 1979年東京大学理学部情報科学科卒業. 1981年同大学院修士課程修了. 1983年同博士課程中退. 同年図書館情報大学助手.

現在, 同講師. 理学修士. 認知科学(音楽認知, 認知科学の基礎), 人工知能, パターン認識, マンマシンインタフェースなどに興味をもつ. 著書「音楽と認知」(共著, 東大出版), 訳書「コンピュータと認知を理解する」(産業図書)など. 日本認知科学会, 人工知能学会, ACM, ICMA など各会員.

