

マルチメディア分散制御の 視聴覚芸術への応用

桑木景子 齊藤正彦 金子文昭 尾垣晴仁 伊吹公夫
東京工科大学

視聴覚マルチメディアシステムで自然な実時間性を実現するには、高い処理能力が要求される。これにはハードウェア的な処理速度向上だけでなく、処理対象に即して構造化した分散制御や、視聴者の認知機構に調和したマルチメディア制御などシステム的な配慮も必要になる。このような制御の設計に利用できるシステムモデルがあると望ましい。そこで、なるべく一般的に適用できる「分散システム・モデル」や「マルチメディア・モデル」を仮定し、計算機オーケストラとバレエの複合システムを事例に選び、約100名の被検者を対象に視聴覚認知心理学的な実験調査を行った。その検証結果を報告する。

AN APPLICATION OF MULTIMEDIA-NETWORK MODELS TO AV-ARTS

Keiko Kuwaki Masahiko Saitoh Humiaki Kaneko
Haruhito Ogaki Kimio Ibuki
Tokyo Engineering University
1404-1 Katakura, Hachioji-shi, Tokyo 192, Japan

High processing capacity is required to obtain a smooth picture movement in realtime AV-system. A multimedia system matching for human cognitive and behavioral mechanism, and a well structured distributed system including an organization to apply it, are effective for the above requirement, as well as high speed processing hardware. To obtain a general solution for them, we have assumed "some distributed system models" and "a multimedia model", and testified them on a computer controlled orchestra and ballet system through some cognitive experiments.

1. ま え が き

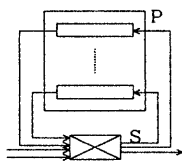
半導体技術の進歩や情報システムに対する要求の多様化にともなって、プロセッサの分散や入出力のマルチメディア化などのシステム技術が注目されている。実時間処理で、このような要求を満たすには、処理速度や記憶容量の問題を克服する必要がある。一方、情報システムの設計では設備面の配慮に加えて、利用者要求に整合した設計をすると経済的効果がある。この際、利用者要求の着目点は個人と集団の二つに分けるのがよい。個人に関しては、心理学や認知科学的な立場から、集団に関しては経営や組織論的な立場から検討を加えることになる。

今回、このような検討事例として、コンピュータ・オーケストラによるパレーを選んで試作し、分散制御の構造を検討するとともに、視聴者の応答を調査した。そして、利用者と設備の両面からシステムを一般的に捉えるには、どのようなモデル化が適しているかも含めて、その結果を報告する。

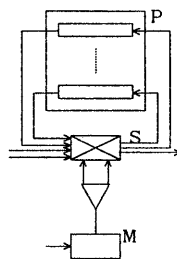
2. システム・モデル

2. 1 分散システムの構造モデル

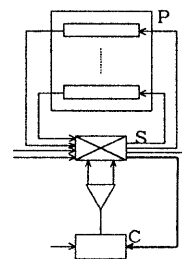
ダウンサイジングに伴うエンドユーザ・コンピューティングでソフトウェアの生産性は飛躍的に向上したけれども、その反面、経営組織全体としてのシステム化に混乱を生じているのが現状である。この一因は無秩序にシステムを構成したスパゲティ・システムが横行しているからで、ストラクチャードなシステム構成が大切である。そこで、分散情報システムの構造上の問題を検討する。情報システムを階層的に構築するとき、各レベルの構造は、一般的に図1の3種の構造モデルのいずれかに分類できることが知られている。¹⁾これを分散システム、つまり、ネットワーク・レベルに適用して考察すると、スパゲティの原因はPSタイプを用いているためで、ストラクチャードにするには、PSM～PSCタイプのように階層管理ができる形態がよいことがわかる。



(a) PSモデル



(b) PSMモデル



(c) PSCモデル

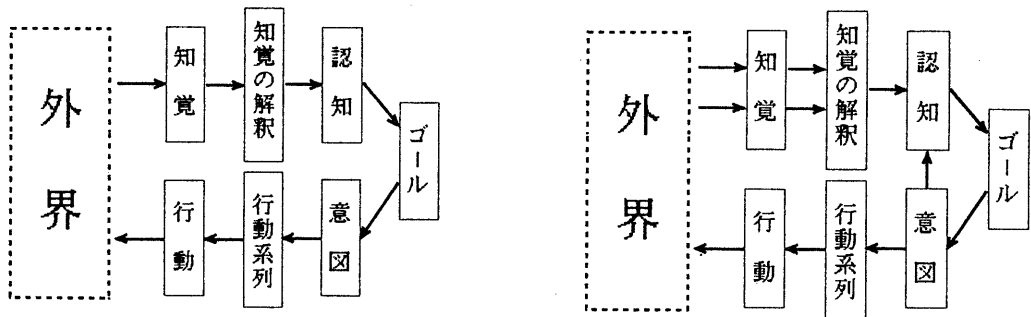
図1 構造モデル

階層管理にはシステム設備のストラクチャードな構成だけでなく、利用者組織もストラクチャードにすることが大切である。そして、これが設備側の構成と対応していることが望ましい。企業組織では本社機構と各支店、コンピュータ・オーケストラの例では指揮者と各パートなどの、センタ（C）と各パート（P）の階層関係がこれに対応する。

センタと各パート間の機能配分はシステムの効率上大切であり、特に、センタにダウンサイジングの経済効果を活用するには、この適切な配分が成功の鍵である。管理上必要な最小限の機能をセンタに集中し、他の機能を各パートに分散できるようなシステム設計をすることになる。コンピュータ・オーケストラを例にとり、4章でこの問題を述べる。

2. 2 マルチメディアの認知行動モデル

ハードウェアの処理速度向上や処理速度の高い解析アルゴリズムの採用も大切であるが、TVのインタレース方式による電波帯域の節減のように、視聴者の認知科学的性質を活用して、経済効果を得ることも必要である。これについては、オーケストラ各パートの処理や伝送に関連して生ずる時間差の問題、視聴覚の相互干渉や人間の行動と複合した場合の効果を実験的に調査し、マルチメディア分散システムを設計する際に有効となる設計資料を集めた。そして、昨年報告した実験結果²⁾からノーマンのモデル³⁾に修正を加えた図2（b）の修正ノーマン・モデルがこの例にも適用できるかの検討も行った。その結果を5章で述べる。



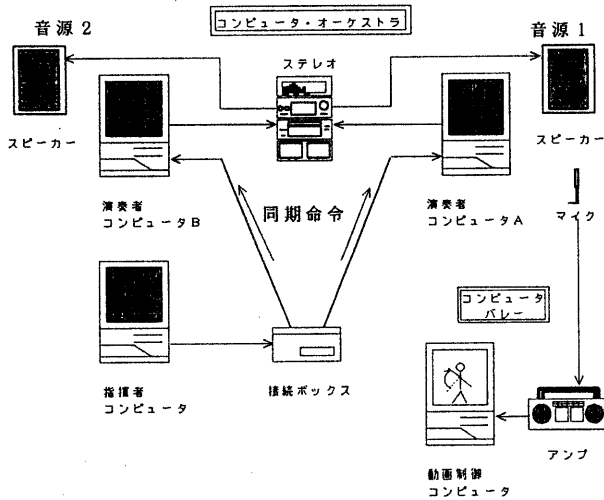
(a) ノーマン・モデル

(b) 修正ノーマン・モデル

図2 マン・マシン・インタフェースのモデル

3. 実験システム

今回試作事例として用いた実験システムの構成を図3に示す。



このシステムは指揮者コンピュータから各パートに当たる演奏者コンピュータを制御するオーケストラシステムと、このシステムによって演奏される連続音を音源として認識し各音に対応する動画の動きを制御するバレエシステムの2つから構成されている。オーケストラシステムの演奏者の台数は必要最小数として2台とした。

図3 実験システム

このシステムについて2章の各項目に関して検討した結果を次に述べる。

4. 分散制御

4.1 モデルとの対応

図3の各コンピュータを図1の構造モデルに対応させると次のようになる。まずコンピュータ・オーケストラでは指揮者コンピュータがCに、各演奏者コンピュータがPに対応する。そしてコンピュータ・バレエではこのオーケストラシステム全体がCに、動画制御コンピュータがPに対応している。つまり、このシステムは全体が2レベルの階層で構成している。

4.2 コンピュータ・オーケストラにおける機能配分

次に機能配分問題について検討する。コンピュータ・オーケストラにおける各コンピュータの機能は以下の通りである。

① 指揮者コンピュータの機能

指揮者コンピュータ操作により各演奏者コンピュータが所定の動作を実行する。主な機能は次の通りである。

- ・演奏台数の決定
 - ・演奏曲決定
 - ・演奏開始命令
 - ・演奏停止命令
- ユーザーが選択
 ——→ 演奏者側へ命令送信

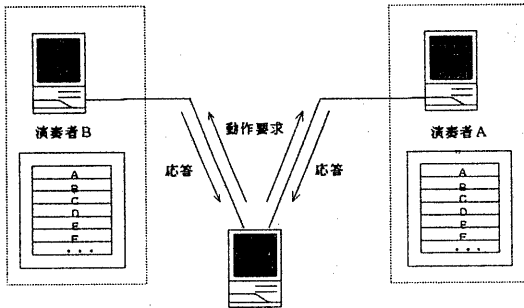
②演奏者コンピュータの機能

指揮者側から送られてきた命令に従い実際の演奏動作を行う。主な機能は次の通りである。

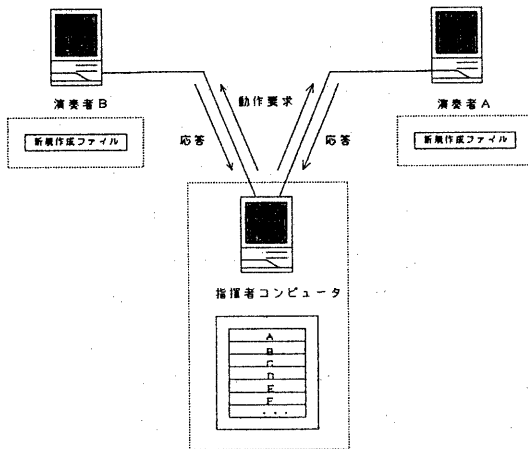
- ・演奏曲データ設定
- ・演奏開始
- ・演奏停止

この機能配分において問題になるのが、演奏データファイルををどのように割り当てるか、という点である。この場合演奏データを、図4(a)演奏者側で管理する、図4(b)指揮者側で管理する、という2通りの手段が考えられる。

(a)の場合曲データ設定は指揮者側から送られてきた曲番号に対応する演奏データファイルをオープンして演奏開始を待つ。そのため、演奏曲決定から演奏開始までに必要時間が短くてすむ。しかし、演奏者A、Bそれぞれがまったく同じデータを持つ必要がありメモリーの使用効率は悪い。



(a) 演奏者側で管理する場合



(b) 指揮者側で管理する場合

図4 演奏データ管理

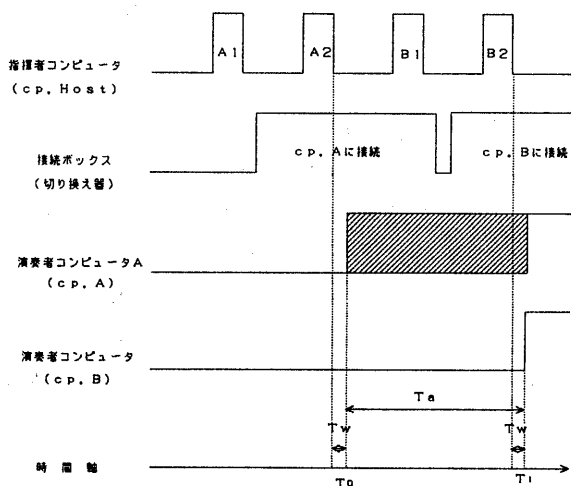
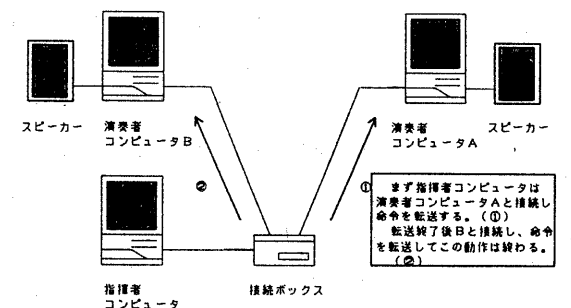
(b)の場合曲データ設定は指揮者側で管理している曲番号と対応している演奏データファイルをオープンし、まず演奏者A、Bそれぞれにデータを転送する。演奏者側では受信したデータを新規作成ファイルとして書き込み、このファイルを演奏実行ファイルとしてオープンし演奏開始命令を待つ。そのため、(a)に比べて演奏曲決定から演奏開始までの時間はかかる。反面必要な演奏データは指揮者側で管理する一組で済む(演奏者側では全データを確保する必要はない)ためシステム全体のメモリーの使用効率は(a)よりも良い。

指揮者側の機能を最小限にし、2.1で述べたようなセンタ機能に対するダウンサイジングの経済効果をもたらすには(a)の配分形態の方が適当と思われる。この方法は、「選曲から演奏開始までの時間を短くする」という点で(b)よりも利点がある。

5. マルチメディア

分散型のコンピュータ・オーケストラでは、複数の演奏者コンピュータを動作させると命令伝達時間や処理時間の関係でコンピュータ間で音響発生ズレが生じる。これをどの程度まで人間が許容できるかを実験的に調査した。またコンピュータ・バレーでは動画の自然性について簡単な認知科学的調査を行った。

5. 1 マルチメディアの認知科学的調査



T_0 : 演奏者Aに命令到達 T_1 : 演奏者Bに命令到達

T_w : 動作開始までに要する時間 T_a : 動作開始のズレ時間

図5 オーケストラシステムの動作概要

分散型のコンピュータ・オーケストラでは切り換え式制御によって指揮者コンピュータは1台ずつ演奏者コンピュータを制御する。指揮者からはまず演奏者Aに命令を送信し、次に演奏者Bに送信する。各演奏者コンピュータは命令受信後所定の動作を行う。このため演奏者A、Bにおいて指揮者コンピュータからの命令実行には時間的に若干のズレが生じる。この影響が最も大きい問題が同時演奏の際の演奏のズレである。この問題がどの程度まで視聴者に許容されるかは実験的にデータをとって定める必要がある。今回、この演奏のズレの時間を変化させ、その許容範囲について視聴者によるアンケート調査を行った。またバレーシステムにおいては音楽と動画の動きとの連動（視聴覚の相互干渉）や自分で楽器を操作するか否かによる認識の相違についても簡単なアンケート調査を行った。

5. 2 聴覚の認知実験

処理や伝送の所要時間は、あらかじめ測定した実験データより約0.2秒程度である。このために生ずるコンピュータ間のズレを調整する方法として先に命令を受け取る演奏者コンピュータAに、命令を受け取ってからの実行開始を待機させて2台の演奏者コンピュータの同期をとる方法で演奏を行なった。

演奏者コンピュータAの待機時間を<0.20秒>、<0.25秒>、<0.35秒>、<0.60秒>の4つ設定し、時間帯、日程を変えて異なる被験者で調査した。この値をズレに換算すると<0.00秒>、<0.05秒>、<0.15秒>、<0.40秒>に相当する。

アンケートでは、

1. 非常に自然に聞こえる
2. やや左右の音がずれている
3. かなりずれている
4. 音楽とは思えない

の中の一つを選んでもらう形式で行なった。

この結果は表1の通りである。これを図6のグラフに整理した。

待機時間	0.20秒		0.25秒		0.35秒		0.60秒	
	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%
1.	14	60.87	13	38.24	9	37.50	12	35.29
2.	9	39.13	16	47.06	10	41.67	14	41.18
3.	0	0.00	5	14.71	5	20.83	8	23.53
4.	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
計	23	100.0	34	100.0	24	100.0	34	100.0

表1 音響認知に関するアンケート結果表

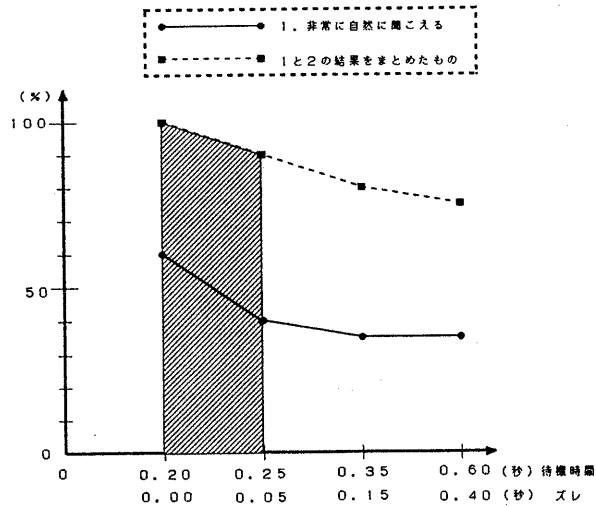


図6 音響認知に関するアンケートグラフ

グラフからわかるように、利用者の許容範囲は0.05秒であり、この長さは音楽の中では非常に短い長さと言える。

アンケートの中には「コンピュータオーケストラをうまく利用すると、ホールやスタジアムでコンサートを行なったときのようなエコーを作れるのではないかと興味をひきました。」という意見もあり、これらの事からエコーという違った観点からコンピュータオーケストラシステムを活用することもできる。

5. 3 視聴覚の認知実験

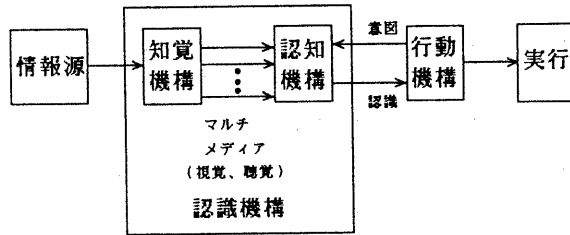
コンピュータ・バレーでは、実際に音を入力してから動画が動くまでに図7(c)のように幾らかの時間がかかる。しかしコンピュータオーケストラの演奏によるコンピュータバレーの動画制御について自然性に関するアンケートを行なったところ、自然にみえると答えた人が多かった。また動画のコマ割りを2コマと3コマの二つの環境で被験者調査をした。その結果について検討を行なったところ、

(a) 行動を伴う場合：見る人が自らの手を介してシンセサイザのキーを使って音を入力し動画を制御する。

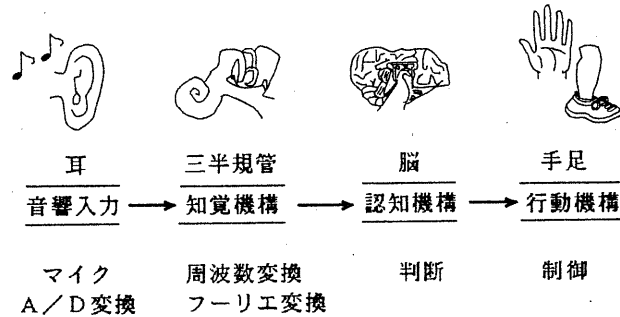
と、

(b) 行動を伴わない場合：自らの手を介さずにコンピュータの演奏によって制御されている動画を見る場合。

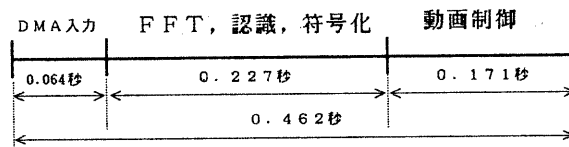
とでの自然性は表2のように逆の結果になった。



(a) システムモデル



(b) 認識行動モデル



(c) パレーシステムの処理時間

図7 コンピュータパレーシステム概要図

	a) 行動を伴う場合	b) 行動を伴わない場合
3コマ・パレー	7 9 %	6 7 %
2コマ・パレー	4 2 %	8 8 %

表2 自然であると答えた人の割合

つまり、視聴覚の相互作用や人間が何らかの意図をもって行動するとき、認知機構に影響を及ぼす。これは昨年発表した²⁾と同様の結果で、図2(b)の修正ノーマン・モデルあるいは、これと同等な図7(a)で表せる。

6. あとがき

構造モデルは、分散システムの利用者側組織を構造化するのに適用しても有効であり、しかも、利用者組織の各構成要素の機能に対応する分散プロセッサ各部に割り当てれば経済的なシステムが構築できること、また、視聴覚を併用したマルチメディアや行動を伴う場合には、シングルメディアのノーマン・モデルに修正を施した図2(b)のモデルが適していることなどが判った。なお、

- 1) コマ割りのタイミングとの関係
- 2) 図形の特徴との関係
- 3) 視覚から聴覚へのフィードバック

などなど、様々な角度からも実験を重ねて、モデル検証の精度を高めるとともに、具体的なシステム設計資料を豊富にすることが今後の課題である。

謝 辞

ノーマン・モデルについて有益な御教示を頂いた東京工科大学 奥正広氏、そしてアンケート調査に御協力頂いた方々に深く感謝する。

参考文献

- 1) 伊吹公夫 : 情報数理解, 森北出版, 1990
- 2) 川口昭良, 杉本智香, 白倉 剛, 千種康民, 伊吹公夫 :
音響動画制御システム, 情報研報 Vol. 11. 92. No. 25, 1992,
- 3) D. Norman : The Psychology of Everyday Things, Basic Books, 1988