

# 相愛大学音楽研究所 公開講座

## Computer Music ワークショップ / コンサート

長嶋 洋一

1998年3月10日

これまで4年にわたって、Computer Musicに関する、センサ、MAX、カオス理論、アルゴリズム作曲、音響処理、などの話題を紹介し、去年はミニコンサート形式でのデモンストレーションを行ってきました。今年はシリーズ最終回として、後半には新作3作品の初演を行うComputer Musicコンサートを行います。前半のレクチャーでは、Electronic Musician誌のEditor's Choice Awardで1997年のBest Sound Design Workstationにも選ばれ、世界中の先端的な音楽家が注目しているデジタル信号処理システム"Kyma"の最新バージョンを用いて、最先端の音響信号処理について、具体的な実演とともに紹介・考察していきます。後半では、このKymaやオリジナルの「楽器」を含むシステムを駆使した新作の世界初演として、草野心平の3つの詩にインスパイアされた、3曲のComputer Music作品を発表するコンサートを行います。ここでは、人間の「声」に注目した作品、相愛大学の林絹代講師の「笙」を題材とした作品、そしてオリジナルの「新楽器」を用いたPerformerの即興と組み合わせられた作品、という異なったスタイルでのComputer Musicの生きた実例を示します。これら作品の作曲に関する解説、さらにセンサを駆使したマルチメディア・パフォーマンスについても紹介して、Computer Musicの可能性について考えていきたいと思います。

## PROGRAM

### LECTURE

#### 「コンピュータによる最新の音響処理」

--- デジタル信号処理ワークステーション"Kyma"による実演

==== Intermission =====

### CONCERT

#### "Ogress" for Vocal and Live Computer Music

作曲：長嶋洋一 演奏：下川麗子

#### "Scenery" for SHO and Computer Sound

作曲：長嶋洋一 演奏：林絹代

#### "Atom" for Performance and Live Computer Music

作曲：長嶋洋一 演奏：寺田香奈

# 御注意

次ページから11ページ分の資料(LECTURE)については、以下の事情がありますので、この配布資料からのコピー、第三者への譲渡・配布・貸出等については、一切御遠慮下さい。この注意を遵守できない方は、退出時に配布資料を必ず御返却下さい。(長嶋)

日本のComputer Music分野におけるもっとも中心的な「パイブル」として数多くの専門家・研究者・音楽家などに約10年間にわたって支持され続けてきた教科書があります。共立出版bit別冊「コンピュータと音楽」(音楽情報科学研究会編)という本です。しかし現在ではこの本も絶版となって入手できなくなりました。また、その内容も世界的なこの分野の研究の進展とともに、やや古い部分も出てきました。

そこで、音楽情報科学研究会・日本音響学会音楽音響研究会・日本音楽知覚認知学会などの関係者を中心に、10年ぶりにこの続編を出版するという計画が立てられ、いま現在進行形で編集執筆が進んでいます。橋本(早稲田大)・平賀(図書館情報大)・平田(NTT研究所)・長嶋(ASL)という4人が編集委員として昨年夏から編集企画と著者編成を行い、本年6月に共立出版bit別冊「コンピュータと音楽II」(仮題)として出版される予定になっています。これは今後10年間の日本の音楽情報科学分野で教科書となるべく、国内・海外において第一線で活躍する若手研究者を中心に執筆者を選び、また活発に創作・発表活動を行っている8人の作曲家による音楽的な報告・解説という章も設け、最新の研究状況・公演等を含む網羅的な記事が満載されています。Mac・Windows・Unixに全て対応した付録CDROMには、関連したサウンド、プログラム、データ、参考資料、作家のデモ曲集、などが満載で、このCDROMだけでモトが取れます。

さて、そこで本レクチャーとこの本との関係ですが、今回の「コンピュータによる最新の音響処理」というテーマは、実は私がこの本の第2章(「音」の生成や処理に関する章)の第4節として担当執筆した内容を、本の出版にさきがけて初めてここで公開する、ということなのです。以下の11ページにある内容は、この本の該当部分の原稿から再構成したもので、図についても出版される本と同じ(レイアウト等はまったく異なる)ものとなっています。本来ならこの本の出版を待ってから取り上げるべきなのですが、世界的な最新状況をいち早くご紹介するために、敢えてKymaを使ったこの話題を取り上げたわけです。そこでお願いなのですが、この本が出版されるまでは、本配布資料は絶対に個人的に読むだけとして下さい。この本が出版された後では、購読して一般読者として読むことにし、本資料はその際には破棄していただければ幸いです。私は付録CDROMの編集も担当しているために、既に完成しているKymaのサンプルサウンドのCDROMをこのレクチャーで紹介しますが、出版後はこれも付録CDROMに入っているので、いつでも聞くことができます。

ちなみにこの本の内容を簡単に予告・紹介しておきます。「音素材の追求」という章では、本資料の内容は全4節の中の一つでしかなく、あとさらに3つの本格的な楽音合成や音響処理についての解説があります。そしてこの他にも、「音楽情報科学の全体についての概観」、「音楽聴取・採譜」(自動採譜・音源分離・拍節認識・調性認識・楽譜認識)、「音楽分析・理解・記憶」(音楽理解・音楽表現・音楽解釈・音楽構造解析等)、「広義の自動演奏と自動伴奏」(表情付け・セッション等)、「インターフェース/システム/ツール」(新楽器、研究事例紹介、センサ、ネットワーク、市販ツール等)、「感性とアート」(感性情報処理、作曲家による事例紹介)、といった内容が満載です。自信をもってお勧めいたしますので、どうぞお買い求め下さい。(^^)

# LECTURE

## コンピュータによる最新の音響処理

--- デジタル信号処理ワークステーション"Kyma"による実演

### 1. 楽音合成の意義

ここでは「楽音合成」という言葉を、「音響合成」と「音響信号処理」をまとめた広い概念として、音楽に用いられる音素材を生成する部分、という意味で用いる。そして、この楽音合成のアルゴリズムに関して、具体的なサンプルサウンドを豊富に紹介して、体験的に理解することを目指していく。なお、ここで紹介する楽音合成アルゴリズム例は、あくまでそのごく一部である。

市販の電子楽器はアナログ音源方式の長い歴史を経て、現在ではほとんどがPCM方式となった。たとえば電子ピアノ内部の大容量ROMは、世界的名器とされるアコースティック・コンサートグランドピアノの音響をデジタル記録したPCMデータで一杯である。この録音データは、演奏された鍵盤の音程と打鍵の強弱(タッチ)データに応じて読出され、D/Aコンバータで変換されて音響出力となる。PCMデータ幅を16ビット、サンプリング周波数を50KHzとして単音の音響を10秒間ずつ記憶し、それを88鍵(ピアノの音色は鍵盤ごとに異なる)と50段階のタッチ量ごとに用意すると、全体で約35ギガビットのデータ量となる。そこで、音域を粗く分割して異なる読出し速度で共通の波形を読み出したり、タッチ量を単純に音量(振幅)に作用させて音色ごとのメモリを持たない、等の便宜的な手法で大幅な情報圧縮/コストダウンを行っている。

このようなPCM録音による音源方式は、デジタルオーディオと同様に、再生音響をスピーカから聴く人にとっては本物らしく聞こえる。電子ピアノでは演奏者の演奏技術に関係なく、猫が鍵盤スイッチを踏んでも同じ音響を発生する。記録されたデータの呼び出し(再生)では、演奏者の微妙な演奏のニュアンスを反映させられないのは当然で、より密接に人間の制御と発音機構が結び付くバイオリンやフルート等の音響に至っては、まったく論外である。パソコンのマルチメディア化が当然のものとなり、CD品質の音響生成が可能になってきたが、これもあくまで再生専用のものである。ピーブ音、FM音、PCM音と進化してきた音響合成の技術は、警告音や単なるBGM、あるいは音響データの切り貼り済みの分野、楽器を弾けない人がパソコンで楽しむ音楽(リスナーとしての参加)等では今後も健在であろう。

しかし、より創造的なコンピュータ音楽(作曲・演奏・芸術)の領域では、音楽のもっとも基本的な構成要素である「音」そのものにも、あらゆる微妙なニュアンスを実現しうる、なるべく多種のパラメータを持った楽音合成が求められている。例えば、メーカーは「誰にでも簡単に弾ける楽器」を大量生産するのに対して、専門家は「簡単には演奏技法を習得できない新楽器」を求めている。これは、センサ部分にも音源部分にも、なるべく数多くの自由度と可能性を持つことで、音楽芸術の深遠な世界や音楽演奏の場の緊張感と表現力を持ちたい、という切なる希望なのである。プリセットの音色波形メモリとか、楽器メーカーに固定された音源専用LSIの枠組みだけでは、楽音合成の可能性としてあまりに限定されている。そこで、世界中で多くの研究者/音楽家によって、ここで紹介するような各種のアルゴリズムによる楽音合成方式が検討されているのである。

### 2. Kyma

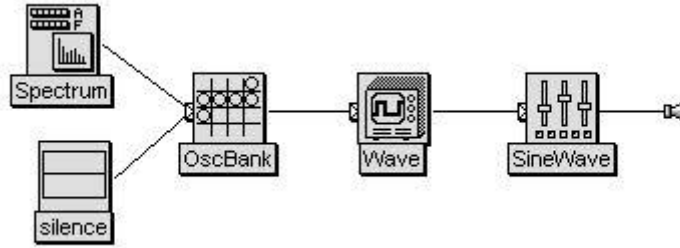
楽音合成を実現するためには、具体的なプラットフォームが必要である。まだリアルタイム処理が不可能だった時代には、大型計算機で「非実時間的」に計算された最終結果をRAMに置いて、これをD/A変換して音響信号とした。次の世代では、デジタル信号処理プロセッサDSPを利用して、コンピュータ内のDSPや拡張DSPボードによって信号処理を実現した。さらに、コンピュータ中枢のCPUの処理能力向上によって、ある程度のレベルまではソフトウェアだけで実現できる状況になり、アルゴリズムによって自由な「音創り」を手軽に行える環境が整いつつある。

ここでは、SymbolicSound社の"Kyma"というシステムを例に、楽音合成アルゴリズムについて紹介していく。このシステムは"SoundDesign Environment"と銘打たれているもので、DSPを多数搭載したCapybaraというハードウェアと、MacintoshおよびWindowsの両方をプラットフォームとしてSmalltalk環境下で同等に走るソフトウェア、の組合せからなるものである。単なる音源マシンというよりも、アルゴリズム作曲から音響解析、音響データベース、音律、音響信号処理まで、コンピュータ音楽の広範な研究テーマをサポートするという構想を実現したシステムである。Kymaについて詳しく紹介する紙面はないので、興味のある方は同社のWeb (<http://www.SymbolicSound.com>) を参照されたい。ちなみに、筆者はこの項の記事を書く10日前にKymaを初めて入手し、1週間で概要を把握でき、続けてこの原稿を実質4日間で書き終えた。この事実は、"MAX"と共通の、「余計な専門的技術をブラックボックス化」した、優れた環境の証明となっているだろう。

### 3. 楽音合成 / 音響信号処理アルゴリズム集

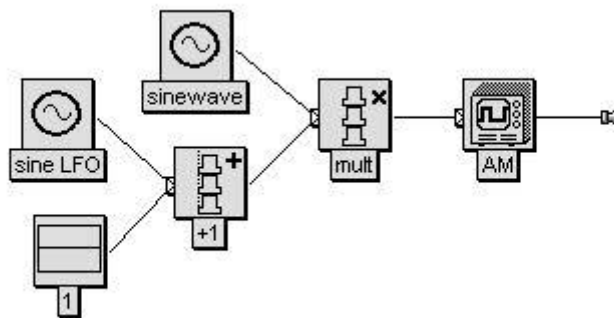
#### サイン合成 (SampleSound NO.1)

楽音合成の基本中の基本といえば、フーリエ分解でお馴染みのサイン合成アルゴリズムである。ここでのサンプル音 (SampleSound NO.1) は、Kyma上で下図のような構成の"Sound" (ここでは「楽音合成アルゴリズムを実現する一単位の前データ」の意味) で生成した。図中の"Spectrum"では1倍音から16倍音までの高調波成分の強度を、画面内のスライダーで変化させるようにしてあり、"OscBank"のオシレータバンクで生成しながらマウスで個々の倍音強度を変化させて録音した。定常的な楽音については、128倍音程度までのサイン波のパーシャルによって、どんな波形でも実現できるが、音として面白くなるのは、それぞれのパーシャルの強度が別々に時間的に変化するときからである。



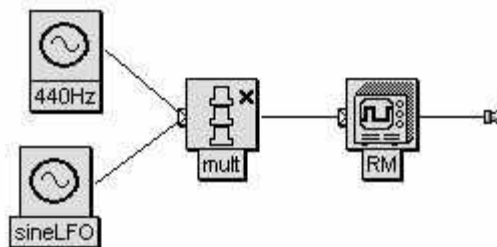
#### 振幅変調 ( SampleSound NO.2 )

440Hzのサイン波に対して、この半分の強度のサイン波で0.5倍から1.5倍までの深さの振幅変調 (AM:amplitude modulation) をかけた、というのが次の例 ( SampleSound NO.2 ) である。基本要素としては、下図のように二つのサイン波しか持っていないというシンプルなものである。ここでは変調をかける方の周波数を、マウスによって0.5Hzから100Hz付近まで変化させ、再び戻してみた。低周波領域では振幅変調の効果が「トレモロ」のように知覚されるが、変調周波数が高くなると、音色そのものとして影響してくるのが判る。



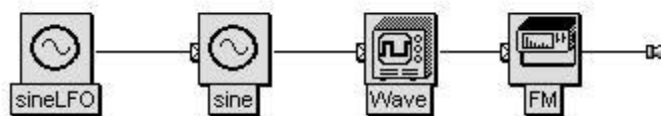
#### リング変調 ( SampleSound NO.3 )

440Hzのサイン波に対して、今度は同じ強度のサイン波を、符号を含めてプラスマイナス1の値の変調波として乗算した「リング変調」 (RM: ring modulation) が次の例 ( SampleSound NO.3 ) である。基本要素としては、下図のように、Kymaの場合にはAMでプラス1を加算する必要もなくなるので、よりシンプルとなる。この例では、被変調波440Hzに対して、対等な変調波を数Hzから1000Hzまで変化させたので、両者の「差音」が途中で両者の周波数が一致するあたりで相殺されることなども判る。



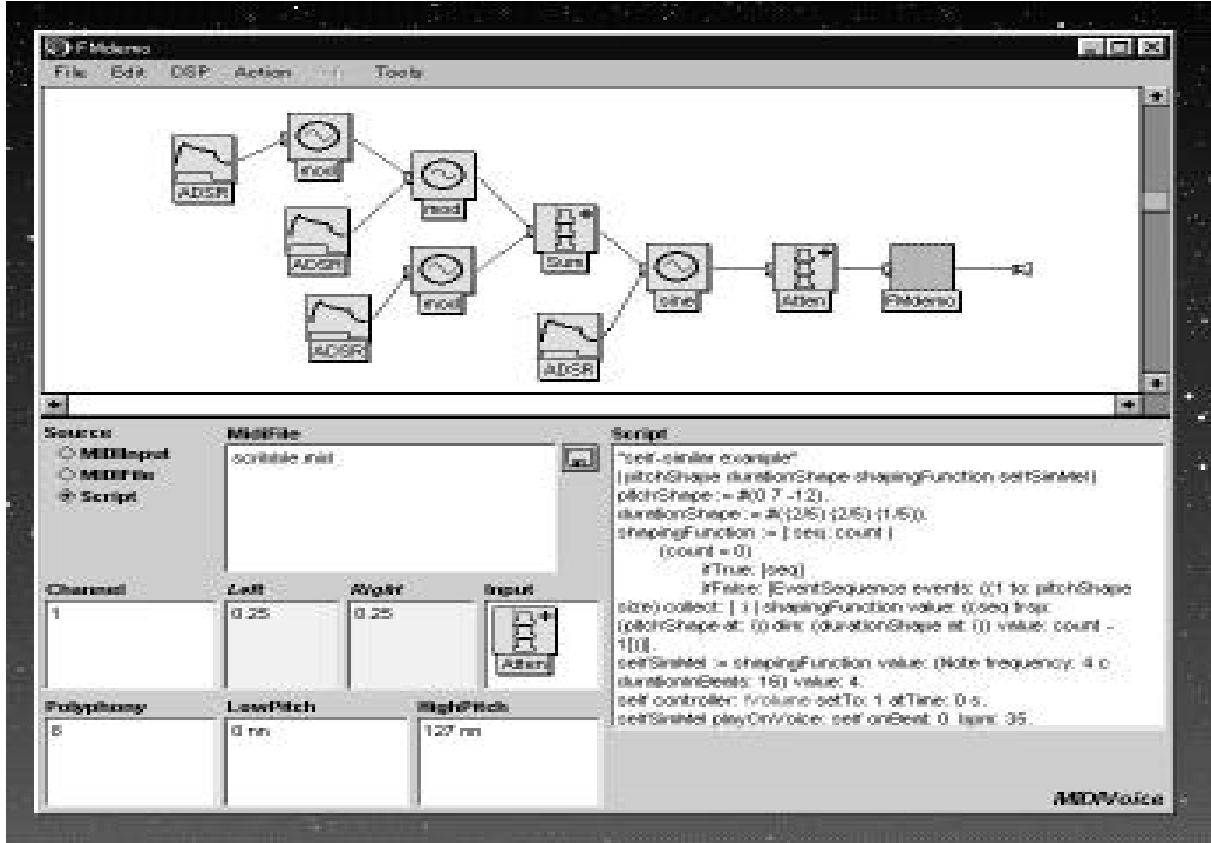
#### 周波数変調 ( SampleSound NO.4 )

二つのサイン波、というもっともシンプルな要素からなる音源のもう一つは、既に古典となった周波数変調 (FM : frequency modulation) である。この例 ( SampleSound NO.4 ) では、下図のように、周波数1000Hzと振幅1を固定したサイン波の周波数成分として、数Hz程度から100Hz付近までをおよそ3等分した4個所の周波数のそれぞれにおいて、変調度をゼロから20まで上げてまた戻す、というサイン波の変調を与えた。



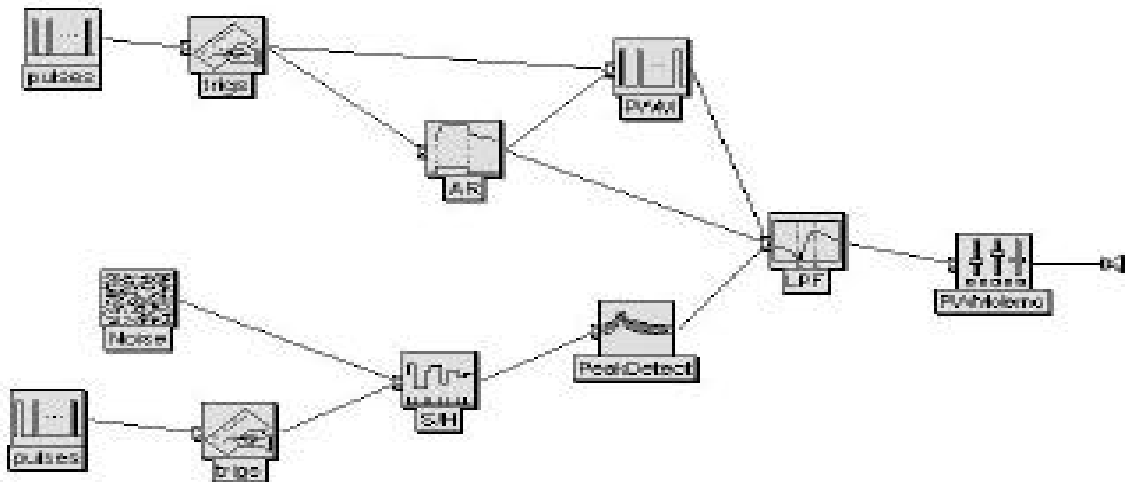
### FM音と自己相似系による自動演奏サンプル ( SampleSound NO.5 )

この例 ( SampleSound NO.5 ) は、Kymaの持つ演奏情報記述スクリプトのサンプル例でもある。アルゴリズムは一見すると下図のようにやや複雑であるが、基本的には一つのサイン波ジェネレータに3つの要素の合計としてFMをかけているだけである。この例では、5拍子のたった3音からなるフレーズを元にして、自己相似アルゴリズムで移調したフレーズを重ねた演奏を実現するスクリプトに基づき、シタールに似た音色の8音ポリフォニックFM音源として自動演奏するように設定してある。FM音の楽器に外部からシーケンサで指令しているのではなく、楽音合成機構そのものに音楽生成アルゴリズムも組み込むという、音楽的に重要な発想の転換を実現するものである。



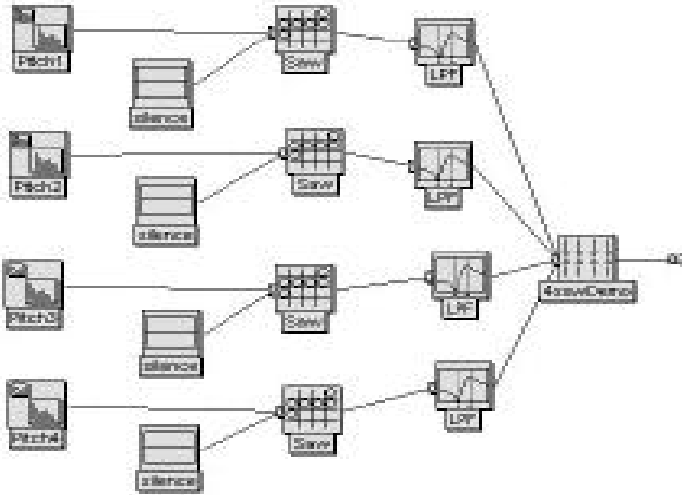
### パルス幅変調 ( SampleSound NO.6 )

サイン波の次に基本的な波形としては、量子化方向に1とゼロの2値しかとらず、時間軸方向に周期に対して可変幅を持つ「方形波」がある。この例 ( SampleSound NO.6 ) では、基本となる方形波のデューティ比を可変するパルス幅変調 ( PWM: pulsewidthmodulation ) を利用し、ホワイトノイズをサンプリングして得られた乱数で、方形波の周期、デューティ比、さらに後段のローパスフィルタLPFのカットオフ周波数を刻々と変化させつつ無限ループを回っている。このSoundのアルゴリズムは下図のようなもので、長い周期でパルス列をリトリガするスクリプトによってホワイトノイズのピーク値をサンプリングしてパラメータに利用している。



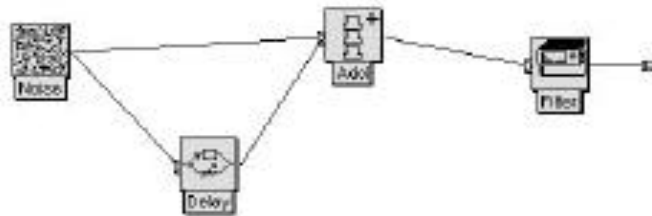
### 鋸歯状波の多重生成 ( SampleSound NO.7 )

方形波と並んでアナログシンセの時代を支えたのが、ランプ(Ramp)関数ともよばれる「鋸歯状波」である。下図のようなアルゴリズムからなるこのサンプル ( Sample Sound NO.7 ) では、ステレオ定位の異なる4系列のまったく同じ構成の4音を足し合せているだけである。4系列ともローパスフィルタLPFは音色を整える単なる固定フィルタであるが、ジェネレータは単なる単一の鋸歯状波生成器でなく、ここでは10個の鋸歯状波から構成される合成音を生成するモジュールである。パッチャルの波形はサインとは限らないのである。そして4つの系列の唯一の違いは、それぞれに用いるピッチと位相を、全て微妙に変えてあるところであり、この単純な差からうねるような独特の響きの効果を得ている。



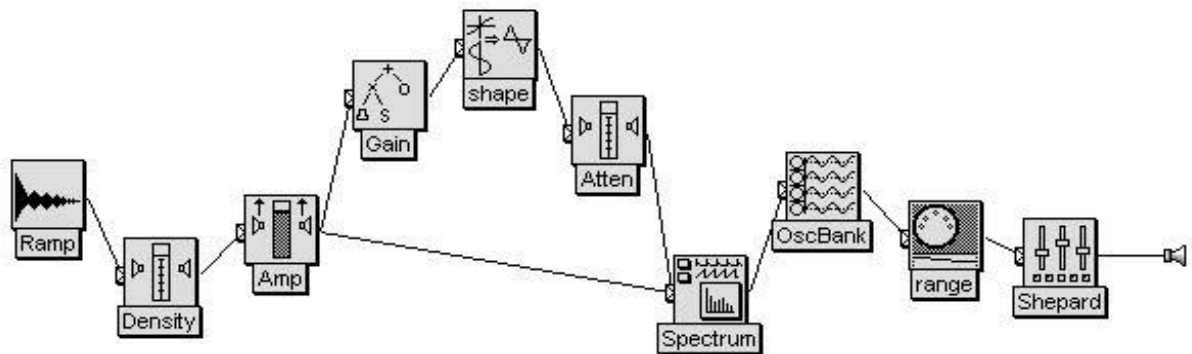
### ホワイトノイズと櫛型フィルタ ( SampleSound NO.8 )

アナログシンセサイザーの時代からお馴染みのフィルタは、人間の聴覚機構とも類似しているために、感覚的に親しみやすい。このサンプル ( SampleSound NO.8 ) では、下図のような簡単なアルゴリズムによって、ホワイトノイズにもっとも単純なデジタルフィルタをかけてみた。フィルタはフィードバックをゼロとして、入力信号に対して可変時間の遅延をかけた信号をそのまま足し合せているだけである。最初のあたりのステップが荒いのは、1ポイントの遅延によって櫛型フィルタの減衰ピークがノイズの周波数帯域の中央にいきなり出現し、そこから整数倍の粗さで移動していくからである。



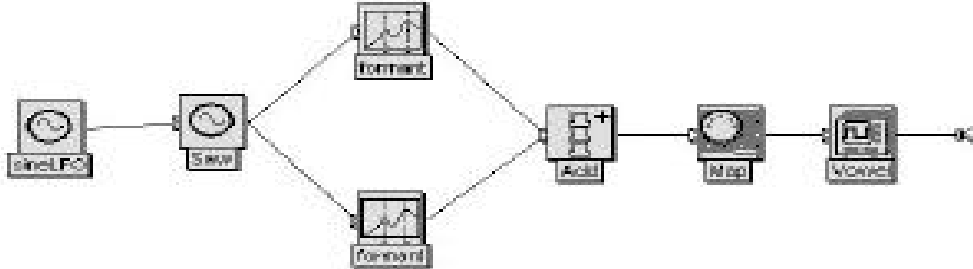
### シェパード・トーン ( SampleSound NO.9 )

音源というよりも聴覚心理学 / 音楽心理学の領域で有名な「シェパード・トーン」である。これは、「無限に上昇し続ける音」あるいは「無限に下降し続ける音」として人間に知覚されるもので、サンプル ( SampleSound NO.9 ) では、下図のようなアルゴリズムで実現している。ここでは256個のサイン発生器バンクに対して、一定の割合で上昇 / 下降するランプ関数によってそれぞれの倍音成分の周波数と強度変化を、ある仕組みで操作することによって、この聴覚的錯覚を実現している。タネ明かしはしないので、初めてこの音を聴いた読者はその原理を考えてみて欲しい。最初は少ないパッチャルで下降させ、途中でパッチャルを増やして、今度は上昇させているが、このような動的な制御はDSPのもっとも得意なところであろう。



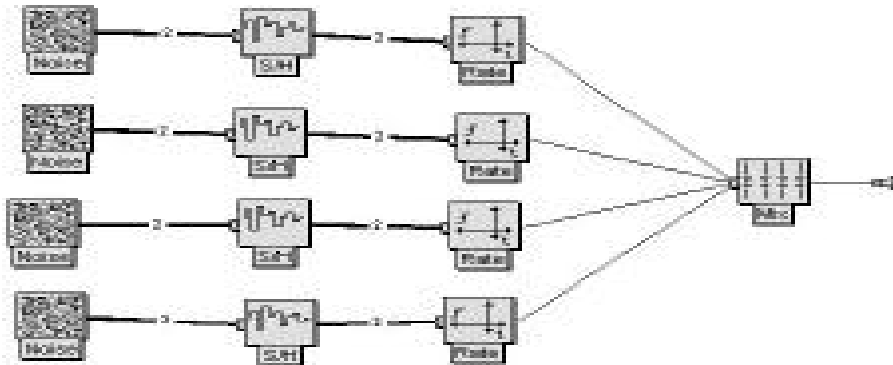
### フォルマントフィルタ (SampleSound NO.10)

人間の声は、声帯で発生したノイズの多い原音が、咽喉・咽頭蓋・鼻腔などの複雑な共鳴機構によるフィルタによって周波数特性を加工されたものである。この、いくつかの特徴的なピーク周波数を持つフィルタが「フォルマント」フィルタであり、このサンプル (SampleSound NO.10) では、下図のように、鋸歯状波オシレータを原音信号として、二つのピークを持ったフォルマントフィルタを、ピーク周波数を変えて二つ並列駆動している。録音では中心となるピッチを4段階にわたって移動させ、それぞれ7種類の母音に相当するフォルマント周波数をさらに移動させてある。固定的な母音を選ぶ「音声合成」システムと違って、このなめらかな変化は音楽の素材となるような可能性を秘めているようにも聞こえる。



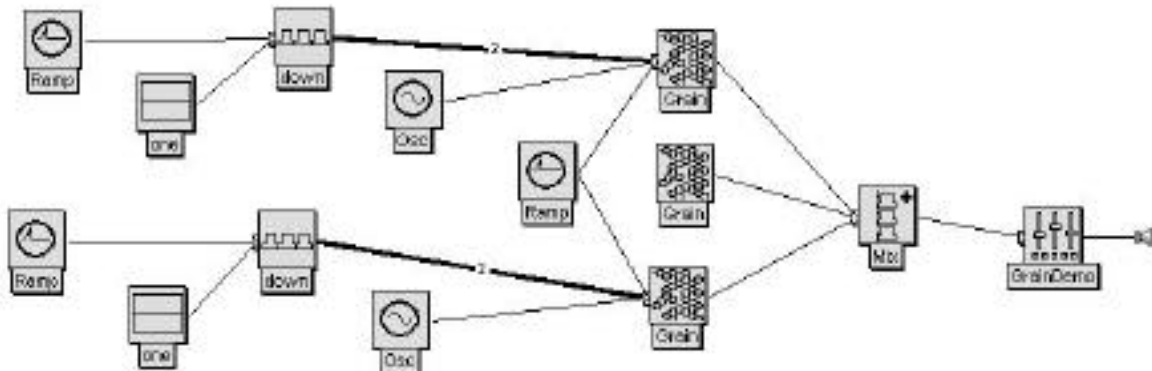
### タイムストレッチと周波数スケーリング (SampleSound NO.11)

このサンプル (SampleSound NO.11) では、あらかじめサンプリングされた共通の元サンプルに対して、4つの系列ごとに、ノイズをサンプリングして刻々とパラメータをランダムに変化させ、同じピッチで時間軸だけ伸縮する「タイムストレッチ」と、同じテンポでピッチだけ上下させる「周波数スケーリング」をかけた。この信号処理は内部的にはかなり複雑だが、Kymaでは下図のように、専用の処理モジュールによって比較的シンプルとなる。このサンプルサウンド自体と同じサウンドは、元サンプルを生成したMAXのパッチ側でも実現できないことはないが、このように信号処理側での加工によって容易になる、という実例となっている。



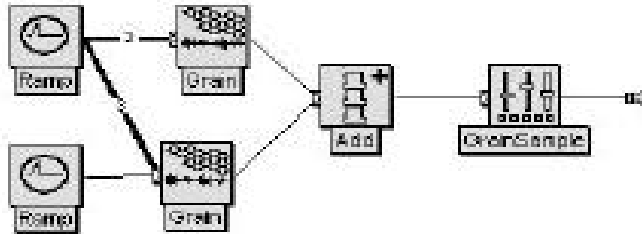
### グラニューラーシネシス (SampleSound NO.12)

グラニューラーシネシス(GranularSynthesis)とは、グレイン(Grain)と呼ばれる単純なインパルス波形(急激な変化はノイズとなるので、一般にガウシアンのような窓関数の形状を持つ)を、時間的・空間的・周波数分布的に、ある種のランダム性をもって多数ばらまく、という手法の楽音合成アルゴリズムである[8]。ここ (SampleSound NO.12) では、下図のように、3系列のいずれもガウス窓をかけたサイン波をグレインとして、ランプ関数で時間的にパラメータを変化させている。一般の楽音合成のように「周期的」なものを持たないユニークな方式であるが、リアルタイムに実現するには信号処理が重いために、15年間ほどマイナーな方式として埋もれていた。最近のコンピュータの能力向上で手軽に実現するようになると、その独特の音響がいろいろな作品で使われるようになった。



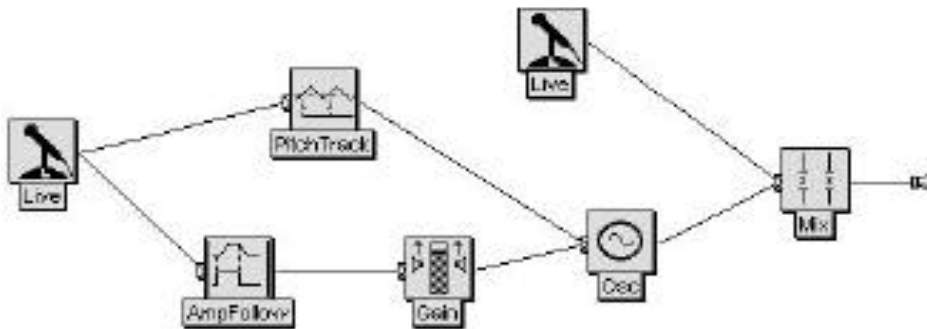
### グラニューラーサンプリング ( SampleSound NO.13 )

このサンプル ( SampleSound NO.13 ) では、サンプル11と共通のあらかじめサンプリングされた元サンプルを使用し、そこからガウシアン関数をかけて任意に切り出した音響断片をグレインとして用いた。アルゴリズムとしては、グラニューラーシンセシスを処理モジュールとして持っている Kyma では、下図のように非常に簡単である。この「グラニューラーサンプリング」の印象的なサウンドの登場によって、グラニューラーシンセシスもエフェクトの概念も新しい時代を迎えることになったという、画期的な手法である。



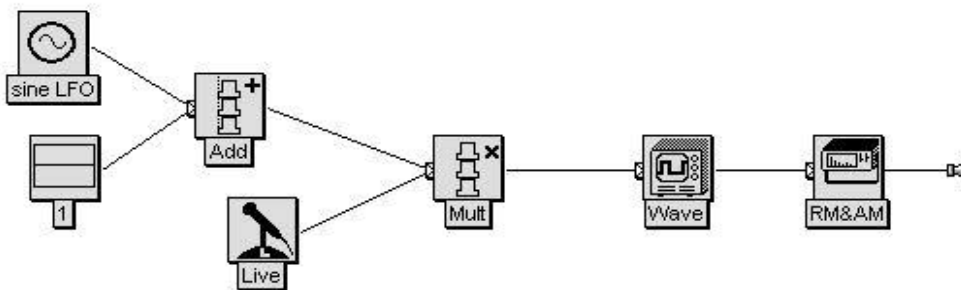
### ピッチトラッキング ( SampleSound NO.14 )

ここからは、リアルタイムに入力されるライブ音響に対する信号処理の例である。下図のように極めてシンプルな構成のアルゴリズムによるこのサンプル ( SampleSound NO.14 ) では、左チャンネルには、リアルタイムにMAXでランダム生成されたスピーチサウンドを、ライブ入力したそのままと比較のためにスルー出力している。そして右チャンネルでは、音源として鋸歯状波を使い、これを共通のライブ入力の「ものまね」として鳴らしている。まずピッチについては、入力信号に対する「ピッチトラッカー」によって、リアルタイム周波数分析結果を使用する。エンベロープ ( 音量の振幅 ) についても、「アンプリチュード・フォロワー」という、一種のサンプルホールドの出力レベルを反映させている。入力が複雑なスピーチのため、子音などの爆発音でピッチ抽出に失敗する様子もよく判る例である。



### ライブ入力へのAMとRM ( SampleSound NO.15 )

サンプル2とサンプル3にあった振幅変調AMとリング変調RMを、ライブ入力の音響に作用させた例である。このサンプル ( SampleSound NO.15 ) では、下図のように、同じSound内でキャリア信号のサイン波に加算する定数の値もマウスで可変できるので、いわばAMとRMとの間をモーフィングすることもできる。ここでは全部で20フレーズのランダムスピーチ入力に対して、前半はAMとしてトレモロ効果の低周波から1000Hzまで次第に上昇させ、11個目の後半からは定数をゼロとしてRMに切り替え、キャリア周波数を1000Hzから1Hz以下まで次第に下降させた。



### SSBモジュレーション ( SampleSound NO.16 )

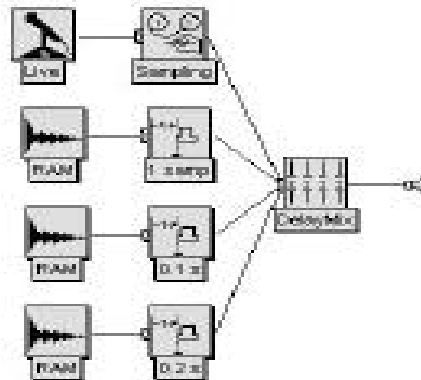
通信分野で使用される変調方式に、SSB (single side band) というものがある。これは、リング変調によってキャリア信号成分をキャンセルした上で、キャリアを対称軸として上下に同じ周波数成分が分布することに注目して、その片側をフィルタで除去してしまい、占有周波数帯域を半分にする、という手法である。このため、通信機でSSBの無線交信を受信していると、送信側と周波数がずれた時にピッチのずれた声となる。このサンプル ( SampleSound NO.16 ) では、下図のように、Kymaの持つ「SSBリングモジュレータ」という専用モジュールでこれを再現した。ここでは位相シフトによってSSBを実現している。





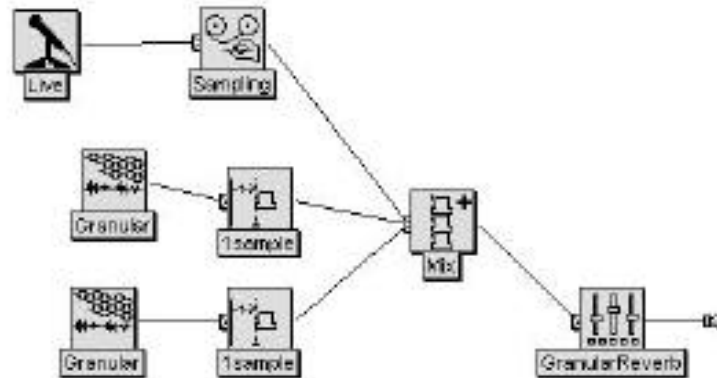
ディレイ (SampleSound NO.17)

デジタルフィルタでは、サンプリング単位の時間遅延というのがもっとも基本的な要素である。このサンプル (SampleSound NO.17) では、まずライブ入力をリアルタイムにサンプリングしてRAMに置きつつ左チャンネルからスルー出力している。そしてさらに下図のように、直後、0.1秒後、0.2秒後という3系列の遅延によってこのRAMを呼び出してミックスしている。ただし、同時に低周波のランプ関数によって読み出しピッチも変化させているために、時間的に雰囲気の変化するサウンドとなっている。



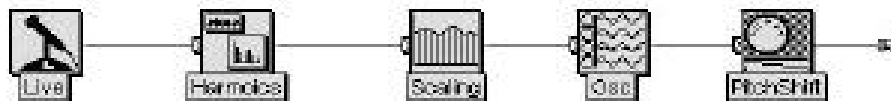
グラニューラーリバーブ (SampleSound NO.18)

このサンプル (SampleSound NO.18) はサンプル13と似ているが、重要な違いとして、リアルタイムにライブ入力サウンドをサンプリングして、そこにガウシアン関数をかけてグレイン化しグラニューラーシンセシスを行っている、という点に注目して欲しい。これは通常はなかなか実現が困難であるが、Kymaではグラニューラーシンセシスの処理モジュールの入力として「DSP内のRAMにあらかじめ置いた波形を読み出し」「サンプリングしているRAMから直接読み出し」を選択できるので、下図のようにシンプルに構成できる。



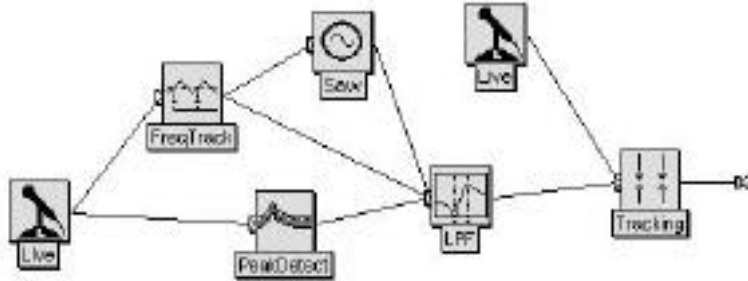
ピッチシフト (SampleSound NO.19)

このサンプル音 (SampleSound NO.19) はサンプル11と似ているが、ライブ入力をサンプリングしていない (当然、その読み出しもしていない) 点に注目して欲しい。ここでは下図のように、まずライブ入力をリアルタイム周波数分析して、周波数軸上でスケージングし、これを元にしてサイン発生器バンクによって、100倍音までのサイン合成によって音声合成している。個々の倍音成分の強度をリアルタイムに制御して、ピッチやフォルマントを自在に変化させながら、入力音声と同じ「言葉」を再現しているのである。



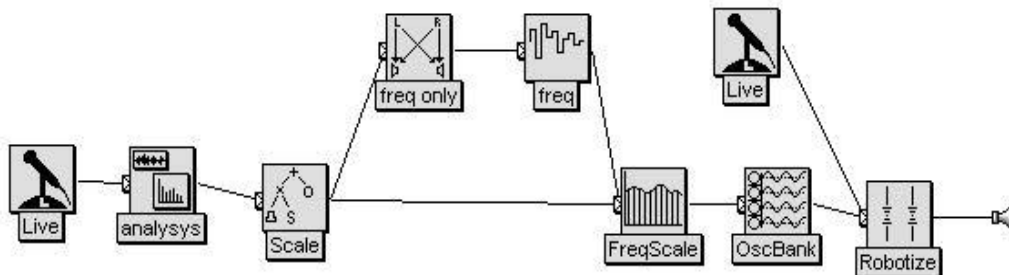
### トラッキングフィルタ (SampleSound NO.20)

このサンプル (SampleSound NO.20) はサンプル14に似た例で、リアルタイム入力に対するピッチトラッキング情報とピーク検出情報からローパスフィルタLPFのカットオフ周波数と周波数スケーリングを動的に変化させ、このLPFの入力としてはピッチトラッカーの出力によって鋸歯状波を与えている、という簡易型の音声合成になっている。システムは下図のようにシンプルだが、無音状態からの立ち上がりの瞬間は追従しきれずに直流成分ノイズが乗っている。これをキャンセルするためにはどうすればいいか、というのは課題として残しておくことにしよう。



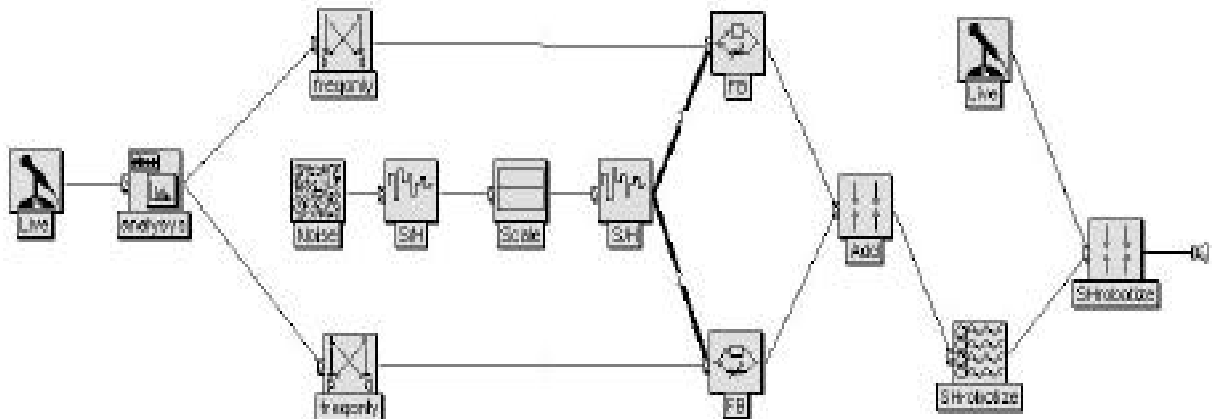
### ロボタイズ1 (SampleSound NO.21)

リアルタイムの周波数分析処理をうまく利用した面白い例として、このサンプル (SampleSound NO.21) では、ライブ入力からピッチの変動を意図的に除去する、という操作を行っている。下図の構成ではよく判らないが、実際に楽音を再合成するためのサイン波オシレータバンクの各パーシャルを与える "FreqScale" のモジュールでは、周波数解析の結果パラメータを逆数として与えているために、元々のピッチ変動がキャンセルされて、無機質なロボット音声が生成されるようになっている。またこの例では、処理によるサウンドの遅れが、左チャンネルの原音に対する右チャンネルの遅れとして実感できる。平板な合成音とはいえ、周波数解析とスケーリングを行い、これを受けて80個のオシレータバンクで再合成すれば、このくらいの遅延が生じるのである。



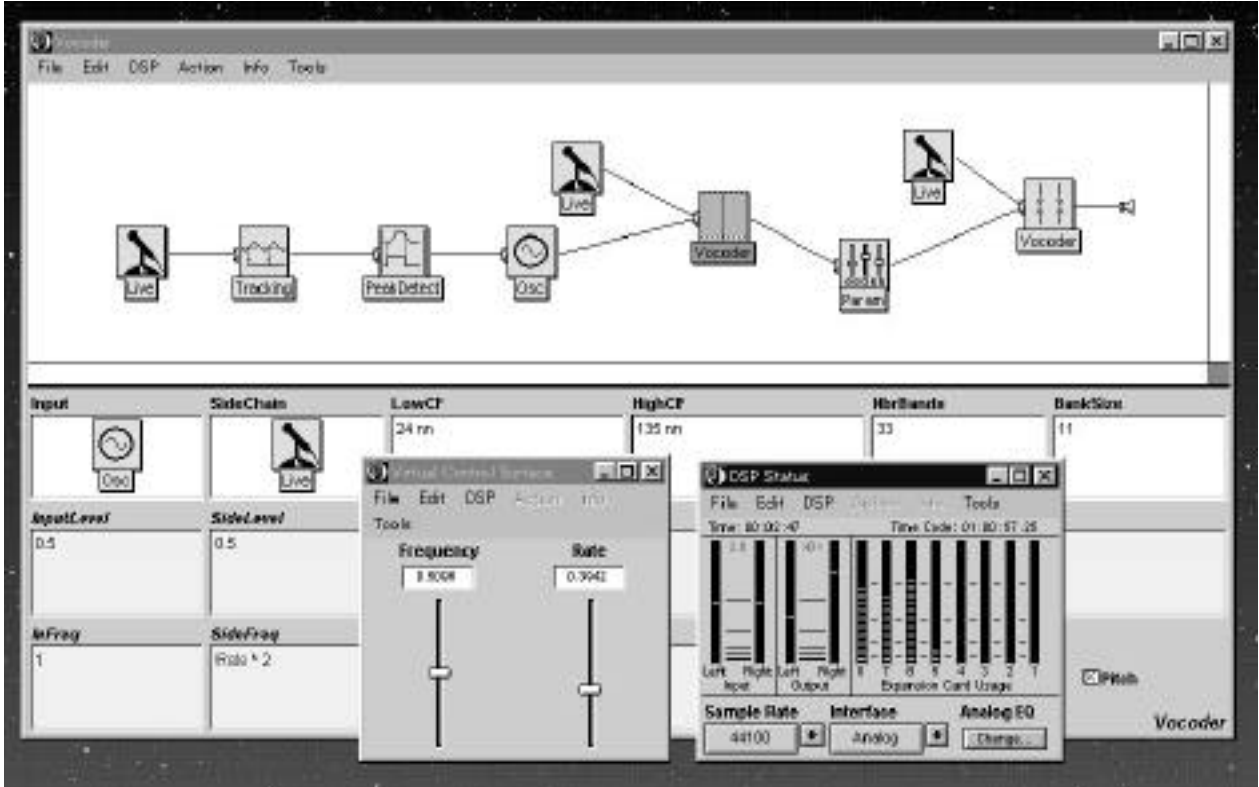
### ロボタイズ2 (SampleSound NO.22)

この例 (SampleSound NO.22) では、50のパーシャルからなるサイン波オシレータバンクで再合成するための周波数パラメータの経路に並列に楕円型フィルタを置き、ここにノイズを2重にサンプルホールドして、やはり周波数の逆数として与える、という下図のような面白い構成となっている。昔のSF映画に出てくるロボットのようなサウンドで、しかもリアルタイムに入力される音声と同じフレーズを生成するためには、このようなDSPの処理が必要になる、という例である。サンプル21に続いてこの例でも遅延があるが、これはリアルタイム周波数解析モジュールの設定として「反応速度優先」でなく「周波数精度優先」の方を選んでいるためである。



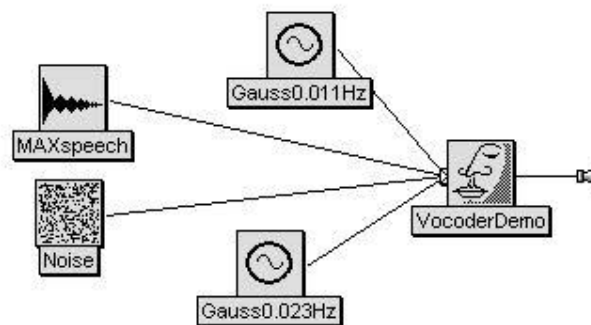
### ボコーダ1 ( SampleSound NO.23 )

アナログ時代のボコーダとは、多数に分割したバンドパスフィルタ群のゲインを入力信号の周波数成分のレベルに対応させる、というエフェクタだったが、DSPによってデジタル化されて意味合いが拡大された。この例 ( SampleSound NO.23 ) では、同じライブ入力を下図のように3箇所で使用している。左チャンネルからスルーしているのは比較のためであり、残りの二つが、ボコーダをかける分析側だけでなく、ボコーダをかけられる側のオシレータの周波数トラッキングにも使われている。結果として、パラメータをマウスで ( もちろんMIDIに割り当てるのも容易 ) 変化可能な、不思議な「声」を生成している。



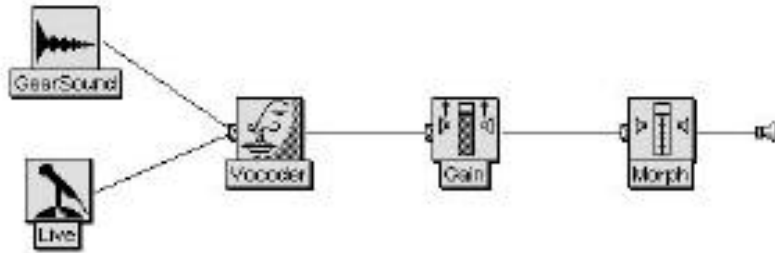
### ボコーダ2 ( SampleSound NO.24 )

こちらはアナログ時代からお馴染みのボコーダサウンドかもしれない。サウンドとしての入力にはホワイトノイズを用いて、分析側の入力に、これまで何度となく登場しているものと同じMAXによるランダムスピーチ音を使用しているが、この例 ( SampleSound NO.24 ) では、もはや元の音声としての情報は失われている。全体を特徴づけているのは、下図のように、周波数とバンド幅のパラメータに二つの超低周波数のガウス関数オシレータを用いているため、両者のずれのために、全体の音響の周期は非常に長いものとなっている。



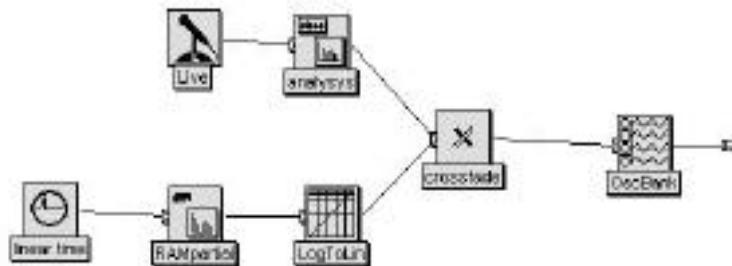
### モーフィング1 ( SampleSound NO.25 )

同じボコーダの応用として、この例 ( SampleSound NO.25 ) では、ギヤの回るようなノイズ音とMAXからのスピーチサウンドとの間で、マウス操作のスライダーでなめらかに変化させる、一種のモーフィングを実現している。システム構成は例によって、下図のように極めてシンプルである。Kymaでは1倍以上のゲインをMIDI等の「ホットパラメータ」では設定できないので、このように定数倍の増幅器と動的な減衰器を組み合わせることで制御を行っている。



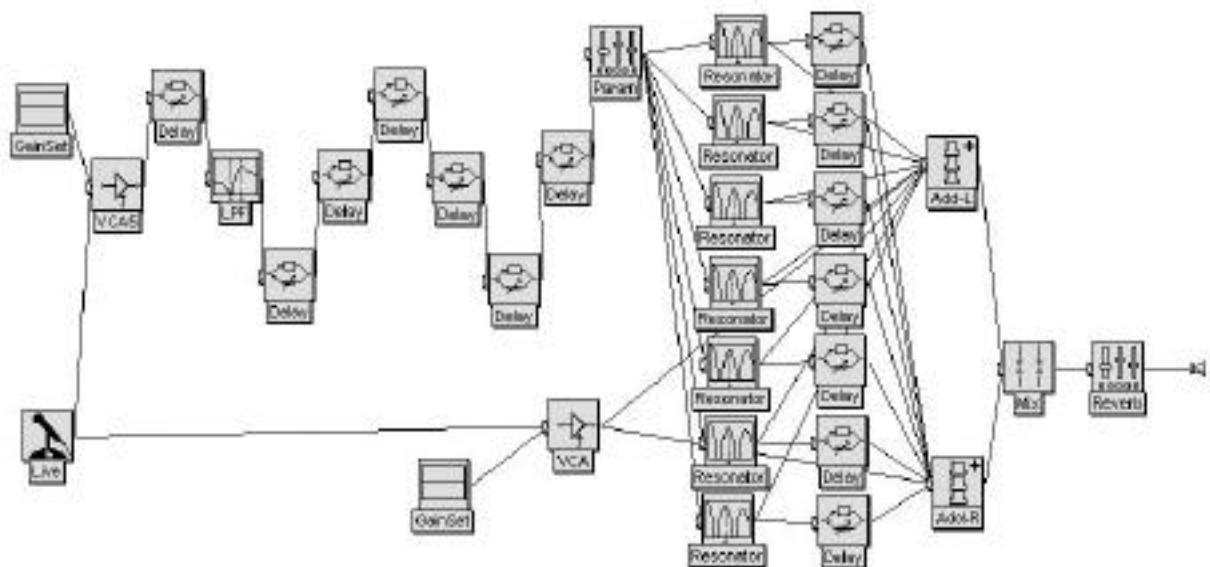
モーフィング2 ( SampleSound NO.26 )

モーフィングの例として、今度 ( SampleSound NO.26 ) は、4秒間でループしている鐘の音と、同じMAXからのスピーチサウンドとの間で、マウス操作のスライダーでなめらかに連続変化させてみた。こちらのシステムは、下図のように、音源部分が100個のサイン波オシレータバンクであるために、モーフィングのためのクロスフェード用モジュールには両方の入力の周波数解析結果を与えることとなる。この例では鐘の音についてはあらかじめサンプリングした音を固定ファイルとして使用しているが、両方ともライブ入力して、そこで漫才でもやったらどうなるか、興味のあるところである。



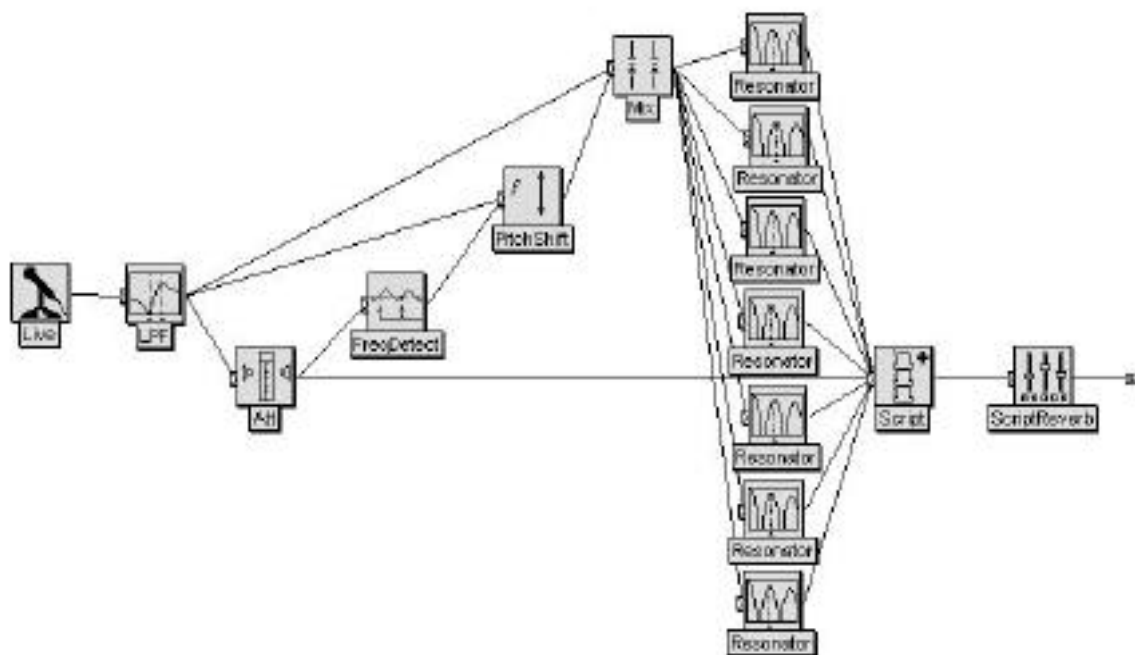
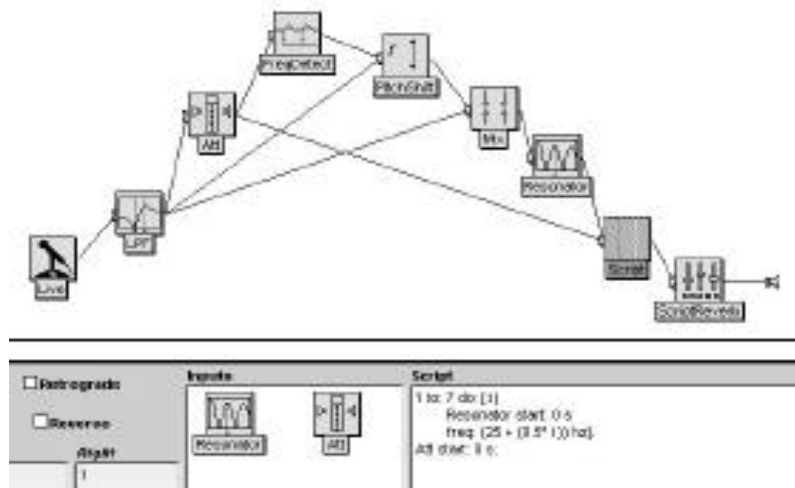
リバーブ1 ( SampleSound NO.27 )

最後の例はリバーブである。ここ ( SampleSound NO.27 ) では、下図のように非常に複雑なシステムのように見えるが、実は7系列のディレイとレゾナンスフィルタを並べて、プリディレイとしても6段のディレイを置いているだけのものである。このようなSoundは、雛形として1つだけ作ってしまえばSmalltalkのオブジェクト指向環境によって、同じ特性を継承したブロックごと簡単に複製して増設していけるので、思ったほど面倒ではない。そしてほとんど全てのパラメータを、画面のスライダーやMIDIによって自在に変更することができる。



リバーブ2 ( SampleSound NO.28 )

サンプルの最後は、もう一つのリバーブである。この例 ( SampleSound NO.28 ) では、システムが下図上のように、かなりすっきりとしている。可変パラメータも一つだけとシンプルである。しかし実は、"Script" というモジュール内に記述されたたった4行のスク립トがこれを実現しているのである。この画面の状態で「展開」を指示すると、なんと下図下のように展開されて、この差に圧倒されてしまう。スク립トの効用そのものである。



コンピュータ音楽の研究が続く限り、楽音合成 / 音響信号処理の探求は続けられる。新しい音のアイデアは新しいシステム / 楽器の登場をもたらし、そして新しい音楽の原動力となる。人間の聴覚という神秘とともに、音の探求は夢にあふれた世界なのである。

## 参考文献

- [1]Bowles, Edmund A. : Musicke's Handmaiden あるいは芸術に奉仕するテクノロジーについて, コンピューターと音楽, pp.11-29, カワイ楽譜(1972).
- [2]Pierre Schaeffer : 音楽・言語・情報理論, エピステーメー, pp.87-101, 朝日出版社(1976).
- [3]中村勳 : 音楽・楽音・コンピュータ, コンピュータと音楽 (bit別冊), pp.54-64, 共立出(1987).
- [4]中村勳 : 計算機の音楽音響学への応用, 情報処理, Vol.29, No.6, pp.549-556, 情報処理学会(1988).
- [5]Julius Orion Smith : Viewpoints on the History of Digital Synthesis, Proceedings of 1991 ICMC, pp.1-10, Montreal(1991).
- [6]長嶋洋一 : 楽音合成技術, 音楽情報処理の技術的基盤, pp.12-23, 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」調査報告書(1993).
- [7]長嶋洋一 : 音素材の生成, 情報処理, Vol.35, No.9, pp.808-814, 情報処理学会(1994).
- [8]長嶋洋一 : Granular Synthesisの音響パラメータの検討とその制御, 日本音楽知覚認知学会秋季研究発表会資料 / 日本音響学会音楽音響研究会資料 Vol.14, No.5 (ISSN 0912-7283), pp.37-44, 日本音楽知覚認知学会 / 日本音響学会(1995).

# CONCERT

## "Ogress" for Vocal and Live Computer Music

作曲：長嶋洋一 演奏：下川麗子

## "Scenery" for SHO and Computer Sound

作曲：長嶋洋一 演奏：林絹代

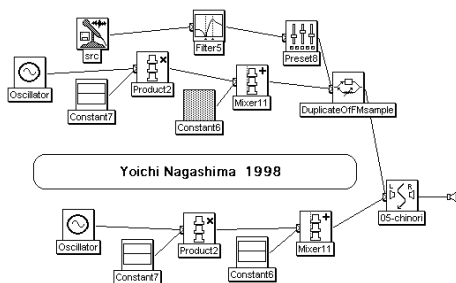
## "Atom" for Performance and Live Computer Music

作曲：長嶋洋一 演奏：寺田香奈

(参考資料：以下は3曲の楽譜からの抜粋です)

### Ogress

--- for vocal and live computer music



### Ogress

--- for vocal and live computer music

Yoichi Nagashima

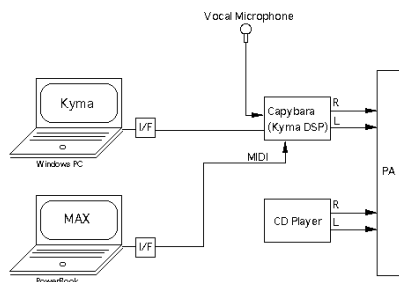
"Ogress" is a work of live computer music with a vocal performer. This composition is inspired with the poem "鬼女" written by Shimpei Kusano. The vocal performer sings, speaks and shouts with back-ground part CD to a microphone which connected to Kyma, and the voice is processed in real-time.

The music part of this piece contains two types. The background sound part is pre-processed with Kyma of Symbolic Sound and Indyl of Silicon Graphics, and fixed to DAT or CD. All sound materials of this part are generated with Kyma. The main materials are recorded sounds reading of the poem by Reiko Shimokawa, and each sound sample is processed by different algorithm in Kyma. These processed materials are processed in Indyl by original DSP softwares produced by the composer, and re-mixed in the Indyl. Some other sounds are generated by MIDI synthesizers with MAX control algorithms. Live voices of the performer are pre-amplified and led to Kyma Analog input, and real-time processed by original Kyma sound programs with the computer operator.

The vocal performance is described in this score, but the most important policy is "improvisation". The performer may have a Stop Watch to detect the position of the piece with this score, but singing points are not fixed exactly. She may perform with the improvisation spirit of her own, and she must listen to the sound in the whole performance.

### System Block Diagram and the Setting

Windows PC and Kyma are connected by the special interface cable. PowerBook and Copybara (Kyma DSP Box) are connected via MIDI. The vocal microphone is pre-amplified and led to Copybara "right" input connector. The output of Copybara and background part CD Player are connected to PA system.



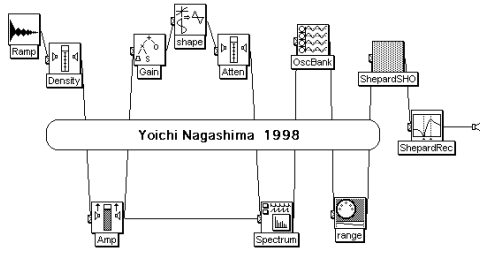
"Ogress" --- Page 3

Background Part (CD)	Time	Vocal Performer Part
drip sounds	2'38"	"akisa suntu taki ..."
"doudou" sounds	2'44"	"in to beni ..."
stream sounds	2'55"	Gong
	3'05"	Hushed Sound
	3'14"	"in to beni to no"
	3'18"	"in to beni to no"
	3'32"	"in to beni to no"
	3'45"	"in to beni to no"
	3'50"	"in to beni to no"

Notes on the right side of the table:  
 - "(listening)" is indicated for the first two vocal parts.  
 - "Vocal solo (Silent Speech) with ad lib." is indicated for the solo parts.  
 - "musical conversation with background sound part" is indicated for the parts with background music.  
 - "voice from microphone is processed in real-time" is indicated for the final solo part.

# Scenary

--- for SHO and computer sound

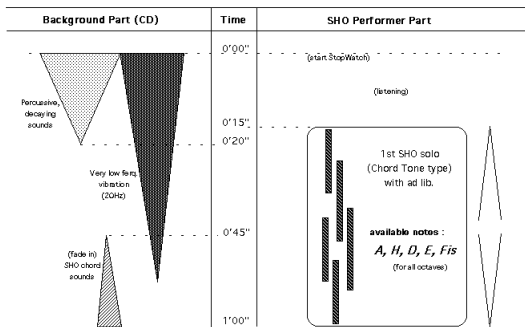


"Scenary" --- Page 1

# Scenary

--- for SHO and computer sound

Yoichi Nagashima 1998



# Scenary

--- for SHO and computer sound

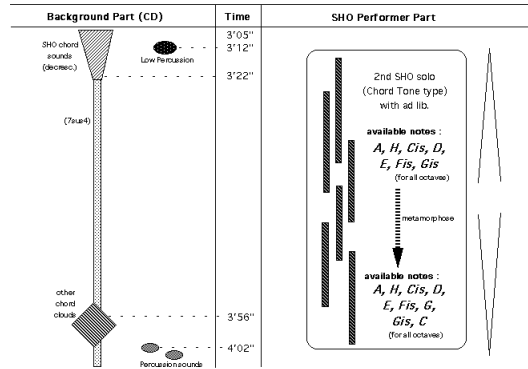
Yoichi Nagashima

"Scenary" is a work of computer music with a SHO (Japanese Traditional Instruments) performer. This composition is inspired with the poem "風葉" written by Shimpei Kusano and the SHO sounds performed by Kinuyo Hayashi. The performer plays the SHO with background part CD.

The music part of this piece contains two types. The SHO sound may amplified or not (played alone). The background sound part is pre-processed with Kyma of Symbolic Sound and Indy of Silicon Graphics, and fixed to DAT or CD. All sound materials of this part are generated with Kyma. The main materials are recorded sounds of SHO performed by Kinuyo Hayashi, and each sound sample is processed by different algorithm in Kyma. These processed materials are processed in Indy by original DSP softwares produced by the composer, and re-mixed in the Indy. Some other sounds are generated by MIDI synthesizers with MAX control algorithms. The master pitch is tuned with the original SHO (A=430Hz), so other performers must consider of tunings.

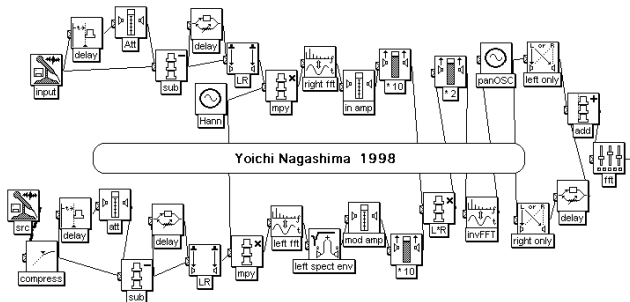
The SHO performance is described in this score, but the most important policy is the improvisation. The performer may have a Stop Watch to detect the position of the piece with this score, but playing points are not fixed exactly. She/He may perform with the improvisation spirit of her/his own, and she/he must listen to the sound in the whole performance.

"Scenary" --- Page 3



# Atom

--- for performance and live computer music



# Atom

--- for performance and live computer music

Yoichi Nagashima

"Atom" is a work of live computer music with a "Harp Sensor" performer. The performer plays the original "Harp Sensor" produced by the composer to generate sounds as an instrument with background part CD. This composition is inspired with the poem "旗子" written by Shimpei Kusano and the performer Kana Terada who premiered this instrument. The music part of this piece contains two types. The background sound part is pre-processed with Kyma of Symbolic Sound and Indy of Silicon Graphics, and fixed to DAT or CD. All sound materials of this part are generated by Kyma. The main materials are generated with Vocoder / FM / Formant Filter / Speech Generate algorithms in Kyma. These processed materials are processed in Indy by original DSP softwares produced by the composer, and re-mixed in the Indy. Some other sounds are generated by MIDI synthesizers with MAX control algorithms. Live generated sounds are pre-composed and sampled in Kyma, and MAX patch controls the generation in real-time. The Harp Sensor detects 16 light beams crossing by the performer.

The performance is described in this score, but the most important policy is "improvisation". The performer may have a Stop Watch to detect the position of the piece with this score, but playing points are not fixed exactly. She may perform with the improvisation spirit of her own, and she must listen to the sound in the whole performance.

"Atom" --- Page 6

## System Block Diagram and the Setting

Windows PC and Kyma are connected by the special interface cable. PowerBook and Copybara (Kyma DSP Box) are connected via MIDI. The MIDI output of the HARP sensor is connected to PowerBook MIDI input. The output of Copybara and background part CD Player are connected to PA system.

