

解説



楽譜の入力方法とその自動認識†

大 照 完††

音楽データを計算機に入力する場合は、楽譜をとおして行うのがほとんどすべてである。しかし、この楽譜データのアクイジションは、予想外に面倒で、これが音楽の計算機利用発展の一つの障害になっている。その理由から説明し、まず、楽譜データの種々の入力方法、装置を概説し、それらの特長と楽譜情報との関連を示しながら、相互の比較を行う。次に、情報処理装置としても興味深い、楽譜の自動認識については章を改めて解説する。

1. 楽譜のデータエントリの困難性

なぜ、楽譜情報の取り込みはむづかしいのか？ 楽譜は2値画像で、しかも音符の数は限られており、たとえば漢字 JIS 第1水準の3000字に比べても、数も少なく、形も単純である。しかし、活字本の漢字かな文字の場合は手動タイプにより、1分間に約100字、A4判の文章が1ページ15分～20分で取り込めるのに対し、楽譜では同じA4判の取り込みに数時間を要するのがしばしばである。その理由は、活字本では文字間隔は原則としてすべて等間隔であるため、特に位置情報として取り込む必要がないのに反し、楽譜では音符が1音ずつ、その間隔（ピッチ）を異にし、離散値であるが多値で、重要な情報である。しかも、スラー、タイ、クレッシェンドなどアナログ的な記号がある。さらに「印刷楽譜」は現在、日本ではいったん手書き（浄書という）したものを印刷している。このため、音符の形状の一様性は必ずしも高くなく、特に音符相互のスペースは符割りといわれる楽譜作成者の芸術的な感覚により大きく左右される。印刷する場合は、この情報まで取り込まねばならない。言い換えれば、楽譜の表現は活字本というよりも手書きで、さらに間合いを専ら書道に近い。

いま一つ付け加えるならば、以上は楽譜の図形的な

情報に限っての話である。楽譜を再印刷に利用する場合は、この図形的な情報だけでよいが、演奏の場合は、楽典に従って音楽情報に変換する必要がある。現在我が国でも開発中のハイテク機器の一つに読書器がある。活字本の文字をOCRで読み取り、音声合成器で朗読する機械である。この機械は、文字を認識した上で、さらにたとえば工夫を「コウフ」と読むか「クフウ」と読むか決定するため、文章解析が必要である。楽譜の場合も同様で、音符の五線上の位置情報だけでは音名は決まらない。前に記された音部記号、調号、臨時記号などにより違って来るからである。

結局、楽譜はそのエントリの段階で、すでに一種の文章解析が必要といえる。

2. 楽譜入力装置と楽譜情報

種々の楽譜入力装置を概観し、読み込むべき楽譜情報との関連を調べてみよう。

2.1 楽譜入力装置

現在利用されている楽譜入力装置は、表-1に示す5つに大別できる*。a)は最も普通の汎用コンピュータ入力装置で、どんな楽譜情報も原理的には入力できる利点がある。反面、すべてを人がコード化せねばならない。キーの数も限られている。入力時間もかかる。これを部分的に改善するため、順次b)以下の半自動装置が利用されている。b)はメニュー選択の、対話形式が導入でき、音符の位置情報もアナログ値で調整することができ、図形情報の入力、特に修正、編集などに便利な装置である。c)は位置情報が半自動的に取り込み、スピードアップを図れる利点がある。これはピッチ入力と音符情報の入力のどちらにも利用できる。d)は音符の認識ばかりでなく、人のもつ楽典の知識を入力時に、必要に応じて100%利用でき、入力結果を楽音で再生して確認できるなど数多くの利点がある。しかし、この方法では、ピッチ情報は容易に

† Data Entry and Automatic Recognition of Music Score by Sadamu OHTERU (Department of Applied Physics, Waseda University).

†† 早稲田大学理工学部応用物理学科

* ここでは楽譜、または楽譜を介した入力を考えているので、音からの直接採譜は省く。

表-1 楽譜入力装置の種類

a) パソコンのキーボード (QWERTY Keyboard)	手 動
b) マウスとアイコン c) デジタイザ d) 鍵盤楽器 (MIDI 規格)	半自動
e) 光学式自動読取り装置	自 動

正確に入力できるが、リズム情報の入力には、音価の割付け (Rythm Fitting) という面倒な問題がある。これは、鍵盤楽器を「人」が押すとき、ピッチ情報は量子化された鍵盤の位置で入力されるので、デジタル値間の変換で済む。これに反し、リズム情報は音符で決められた時間的長さ (デジタル値) を人がいったん時間軸上のアナログ値に変換する。すなわち、不安定要素をもつ「人」が D→A 変換の作業のため間に入り、その出力として得られたアナログ値を計算機への入力のため再び A→D 変換する。この過程で、当然精度の劣化は免れない。これを改善するため、メトロノームを使用したり、「人」によるベースサイクルの変動を自動的に補正するなどの試みがある^{11, 2)}。e) は光学的読取り装置を用いて楽譜の図形情報を音楽情報も含めて自動入力する。高速で入力できる大きな利点があるが、現状では性能、特に、入力あるいは認識できる楽譜の種類に限られる。

以上 a) は手動、b), c), d) は半自動、e) は全自動ということができ、特に a) および b), c), d) は、マン・マシン・インタフェースの観点から、使い勝手、入力の所要時間が重要な要素になる。なお、半自動、自動の区別は、ここでは前者は楽譜情報の認識を人がやり、後者は機械がやるものとした。

2.2 楽 譜 情 報

楽譜に含まれている情報のうち、何をどこまで計算機に取り入れ、処理すればよいか、だれもが考える問題であり、断片的な議論はあるが、結論は得られていない。これは、目的、用途、さらにシステムの処理能

表-2 データエントリの立場からみた楽譜データの種類

1) ピッチ	音符の縦方向の量子化された位置情報	基本量
2) リズム	音符符号の種類	
3) アナログ情報を含む記号	イ) スラー、タイ、クレッシェンドなど ロ) スタッカート、テヌートなど	
4) 符割り	音符の横方向の位置情報 (アナログ値)	
5) 文字情報	速度記号、歌詞など	

力によっても異なり、また計算機による音楽研究の発展とともに変遷してゆくものでもあろう。ここでは前節のような入力装置の現状を考慮して、エントリすべき楽譜データを表-2 に示す 5 つに大別してみよう。1) 2) は最も基本的かつ重要な音楽情報 (仮に基本量と呼ぶ) で、共に楽譜上ではデジタル符号化されている。3) は記号化されているが、内容はアナログ的な情報を含み、計算機で取り扱うのが面倒な記号である。これにはシンボル自体も変形し、アナログ的、図形的で入力が面倒な イ) スラー、タイなどのグループとシンボル自体は固定、したがってそのパターン認識は比較的容易な ロ) スタッカート、テヌートなどのグループがある。また 4) は演奏や音楽解析などには不要であるが、印刷する場合、あるいは楽譜の芸術的な面からは重要な情報である。5) の文字情報は、各国それぞれの言葉で書かれており、特にこの部分に工夫をこらした専用入力装置は、見当たらないので、割愛する。ただ楽譜の歌詞は、通常の記事における「分かち書き」と異なり、各文字をそれぞれの音符の下に書く、特殊な文字配列を採用していることを指摘するに留める。

3. 実用化されている手動、半自動入力装置

演奏、楽譜印刷、音楽研究、音楽教育、放送などの目的で多くの研究者が、それぞれの工夫を加え、さまざまな入力装置を試作あるいは商品化している³⁾⁻⁵⁾。ここではその具体的な方法、装置のいくつかを表-1 の分類に従って紹介する。a) の例として、Musicom PCS⁶⁾ は 4 オクターブ分のピッチキーと 112 の音符専用キーをキーボード上に並べて配置し、左手で Pitch、右手で Character (シンボル) と Spacing を入力でき、スクリーン上で楽譜表示による会話式の修正ができる。印刷用に実際に使用されている。b) の CRT とマウス、カーソルの組合せは使用例も多く、種々の方法があるが、たとえばカーソルでピッチを与え、アイコンからシンボル (音符) を選ぶ。この方法はメニューを階層構造にせねばならぬ上に、作業者は目を楽譜とスクリーン上に交互に往復させねばならぬ。そこで、c) の方法では、デジタイザ上に直接楽譜シートを乗せ、ペン、十字線などで入力すべき音符を楽譜上で順次指し示すだけで、位置情報を半自動的に入力できる。この方法により、音楽の知識のない人で、100 音符/分 (ただし音名のみ) の入力速度が 90% の精度で期待できるという⁷⁾。これは、現在の漢字手動入力の速度約 100 字/分の数字と一致して、この種の人の

能力の目安を示すものとして興味深い。また、デジタイザは、大きなメニュー面積が取れるので、音符情報の入力にも有効に利用^{9),9)}されている。d)MIDI規格の鍵盤楽器入力は音楽の知識を必要とするが、規格も世界統一され、手軽に使用でき、低価格で市販されるようになったので、利用者も多い。しかし、上述したように、このままでは、リズム情報の正確な入力が困難なので、a), b)あるいはc)と併用して、実用する例が多い。さらに、この方法では unison (一般的には声部分離) など縮退した情報の分離、クレッシェンドなどあいまいさを含む強弱信号の復元など本質的に困難な問題があり、この装置の限界についても考えておく必要がある。e)光学式自動読取り装置は、商品化された例はないが、研究室で試作された報告は少なくない。装置の原理、性能については後に詳しく述べる。

ここで、入力装置と入力すべきデータの対応を比較すると、まず a)よりも c)のほうが 50% 早く入力できるという報告⁹⁾がある。手動、半自動では、楽譜とスクリーン、キーボード、カーソルの間を眼がどれほど往復するかが、時間および疲労度に重大な影響を与える。現在のところ、実用的にはピッチだけであるが、「楽しみながら」入力できる d)の方法は今後大いに利用されるであろう。この場合、すべて 4 分音符として、ピッチ情報のみ入力し、後で音符の修正を行う。音符の間隔は等間隔、比例配分など自由にでき、五線、音符の大きさ、フォントなどに対しても種々便利なソフトが開発されている¹⁰⁾。なお、表-2(3)、特にイ)のデータは自動、手動いずれでも簡単でないので、必要に応じて別個、キーボード、時には手で入力される。ここで、図-1の MUMS (Erato Music Manuscriptor)⁹⁾は a)~d) 4 つの方法の長所を生かした例で、鍵盤楽器でピッチを、デジタイザの一面に同時に 132 個の音符、記号、文字を用意して、CAD 技

術を取り入れた便利な仕様になっている。

ところで、表-2(2)項のリズムは、ピッチと同時に入力するという条件のもとでは、表-1のどの方法を用いても、現状では簡単、迅速に入力できる方法がない⁸⁾。これを克服する一つの方法として TIMES (Totally Integrated Musicological Environment System)¹¹⁾を紹介する。これは、ピッチを超音波デジタイザで、シンボルは人が認識して音声で入力する。シンボル名は音声認識により自動的に DARMS コードに変換される。“楽譜を書く速度で取入れできる”という。音声認識は現在 64 語であるが、これはおのこの自国語で入力すればよい。和音に対応できないなどいくつかの欠点があるが、10 世紀から 20 世紀初めまでのどんな西洋楽譜 (たとえばネウマ 4 線譜) でも入力可能である。音声による入力は CAD/CAM などでは利用例があるが、この場合は音声とデジタイザの同時使用が特に有効で、半自動の一つの新しい方向を示すものであろう。

4. 光学自動読取り装置¹²⁾とその特長

楽譜データをカメラをとおして装置に入力し、これを自動認識してコード化する。この全自動装置では、手動、半自動の入力装置に比較して、大きな相違点はまず人間の視覚系に比較して、カメラの特性は十分でないため、高品質の画像を必要とする。楽譜は 2 値画像であるが入力段階では高分解多値、10 本/mm 程度の解像度が必要で、具体的な装置としては、CCD カメラ、イメージスキャナが利用される。

次に人間には容易でも、機械には不得手な音符およびその他の記号パターンの自動認識が光学読取り装置の主な仕事になる。これには音符および記号など図形情報の識別と、それらの相互関係から発生する音楽情報の解析に大別される。前者は活字のように変形しない記号 (符頭、音部記号など) と変形するが意味的に同じ記号 (符尾、タイ、スラー、連符など) が存在し、文字認識¹³⁾というよりも、CAD の問題に近い。最も普通に見られる音符で、たとえば、符尾は符頭の左、右あるいは上、下さらに両側に付く場合もあり、その長さもまちまちである。また、図-2(d)の符鉤表記も、同図(e)の連符表現も、音楽情報としては多くの場合同一である。このようにさまざまに変形する記号の識別は、人間にはやさしいが、機械には一般に苦

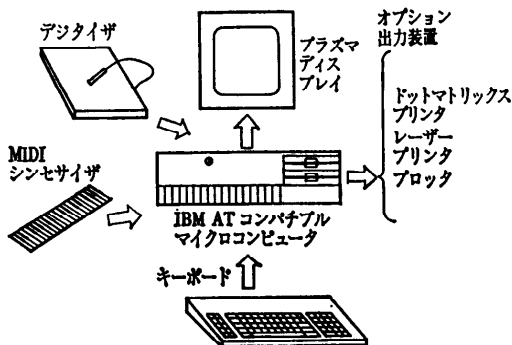


図-1 MUMS の装置図

* 手動、半自動と自動とは、その内容を異にする。すなわち、前者は認識は容易であるが、その入力に手間がかかり、後者は入力は簡単であるが、認識に手間がかかる。

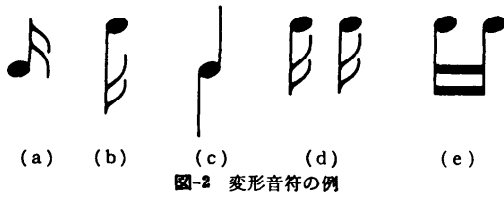


図-2 変形音符の例

	五線
	音部記号
	調号
	拍子記号
	小節線, 二重線 繰返し記号, 終止線
	音符 (全音符から16分音符, 和音, 連符の付くもの) (Head+Stem)
	符鈞, 連符, 付点
	発想記号 (スタッカート, テヌート)
	臨時記号
	休符

図-3 自動認識できる基本記号

手である。また、図形情報の間で他の記号に作用する範囲は、1)ショートレンジ、2)ロングレンジ、3)リミットレンジ(区間指定)の場合がある。付点、テヌート、スタッカートなどは1)に、音部記号、調号、拍子記号などは2)に、小節線、繰返し記号、臨時記号、スラー、クレッシェンドなどは3)に属する。図形識別、レンジ領域が明確になれば、量子化された音楽情報への変換は、楽典によりそれほど困難なく行える。しかし、両者切り離せず、相互に影響を及ぼす場合がしばしばある。

現在、自動認識の対象になっているのは近代五線譜、しかも比較的簡単なピアノベースの曲に限られ、その認識可能な記号は、システムにより差があるが、図-3

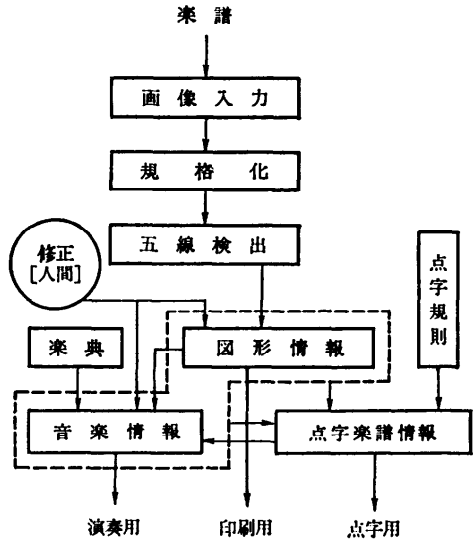


図-4 用途別楽譜認識の流れ

に示す記号が一般的で、スラー・クレッシェンドなどの変形する記号はむずかしい場合が多く、書式・フォントに種類が多い f・p・Allegretto などの文字記号は読み取り不可能ではないが一応除外されている。また認識対象楽譜は、市販の印刷楽譜かそれに準じた楽譜で、手書き楽譜まで対象としたシステムはまだない。

図-4 に光学読取り装置を用いて楽譜を自動認識処理するシステムのブロック図を示す。上述したように楽譜情報は用途によりその内容を異にするので、ここでは演奏用、印刷用に大別し、さらに点字楽譜用も付け加えた。これは6点点字によりデジタル符号化され、普通の楽譜と完全に対応づけされている万国共通の符号体系をもち、視障者ばかりでなく、音楽情報処理の上でも重要な意味をもつからである。

楽譜はさまざまな種類、サイズがあるから、画像入力の際、シェーディング、傾きなどを自動補正し、大きさの正規化、フォント、パート数などの情報はあらかじめ与えておく場合が多い。五線は音符の位置情報(音高)はもちろん、記号の存在領域の指標を与えてくれる。記号は楽譜の全面にわたって存在するのではなく、歌詞や題を除けば五線の内部とその周囲に限定される。この性質を利用し、記号の探索範囲を狭め、認識時間を短くできる。しかし五線は他の記号と比べて、一見検出が容易そうであるが、実際には他記号との重なり・切れ・傾き・湾曲があり、一方記号検出の際ノイズの要素になるので、あらかじめ五線を消去する¹⁴⁾場合もある。

5. 記号の自動識別と楽譜の自動解析

図形情報、記号の識別方法には大別して、記号のセグメンテーションをしたのち適当な特徴パラメータを選び分類する方法（以下セグメンテーション分類法と呼ぶ）、相関法により中心となる記号を検出したのち、構造的特徴を利用して周辺探索、識別する方法（以下相関探索法と呼ぶ）がある。以下では、音符の識別方法を中心にして説明する。

a) セグメンテーション分類法

この方法では、まず記号をいくつかのパターン・クラスに大分類したのち、それぞれのクラスに個別の識別処理を行い認識する。大分類には、セグメントの外接四辺形の大きさによる分類法^{14), 15)}と、プロジェクション・プロフィールの特徴パラメータによる分類法がある。

外接四辺形の方法では、まず五線を単純消去した後、記号の外接四辺形を求め、その大きさ、占める面積、重心などにより図-5のように記号空間上で種類分けし、あらかじめ、登録した記号とその特徴を比較して、解析、識別する。

プロジェクション・プロフィールによる方法では、パターン内の特定点の位置情報が重要な意味をもつことを利用して、垂直・水平方向のプロジェクションにより記号の位置情報と形状情報に関する特徴を抽出して認識を行う¹⁶⁾。垂直方向のプロジェクションによりセグメンテーションを行い、図-6のように分離した領域に対して水平方向のプロジェクションを求め、ここで得られた特徴（ピークの数・位置、下部・上部の幅、セグメントの幅など）により分類する。

b) 相関探索法

楽譜上の記号はいくつかの中心となる記号とそれらに付随する記号とで構成される。したがって中心とな

る記号（上位記号）を検出すれば、その他の記号（下位記号）は上位記号の周辺か、特定の場所を調べるこ

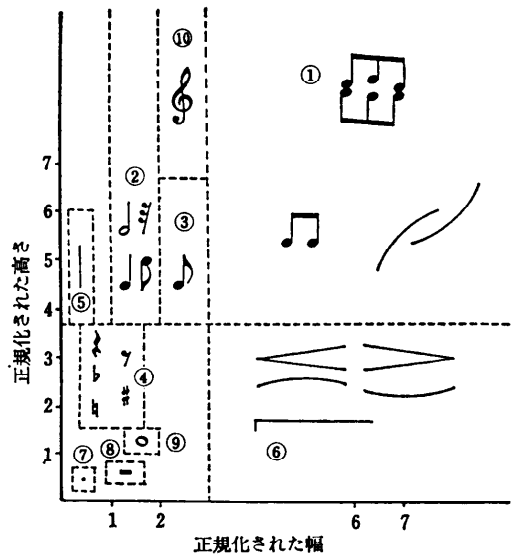


図-5 大分類のための記号空間



図-6 プロジェクション例

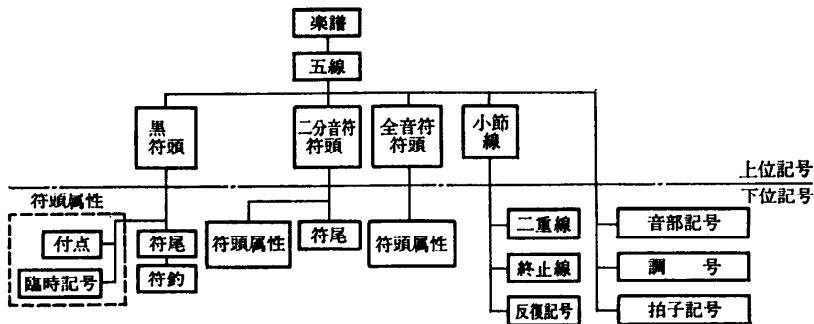


図-7 楽譜のデータ構造

音高	C	C	C	B	B	C	B	B	B	C	B	B	C	C
音種	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
音長	12	08	0C	0C	0C	0C	18	0C	0C	18	0C	0C	18	

図-8 自動認識結果の1例

とにより比較的容易に検出できる。楽譜上の記号を図-7に示す階層構造をもつデータとして捉え、上位に位置する記号をハードウェアによる相関法で検出し、下位に位置する記号を上位記号により限定された小領域の検索と構造的特徴により識別する¹⁷⁾。まず、五線検出後、符頭を相関法で求める。次に符頭の周囲の制限された領域で、符尾・符点・符鉤・連符・発想記号(テヌート・スタッカート)の検出を行う。符鉤と連符は、符尾の前後いずれに検出されたかにより区別する。和音を構成する符頭では、一つの符頭についてのみ符尾・符鉤などの検出を行い処理の重複を避け、高速化を図る。その1例を図-8に示す。b)は入力画像a)の五線の湾曲、きれ、傾きを補正し、ほぼ水平化した正規化画像、c)はb)の五線および予測される加線の上と間で、符頭検出器および小節線検出器により検出された候補である。同図左から二つ目の候補は連符の一部を誤検出したもの。d)では、この誤検出の符頭が端点4隅の検査で取り除かれ、さらに符頭候補の周囲の探索により符尾、符鉤、符点などの記号が識別される。このとき局所的に五線位置を補正し、検出の精度を上げている。ここでは演奏用のため、連符は符鉤の形で示されている。さらに音部記号、調号、繰返し記号も認識付加され、楽典検査を経て、e)に示したコード(音高、音長、音種、スタッカート、テヌートなどの有無)で最終解析結果が得られている。なおこの処理例では、A4判の楽譜1枚を読み出しから自動認識まで約10秒で達成している¹⁷⁾。

その他、プロジェクション法に部分マッチングを併

用する方法¹⁸⁾、画像メモリへのアクセス方式に特徴をもたせ、五線間の画像を走査して、黒画素の存在により記号を検出する報告もある¹⁹⁾。

c) 楽譜の自動解析

このようにして得られた記号およびその位置情報は、必要な修正、編修を加え、完全な図形情報として印刷用にはそのまま利用できる(図-4)。演奏用には、上述したように、さらにそれらの相互関係と楽典により音楽情報として出力する。しかし演奏用でも、オンライン自動演奏の場合などは、人による修正の時間はなく、また間違えても対象の演奏楽器を破壊するような誤りは許されないので、Fail Safeの出力を要求される場合もある。

さらに近年重視されてきた総合音楽情報処理システムでは、種々の用途に使われる楽譜情報を自由に相互変換²⁰⁾できることがたいせつで、統一的な標準コード体系の整備が必要になる。

6. まとめと展望

以上、楽譜情報のエントリについて、手動、半自動、全自動装置のおのおのについて現状を概説した。

楽譜は種類が多く、その品質もまちまちである。現代の楽譜の種類が多いばかりでなく、楽譜は歴史が古く、表記法も時代とともに変遷してきた。しかも、他の分野に比較して古典を入力する要求が多い。一方、品質の悪い手書楽譜の入力要求も根強い。したがって、楽譜情報の認識の部分は人に頼る、手動、半自動装置は、今後とも、ますます利用されるであろう。もともと手動、半自動装置はデータエントリの現実的な要求から開発されてきたため、入手しやすい市販品で実用に供することができる。ただ、一つの欠点は時間と手間で、1枚の楽譜エントリに数時間もかかるようでは1日に1~2枚がせいぜいで、データの蓄積は思うに任せない。

これに対し、自動入力装置では、ともかく1枚10数秒で入力できる。しかし、この装置を用いて多量のデータアクイジションをやった報告ははまだ聞かない。従来、全自動の入力装置は、データエントリそのものの目的よりも、パターン認識、情報処理装置の好例題として研究開発されてきたきらいがある。現在も市販された例はない。確かに、自動認識がやりにくいシンボル、文字などがあり、また幼児向けからオーケストラ総譜までバラエティに富む楽譜を一律に対処できない、経費もかさむなど、この装置の不備、欠点は

数多い。しかし、手動、半自動装置間の比較検討、実験は多いが、自動入力装置を積極的に利用する立場から現状でどこまで使えるか、どこまで使うのか、自動、半自動、手動入力装置を同一組上に乗せた検討、研究がほとんど見当たらない。本文中でも触れたように、手動、半自動のより能率よい融合、TIMESのような新しい装置の開発が望まれる。一方において、自動入力装置もそれだけに頼ることなく、手動、半自動との融合を図れば、現状のままでも、十分利用できる道があるのではなかろうか。事実、筆者らは表-1 b)で述べた市販のマウス、アイコンの入力装置をデータエントリというよりも、むしろ光学式自動入力装置の補助器具として、入力データの修正、編修に予想以上に便利に利用している²⁰⁾。

イメージスキャナも安価になり、画像入力および基本的な画像処理のソフトも種々市販されてきた。手動、自動の融合を図るにも、どこで境界線を引くかは、楽譜の種類、費用と使いやすさ、さらに目的、用途により変わってくる。利用者も、図書館、研究所、大学など多量のデータ蓄積を必要とする場合と、個人使用とではおのずから異なる。個々の装置の性能向上はもとよりたいせつであるが、これらの装置を融合して、データエントリという立場から、さらには、広く音楽情報を研究、教育に利用する総合音楽情報処理システムの入力という立場からシステム作りが必要なときと思われる。

参 考 文 献

- 1) 井口：採譜と音楽情報処理，コンピュータと音楽，bit 別冊，pp. 30-41，共立出版（1987）。
- 2) 大照他：人間のリズムを考慮した演奏情報から楽譜情報への変換法，電子情報通信学会春期全国大会，D-414（1988）。
- 3) Pennycock, B.W. : Computer-Music Interfaces, A Survey, ACM Computing Surveys, Vol. 17, No. 2, pp. 267-289 (1985). 訳，阿部，坪井：bit 別冊，コンピュータ・サイエンス，pp. 127~145 共立出版（1987）。
- 4) 岡：楽譜印刷，コンピュータと音楽，bit 別冊，pp. 112-122，共立出版（1987）。
- 5) 酒井：トップランスキャンノートシステムによる楽譜作成，情報処理学会「計算機と音楽シンポジウム」報告集，pp. 117-123（1984）。
- 6) Molin, A.D. : A Terminal for Music Manuscript Input, Computers and the Humanities, Vol. 12, pp. 287-289 (1978).
- 7) Carter, N.P. et al. : The Acquisition, Representation and Reconstruction of Printed Music by Computer (Unpublished).
- 8) Wittlich, G. et al. : A System for Interactive Encoding of Music Scores under Computer Control, Computers and the Humanities, Vol. 12, pp. 309-319 (1978).
- 9) Hawkins, J.C. : An Application Integrating Innovative Hardware Technology, Report, The Erato Music Manuscriptor, Erato Software Corporation (Oct. 1987).
- 10) SCORE : アルテック(株)パンフレット。
- 11) Schnell, C. : TIMES, 14th Congress of International Musicological Society (ITALY) 資料（1987）。
- 12) 大照他：楽譜の自動認識(解説)，日本音響学会誌，41巻6号，pp. 412-415（1985）。
- 13) Kessler, M. : An Essay toward Specification of a Music-Reading Machine, Musicology and the Computer II, pp. 151-188 (1970).
- 14) 青山，棟上：印刷楽譜の自動読み取り，画像電子学会誌，Vol. 11-5, pp. 427-435 (1982).
- 15) Prerau, D.S. : Computer Pattern Recognition of Printed Music, AFIPS Conference Proceedings, Vol. 3, pp. 153-162, 1971 (FJCC).
- 16) 中村，進藤，井口：音楽情報の入力とデータベースの作成，電子通信学会技術研究会報告 PRL 78-73 (1979).
- 17) 大照他：楽譜の自動認識システム(WABOT-2の視覚系)，日本ロボット学会誌，Vol. 3-4, pp. 354-361 (1985).
- 18) 尾上他：楽譜の自動読取の試み，情報処理学会全国大会，pp. 491-492 (1979).
- 19) 前中他：五線間走査を容易にした画像入力装置による楽譜認識について，信学技報，PRL 83-60 (1984).
- 20) 大照他：総合音楽情報処理システム，電子通信学会全国大会，シンポジウム，SA-7-7 (1988).

(昭和63年2月22日受付)