



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	実務設計におけるコンピュータ支援ツールの在り方
Author(s)	小林, 昌弘
Description	第2回衛生工学シンポジウム (平成6年11月10日 (木) -11日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 2 モデル解析 . 2-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 2, 60-65
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7585">https://hdl.handle.net/2115/7585</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-2-6_p60-65.pdf



## 実務設計におけるコンピュータ支援ツールの在り方

小林 昌弘 (清水建設技術研究所)

### 1. はじめに

居住環境評価や快適性評価ではエネルギー消費の定量的評価が必要である。しかしながら、建物は建て放しであり、デザイン・機能第一主義であり、エネルギー使用量・ランニングコストは不透明である。この原因は、魅力あるエネルギーデータが整備されていないためであろうし、それを定量的に評価する手段の整備が遅れているためであろう。

ここでは、エネルギー消費の観点から、快適環境形成のための実務設計におけるコンピュータ支援ツールの在り方とその適用例について議論を進めたい。

### 2. 設計支援ツールの在り方

いわゆる動的熱負荷計算やPMVシミュレーションに代表される温熱環境の評価は、与えられた空間の分析・確認やシステムの動特性を得るというアナリシスが主流である。しかし、建築設備設計でのシステム的立場からの検討では、要素機器の組み合わせによる統合化・総合化を行い、必要特性に合致したシステムを求めるといったシンセシス技術が重要であり、実務設計ではまだその域に達成していないのが実状であろう。

一般に実務設計における動的空調負荷計算は、空調装置容量を求めるとして計算されるし、室温変動計算は、設計された空調装置容量によつての室温変動状態の確認に使用されることが多い。これらの計算では、その結果を設計に反映し、建物の使用部材の変更、空調方式の変更など設計変更の根拠データに使用されることはまれである。それは、モデル作成や計算に多大の時間と費用を必要とするためであり、繰り返し計算を行い、与えられた、あるいは、設計したシステムの動特性を得るため、必要とする性能が求められるまでの収束過程を踏むことが煩雑で困難なためである。

しかし、設計支援ツールとしてのシミュレーションは、単なる動的熱負荷計算による空調装置容量を求めただけのものではなく、設計者が結果を総合的に評価し、必要に応じ設計変更を行うために必要な情報が導き出せる必要がある。

我国ではHASP系プログラムやそれを改良した応答係数法による時系列系の計算方法が広く使用されている。時系列系の計算方法は特定要素のみに関して時間流れの情報のみであり、システムの各要素のつながりの情報(系の構造)が不足している。応答係数法は負荷計算には優れたプログラムであるが構造性を必要条件とするシステムのシミュレーションにおいては、系に対応する全状態変数の時刻値を明確に把握でき

る構造をもつ逐次型計算法が適している。

しかし、全ての逐次型計算法によるプログラムが優れた設計支援ツールとは限らない。動的負荷計算、快適性評価、エネルギー評価などは支援ツールとしての必要計算機能であるが、さらに、重要なことは、モデル作成の容易さ、システム因果関係の評価、システム変更への対処方法など設計者の判断をモデルへ返還する作業過程の容易性や因果関係評価の作業の容易さなどが要求される。このことは、熟練した専門家にとってはそれほど問題とならないであろうが、実務技術者にとっては、計算結果が如何に理解しやすいグラフ化表示がなされたとしても、結果の判断をモデルへ返還する作業過程の難易度は、設計の成否に関わる重要なことである。また、それを数式記述のみで行うことは不可能な状態といえよう。

これらのことから考えると、実物とモデルの一対一の対応認識を通し、シミュレーション結果をモデルに返還する過程がプログラム使用者の要求レベルに応じて確実に誘導確保できるアルゴリズムが不可欠である。この観点で物理回路モデル表現から構造対応をもつ回路網的表現の計算モデルは、設計者の判断をモデルへ返還する過程や、設計変更による因果関係評価の容易性と作業の容易さにおいて優れたものがあり、支援ツールとしての重要な機能を与えることができる。

### 3. 物理回路モデル表現設計支援ツール

現在、多くのコンピュータプログラムが研究・開発され、実務設計の現場で使用されている。このコンピュータプログラムは、多くが大学や企業などの研究者により研究用として開発が行われてきたものであり、それを改良し実務設計の支援ツールと称して使用することが多い。実務技術者はこれら支援ツールを購入・使用する場合、その演算理論構成が不明であっても、目的とする性能設計に適用可能であれば一向に差し支えない。

しかし、使用する支援ツールがどのような演算上の特徴を持ち、計算結果にどの程度の差が発生するものか、設計支援にどこまで適用できるのかなど基本的な理解は必要である。ここでは、筆者が今まで使用した回路網による代表的な2プログラムについて、設計支援ツールとしての機能や特徴などの検討結果を報告する。使用したプログラムは、NETS (thermal NETWORK analysis by Shimizu) とSAPLO (Simulation-aided Architectural Planning Language based on Object-oriented concept) である。これらプログラムの詳細については、文献(1)～(4)などが詳しい。

### 3.1. NETSプログラムについて

パソコン用NETSは、当社が開発したものである。利用者は解析対象を熱回路網でモデル化(Step I)し、節点番号を未知数から最後の既知数まで順次一連の番号づけ(step II)を行い、節点間の熱コンダクタンスと節点熱容量のつながりを入力(Step III)する。コンダクタンスと熱容量の値はStep IIIのファイルと呼び出すことにより対話形式で内蔵部材データを参考にしつつモデルの作成(Step IV)ができる。全国の気象データはファイル化で用意されており、期間、最大熱負荷などの使い分けをする。出力は指定する節点温度、節点間の熱流、発熱量などがあり、プリンタ出力、グラフィック、市販ソフト対応のファイル化ができる。

NETSはモデル化過程が対話型で豊富な内蔵部材データが利用でき初心者でも理解が容易であり、作業の容易さにおいて優れたものがある。しかし、モデル化過程で節点が未知から既知まで固定され規定されるため、節点数の変更に伴う部材データや設備機器の変更など設計者の判断をモデルへ返還する過程や因果関係評価の作業が簡単にはできない。また、設備機器制御や快適性評価はそのアルゴリズムが考慮されておらず、今後の開発課題である。

### 3.2. SAPLOプログラムについて

SAPLOプログラムは、松浦により物理回路モデル表現から構造対応をもつ拡張シグナルフロー表示とAPL(A Programming Language)言語の行列演算の能率を考慮し、ポータブルのAPLコンピュータ上で開発されたものである。

SAPLOでの実務者レベルでの回路モデル作成は、回路エレメント(熱抵抗、熱容量など)を用いて作成した単位機能要素部品(壁、床、屋根、パネルラジエータなど)とサブシステム(温感モデル、ボイラなど)が登録されたデータベースからプレハブ部品を呼び出し、回路エディタで接続することにより会話型で容易に行なうことができる。ここでSAPLOの優れた点は、回路節点番号の連続性が不要なことである。例えば、室空気は室番号に、壁室内表面番号は室番号に連係した方位対応の番号付けの形で意味付けされた階層性を持つ認識番号をエディタが自動的にサポートしている。

また、設計試行に伴う要素部品の追加などによるシステム構造の変更は、部品番号変更のみでよく、極めて容易である。さらに、変更箇所以外の節点番号になんら影響を与えないため、意味付け節点番号による設計対象への認識性と相まって設計試行でのシミュレーション結果の比較検討を容易なものとしている。

しかし、機能部品の作成では柱型や木造壁、フロアヒーティング床などは、自由な対象を演算精度を考慮し

つつ検討するため自動化されていない。このため、データベース整備はモデル化の物理的知識を持つ専門者が必要と思われる。

また、設計支援ツールとして不可欠な機能であるモデル変更検討のための定常感度解析機能や、完全相互反射を考慮した放射回路をもつ多室モデルでの温感分布(評価)のためのclo値表示、メレ面積率が分かるPMVs温感モデルが使用可能な温感制御演算、修正予測制御などの豊富な支援機能を備えている。

出力部分は、定常解では全情報の数値表示や非定常演算では経過時刻毎の数値表示、演算結果のファイル化、市販ソフトによる各種のデータ処理への対応が可能である。また、最近追加された機能としては、熱源影響成分の演算表示法があり、シミュレーションの実行と同時に、温熱源別影響成分構成が評価でき、設計変更に対する因果関係評価が容易にできるようになっている。

以上、回路表示による代表的なNETSとSAPLOプログラムを例に実務設計におけるコンピュータ支援ツールの在り方について述べた。NETSはモデル入力過程が簡単であり、初心者向けの支援ツールといえよう。SAPLOは豊富な支援機能をもち本格的な支援ツールである。実務の現場にあっても、これからは高度なシミュレーションとその結果得られる定量的な快適性評価、省エネルギー評価が必要であり、SAPLOを使用する機会が多くなるものと思われる。

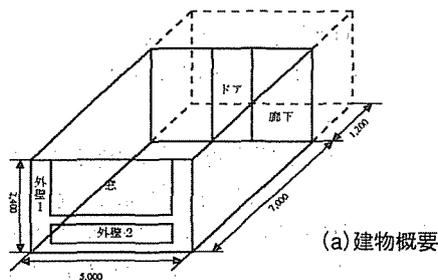
次章ではSAPLOの設計支援過程についてももう少し詳しくその効果を考えてみる。

## 4. SAPLOでの設計支援過程<sup>6)</sup>

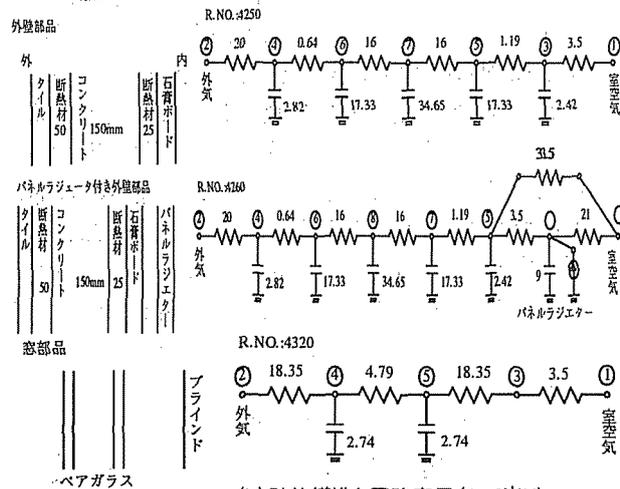
### 4.1. モデル作成

SAPLOでのシミュレーション過程は、対象がどのような機能要素で構成されているかを示すブロック化回路図が基本となる。その作成は、入力部ではコンポーネントが既に登録してあればそれを呼び出し、部品の接続、制御信号線の配線などを行ってモデルを構築する。

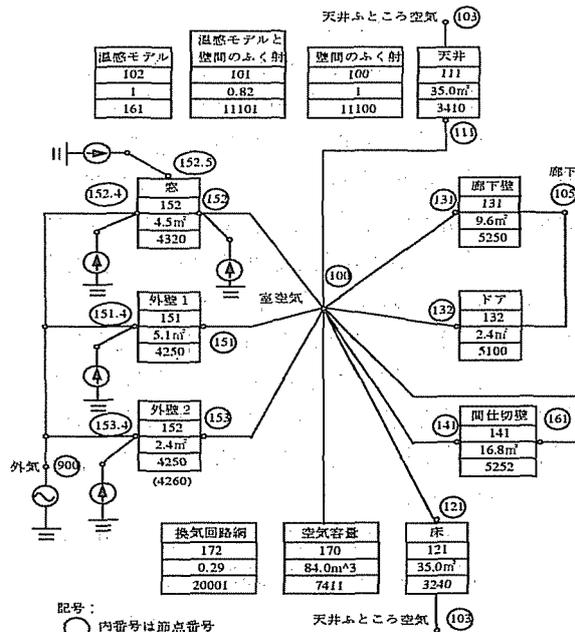
モデル作成過程の具体例を示す。図-1(a)は中廊下対称の研究棟の中間階中央室とし、暖房は室空気への直接加熱モデルを考える。その部材等の部分ブロック回路表示を図-1(b)に、全体のブロック回路表示を図-1(c)に示す。モデル作成はこのブロック回路図に従いながら、回路エディタで表-1(b)に示した入力設定表STを用い、表-1(a)に示される基本要素表NT上の登録番号を呼び出すことにより、自動的に面積倍した素子をもつ回路モデルを接続作成することができる。その結果は素子表ETと名付けられ表-1(c)に示すものとなる。表中の各行は回路ブランチの記述に当たり、表全体でモデルの数式記述をしていることに相当する。この



(a) 建物概要



(b) 壁体構造と回路表示(1m²当り)



(c) システム全体のブロック回路表示 (一部)

図-1.建物概要とブロック回路表示図

表-1.SAPLOの入力関係表の相関

(a) 基本壁要素回路網の登録表NT (マトリックス)の一部

R.NO.	N.NO.	N.NO.	V/P.	I.
4250.01	0.30	0.10	3.50	2.00
4250.02	0.30	0.00	2.42	1.00
4250.03	0.50	0.30	1.19	2.00
4250.04	0.50	0.00	17.33	1.00
4250.05	0.70	0.50	16.00	2.00
4250.06*1	0.70	0.00	34.65	1.00
4250.07	0.70	0.60	16.00	2.00
4250.08	0.60	0.00	17.33	1.00
4250.09	0.60	0.40	0.64	2.00
4250.10	0.40	0.00	2.82	1.00
4250.11	0.40	0.20	20.00	2.00
4260.10	0.30	0.10	21.00	2.00
4260.02	0.30	0.00	9.00	1.00
4260.03	-0.30	0.00	1.00	10.00
4260.04	0.50	0.30	5.50	2.00
4260.05	0.50	0.10	3.50	2.00
4260.06	0.50	0.00	2.42	1.00
4260.07*4	0.70	0.50	1.19	2.00
4260.08	0.70	0.00	17.33	1.00
4260.09	0.80	0.70	16.00	2.00
4260.10	0.80	0.00	34.65	1.00
4260.11	0.80	0.60	16.00	2.00
4260.12	0.60	0.00	17.33	1.00
4260.13	0.60	0.40	0.64	2.00
4260.14	0.40	0.00	2.82	1.00
4260.15	0.40	0.20	20.00	2.00
4320.10	0.30	0.10	3.50	2.00
4320.20	0.50	0.30	18.35	2.00
4320.30	0.50	0.00	2.74	1.00
4320.40	0.50	0.40	4.79	2.00
4320.50	0.40	0.00	2.74	1.00
4320.60	0.40	0.20	18.35	2.00

<素子の記述>  
R.NO.: 分枝番号または登録番号  
N.NO.: 節点番号1 (負号付き番号は、節点番号に流入する熱流番号)  
N.NO.: 節点番号2  
V/P.: 素子の値、またはボイナター  
I.: 素子の認識番号  
(1)素子の場合  
1-C (容量)  
2-G (コンダクタンス)  
3-D (方向コンダクタンス)  
4-A (アンパ)  
6--定外部源  
7--制御源  
8--制御関係  
9--チェック制御 (リミット制御)  
10--変動外部源  
(2)要素 (コンポーネント) の場合  
認識番号が100以上の場合は、登録コンポーネント番号

(b) 全体システムの入力設定表ST (マトリックス)の一部

R.NO.	N.NO.	N.NO.	V/P.	I.
1151.01	151.00	100.00	5.10	4250.00
1151.01	151.10	100.00	151.20	900.00
1151.02	151.30	151.00	0.00	0.00
1152.00	152.00	0.00	4.50	4320.00
1152.01	152.10	100.00	152.20	900.00
1152.02	152.30	152.00	0.00	0.00
1153.00	153.00	0.00	2.40	4250.00*1
1153.01	153.10	100.00*2	153.20	900.00
1153.02	153.30	153.00*3	0.00	0.00
外気温	1900.00	900.00	0.00	2.00 10.00

(c) 自動作成された素子表(マトリックス)の一部

R.NO.	N.NO.	N.NO.	V/P.	I.
1151.01	151.00	100.00	17.85	2.00
1151.02	151.00	0.00	12.34	1.00
1151.03	151.50	151.00	6.07	2.00
1151.04	151.50	0.00	88.36	1.00
1151.05	151.70	151.50	81.60	2.00
1151.06	151.70	0.00	176.71	1.00
1151.07	151.70	151.60	81.60	2.00
1151.08	151.60	0.00	88.36	1.00
1151.09	151.60	151.40	3.26	2.00
1151.10	151.40	0.00	14.38	1.00
1151.11	151.40	900.00	102.00	2.00
1152.10	152.00	100.00	15.75	2.00
1152.20	152.50	152.00	82.58	2.00
1152.30	152.50	0.00	12.33	1.00
1152.40	152.50	152.40	21.56	2.00
1152.50	152.40	0.00	12.33	1.00
1152.60	152.40	900.00	82.58	2.00
1153.01	153.00*3	100.00*2	8.40	2.00
1153.02	153.00*3	0.00	5.81	1.00
1153.03	153.00	153.00	2.86	2.00
1153.04	153.50	0.00	41.58	1.00
1153.05	153.70	153.50	38.40	2.00
1153.06	153.70	0.00	83.16	1.00
1153.07	153.70	153.60	38.40	2.00
1153.08	153.60	0.00	41.58	1.00
1153.09	153.60	153.40	1.54	2.00
1153.10	153.40	0.00	6.77	1.00
1153.11	153.40	900.00	48.00	2.00
外気温	1900.00	900.00	0.00	2.00 10.00

<建物全体システムの入力設定>  
\*1: 外壁2を153(1:100号室5:南方位壁3:番目)とし、2.4m<sup>2</sup>の4250登録部品を使用  
ETに153+部品節点番号と2.4倍されたアドミタンス  
\*2: 壁付高対流コンダクタンス節点を室空気節点に変更(外壁2と室空気と接続)  
\*3: 外壁2の室内側表面節点番号を登録番号に変更

(d) 全体システムの入力設定表の一部 (パネルラジエータの場合のコンポーネントの取り替え)

R.NO.	N.NO.	N.NO.	V/P.	I.
1151.01	151.00	0.00	5.10	4250.00
1151.01	151.10	100.00	151.20	900.00
1151.02	151.30	151.00	0.00	0.00
1152.00	152.00	0.00	4.50	4320.00
1152.01	152.10	100.00	152.20	900.00
1152.02	152.30	152.00	0.00	0.00
1153.00	153.00	0.00	2.40	4260.00*4
1153.01	153.10	100.00	153.20	900.00
1153.02	153.30	153.00	0.00	0.00
外気温	1900.00	900.00	0.00	2.00 10.00

(e) 自動作成された素子表の一部(パネルラジエータの場合)

R.NO.	N.NO.	N.NO.	V/P.	I.
1151.01	151.00	100.00	17.85	2.00
1151.02	151.00	0.00	12.34	1.00
1151.03	151.50	151.00	6.07	2.00
1151.04	151.50	0.00	88.36	1.00
1151.05	151.70	151.50	81.60	2.00
1151.06	151.70	0.00	176.71	1.00
1151.07	151.70	151.60	81.60	2.00
1151.08	151.60	0.00	88.36	1.00
1151.09	151.60	151.40	3.26	2.00
1151.10	151.40	0.00	14.38	1.00
1151.11	151.40	900.00	102.00	2.00
1152.10	152.00	100.00	15.75	2.00
1152.20	152.50	152.00	82.58	2.00
1152.30	152.50	0.00	12.33	1.00
1152.40	152.50	152.40	21.56	2.00
1152.50	152.40	0.00	12.33	1.00
1152.60	152.40	900.00	82.58	2.00
1153.01	153.00	100.00	50.40	2.00
1153.02	153.00	0.00	21.60	1.00
1153.03	153.00	153.00	1.00	10.00
1153.04	153.50	153.00	13.20	2.00
1153.05	153.50	100.00	8.40	2.00
1153.06	153.50	0.00	5.81	1.00
1153.07	153.70	153.50	2.86	2.00
1153.08	153.70	0.00	41.58	1.00
1153.09	153.80	153.70	38.40	2.00
1153.10	153.80	0.00	83.16	1.00
1153.11	153.80	153.60	38.40	2.00
1153.12	153.60	0.00	41.58	1.00
1153.13	153.60	153.40	1.54	2.00
1153.14	153.40	0.00	6.77	1.00
1153.15	153.40	900.00	48.00	2.00
外気温	1900.00	900.00	0.00	2.00 10.00

\*4: 空気直接加熱暖房からパネルラジエータ暖房に変更、パネルラジエータなし外壁部品番号4250のみパネルラジエータ付き外壁部品番号4260に書き換えれば良い

表-2. 非定常シミュレーション結果例 (空気直接発熱型暖房運転、札幌、1月18日(水))

気象条件: HASP気象データ札幌

運転条件: 週間暖房運転パターン(月~金曜日: 8~20時暖房運転(室温制御23℃)

土曜日: 8~13時暖房運転(室温制御23℃)、日曜日: 暖房運転無し)

時刻 D: H: M	外気温 T[℃]	外壁1	ブラ	室内 発生熱 H[W]	空気直接	室空気 温度 T[℃]	室温 感度指標 PMV[s]	外壁2	窓内	床	廊下	天井ふと こ温度 T[℃]	外気に	外壁1か	外壁2から	窓から
		日射 吸収 H[W]	インド 日射 吸収 H[W]		暖房発熱 H[W]			内 表面温度 T[℃]	内 表面温度 T[℃]	表面温度 T[℃]	空気温度 T[℃]		逃げ れる 熱量 Q[W]	ら逃げ れる 熱量 Q[W]	ら逃げ れる 熱量 Q[W]	ら逃げ れる 熱量 Q[W]
1/18 WED 900	151.4	152	175.11	176.11	100	102.04	153	152	121	105	103	900	1151.11	1153.11	1152.6	
18:01:00	-4.1	0	0	0	0	17.4	-1.09	17.3	11.9	19.1	17.4	19.0	-1037	52	24	264
18:02:00	-4.8	0	0	0	0	17.1	-1.15	17.0	11.5	18.8	17.3	18.7	-1061	55	26	270
18:03:00	-5.0	0	0	0	0	16.8	-1.20	16.8	11.3	18.6	17.2	18.5	-1059	55	26	269
18:04:00	-5.5	0	0	0	0	16.6	-1.25	16.6	11.0	18.4	17.0	18.3	-1075	57	27	272
18:05:00	-7.1	0	0	0	0	16.3	-1.32	16.3	10.3	18.1	16.8	18.1	-1143	63	29	288
18:06:00	-5.6	0	0	0	0	16.1	-1.34	16.2	10.6	17.9	16.8	17.9	-1057	57	27	266
18:07:00	-3.7	7	6	0	0	16.0	-1.39	16.0	11.1	17.7	16.7	17.7	-975	57	27	244
18:08:00	-3.6	561	374	0	0	16.2	-1.34	16.1	18.3	17.6	16.7	17.6	-2314	592	279	428
18:09:00	-3.1	1983	1385	1005	2640	23.0	-0.12	19.3	40.8	18.8	18.3	18.8	-6002	1969	927	964
18:10:00	-3.3	2666	1911	1005	1276	23.0	-0.01	20.0	51.5	19.4	18.6	19.3	-7715	2633	1239	1239
18:11:00	-3.9	3054	2213	1005	601	23.0	0.06	20.3	57.4	19.9	18.8	19.7	-8711	3013	1418	1394
18:12:00	-5.0	3540	2569	1005	156	23.0	0.12	20.6	64.2	20.3	18.9	20.2	-9967	3490	1642	1589
18:13:00	-5.5	3409	2459	1005	3	23.0	0.14	20.8	62.4	20.7	19.0	20.5	-9688	3366	1584	1562
18:14:00	-6.1	2098	1489	1005	330	23.0	0.08	20.8	43.8	20.9	19.1	20.6	-6523	2098	987	1112
18:15:00	-7.7	131	97	1005	989	23.0	-0.04	20.7	16.2	20.9	19.1	20.6	-1790	199	93	427
18:16:00	-8.3	28	21	1005	1072	23.0	-0.04	20.7	14.0	20.9	19.1	20.6	-1537	99	47	371
18:17:00	-8.7	0	0	1005	1077	23.0	-0.04	20.7	13.5	21.0	19.2	20.7	-1486	72	34	365
18:18:00	-9.7	0	0	1005	1083	23.0	-0.03	20.7	13.2	21.1	19.3	20.8	-1537	76	36	378
18:19:00	-10.0	0	0	1005	1064	23.0	-0.03	20.8	13.1	21.2	19.3	20.9	-1551	77	36	381
18:20:00	-10.2	0	0	1005	1042	23.0	-0.02	20.8	13.1	21.3	19.4	21.0	-1562	77	36	384
18:21:00	-10.3	0	0	0	0	19.7	-0.69	19.3	11.7	20.8	18.6	20.5	-1451	77	36	366
18:22:00	-10.7	0	0	0	0	18.8	-0.83	18.6	11.1	20.4	18.3	20.2	-1435	79	37	361
18:23:00	-10.0	0	0	0	0	18.2	-0.93	18.2	10.9	20.1	18.1	20.0	-1376	76	36	345
19:00:00	-11.7	0	0	0	0	17.7	-1.03	17.8	10.2	19.8	17.9	19.7	-1442	81	38	362
T.L.A.T	-6.8	17475	12524	12058	11332	20.1	-0.56	18.8	22.6	19.7	18.2	19.6	-73493	18468	8691	13904

回路モデル中に放射回路の非線形素子をもつときは、その線形化も含めたシグナル・フローグラフ化が行われる。

シミュレーション過程では、その実行に先立ち定常解析を含む全パラメータに関する定常感度解析が行われ、その検討を通じ必要とあればモデル変更を行うことになる。モデル設定後、シミュレーションの推移演算用の推移行列が作成され、シミュレーションの実行が行われる。

本研究で示す図-1(c)は、簡単なモデルによるシミュレーション例ではあるが、演算実行時には表示可能な変数は177個にもなる。このため、随時表示変数を変えながらシミュレーションを繰り返すことになるが、シミュレーションの実行中に必要に応じ変数を簡単に選び表示できる。その方法は、画面上で変数節点番号をベクトルとする表示用変数PRを規定してやればよい。シミュレーション表示結果の1例を表-2に示す。

回路エディタを用いたモデル作成での大きな特徴は、モデルの変更や追加がST上の部品番号の修正や追加のみで対応するETが自動作成されること、そしてより重要なことは、変更や追加されなかった部分のモデル記述の節点番号には一切変化がないため、設計でのシステム変更の比較検討が会話的に容易に、かつ、的確に行えることである。このことは、設計現場での支援ツールにとり、不用意な過ち防止と簡潔化のため不可欠な要素である。

1例として室空気への直接加熱暖房モデルからパ

ネルラジエータ暖房への変更を図-1(d)と(e)に示す。

#### 4.2.SAPLOにおける制御の取扱い方<sup>7)</sup>

SAPLOの制御シミュレーションは、マクロな立場で理想的に行われていると考える。そこでは時間オーダーの刻み幅での平均化された刺激と操作量に対する応答を考えて、マクロ的立場ではあるが、制御のもつ基本的性格を実現しうる形になっている。例えば、設定値保持のための熱源値の制御のみならず、最大熱源容量の制限による設定偏差や環境変化に伴うオーバーシュートにも対応している。また、熱源系統の内部状況で生ずるリミット制御による制限にもシミュレーション可能である。この機能は、シミュレーション試行過程の上で仮定のチェック機能として使用し、熱源の在り方の検討に有効に利用可能である。

多くのプログラムは、このような制御機能を持っていない。このため、室温を一定のためには暖房能力の限界は無視され、異常な空調吹き出し温度となる現象も不明であり、システムの矛盾が分からない。

#### 4.3.熱源影響成分の演算表示法<sup>7)</sup>

温熱源別影響成分構成の求め方は、線形システムでの重ね合わせ原理に基づいて求めることができる。

(内容詳細は文献<sup>7)</sup>参考のこと)

シミュレーションが1回限りの仕事であるならば、原因別に単独のシミュレーションの繰り返しを行えばよい。しかし、設計試行の中でシステムの変更の都度繰り返しを行うことは煩雑であり、実務上での設計支援ツールとはなり得ない。望ましい演算形態としては、時々刻々に熱源

表-3.非定常シミュレーションの運転制御条件表と運転制御ファイルとの関係  
(パネルラジエータ暖房、週間運転パターン)

OT:運転条件表					CF: 制御ファイル							
R.NO.	N.NO.	N.NO.	V./P.	L.								
2191.00	-104.00	0.00	1000.00	7.00	CP: 制御ポインター							
2192.00	104.00	-104.00	2.00	8.00	[1] 4	2	2	2	2	3	[2] 0 8 12 13 20	→時
1153.03	-153.00	0.00	10000.00	7.00	暖房機器容量					0 0 0 0 0	→分	
1176.70	100.00	-153.00	1.00	8.00	制御関係(室温制御)					23 23 23 23 23	→設定値	
1199.00	153.00	-153.00	80.00	9.00	リミット制御					0 1 1 1 0	→運転状況 (1は運転 2は休止)	
1900.00	900.00	0.00	2.00	10.00	外気温					[3] 0 8 12 13 20		
2900.00	904.00	0.00	3.00	10.00	外気湿度					0 0 0 0 0		
1194.00	-151.40	0.00	17.00	10.00	外壁面日射吸収					23 23 23 23 23		
1195.00	-153.40	0.00	18.00	10.00	外気湿度					0 1 1 0 0		
1175.10	-175.11	0.00	11.00	10.00	室内発生熱					[4] 0 8 12 13 20		
					日変更 (表が尽きると最初に帰るリング カウンターとなっている)					0 0 0 0 0		
					日月火水木金土					20 20 20 20 20		
										0 0 0 0 0		

<運転表OTでの素子の記述>  
R.NO.: 分枝番号または登録番号 N.NO.: 節点番号1(負号付き番号は、節点番号に流入する熱流番号) N.NO.: 節点番号2 V./P.: 素子の値、またはポインター  
L.: 素子の認識番号、6一定外部源、7-放射制御、8-制御関係、9-チェック制御(リミット制御)、10-変動外部源

表-4.熱源影響構成成分を含むシミュレーション結果表(パネルラジエータ暖房、1月17日(火)、18日(水)、札幌)  
室空気温度Toに占める影響構成成分

時刻	室空気温度Toに占める影響構成成分															
	外気温	外壁1 日射吸収	外壁1 日射吸収	外壁1 日射吸収	室内 発生熱	パネル 発熱	室空気 湿度	外気温	外壁	窓	室内	パネル	温度 指標	パネル 温度	外気に逃げ る総熱量	Qoiに占める パネル発熱 構成成分
D:H:M	T [°C]	H [W]	H [W]	H [W]	H [W]	T [°C]	T [°C]	T [°C]	T [°C]	T [°C]	T [°C]	T [°C]	PMVS [-]	T [°C]	H [W]	H [W]
17:00:00	-7.90	0.00	0.00	0.00	0.00	17.24	-4.19	0.28	4.39	7.20	9.55	-1.14	17.54	-1228.17	-458.52	
17:01:00	-8.20	0.00	0.00	0.00	0.00	16.82	-4.24	0.28	4.35	7.07	9.35	-1.22	17.11	-1227.65	-450.62	
17:02:00	-9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	16.39	-4.36	0.29	4.30	6.97	9.20	-1.30	16.71	-1297.25	-444.33	
17:03:00	-10.20	0.00	0.00	0.00	0.00	16.06	-4.44	0.29	4.26	6.88	9.07	-1.37	16.37	-1296.62	-439.07	
17:04:00	-9.80	0.00	0.00	0.00	0.00	15.80	-4.47	0.29	4.22	6.81	8.96	-1.42	16.09	-1264.07	-434.49	
17:05:00	-9.20	0.00	0.00	0.00	0.00	15.59	-4.48	0.29	4.18	6.74	8.86	-1.47	15.87	-1223.79	-430.38	
17:06:00	-7.90	0.00	0.00	0.00	0.00	15.44	-4.44	0.29	4.14	6.68	8.77	-1.50	15.70	-1150.29	-426.58	
17:07:00	-8.80	2.37	1.78	0.00	0.00	15.21	-4.50	0.29	4.11	6.62	8.69	-1.55	15.48	-1193.28	-423.00	
17:08:00	-8.10	112.84	81.39	0.00	0.00	15.10	-4.49	0.29	4.13	6.56	8.61	-1.57	15.34	-1413.92	-419.59	
17:09:00	-6.70	501.57	358.29	1004.83	5008.52	22.57*1	-4.43	0.29	4.33	8.12	14.26	-0.19	80*1	-2538.24	-610.48	
17:10:00	-5.20	681.76	494.87	1004.83	2681.54	23.00	-4.34	0.29	4.50	8.51	14.04	-0.08	57.54	-2942.30	-621.16	
17:11:00	-3.30	512.93	376.38	1004.83	1930.43	23.00	-4.21	0.29	4.50	8.79	13.64	-0.08	47.47	-2443.58	-610.15	
17:12:00	-3.80	109.06	81.26	1004.83	1818.54	23.00	-4.19	0.29	4.31	9.00	13.60	-0.08	45.56	-1494.91	-609.62	
17:13:00	-3.10	468.52	343.03	1004.83	1415.05	23.00	-4.13	0.29	4.43	9.17	13.24	-0.05	40.68	-2322.64	-599.17	
17:14:00	-3.30	256.75	188.00	1004.83	1397.38	23.00	-4.11	0.29	4.35	9.31	13.16	-0.05	40.20	-1828.08	-596.90	
17:15:00	-3.60	79.33	58.53	1004.83	1382.44	23.00	-4.11	0.29	4.23	9.43	13.16	-0.04	40.02	-1415.47	-597.74	
17:16:00	-3.20	182.64	119.02	1004.83	1226.80	23.00	-4.08	0.29	4.22	9.55	13.03	-0.02	38.18	-1644.73	-594.40	
17:17:00	-3.50	0.00	0.00	1004.83	1241.95	23.00	-4.08	0.29	4.11	9.65	13.04	-0.02	38.26	-1223.65	-595.42	
17:18:00	-3.30	0.00	0.00	1004.83	1157.20	23.00	-4.06	0.29	4.05	9.75	12.98	-0.01	37.28	-1211.59	-594.51	
17:19:00	-3.30	0.00	0.00	1004.83	1093.99	23.00	-4.06	0.29	4.00	9.84	12.92	0.00	36.48	-1212.90	-593.35	
17:20:00	-3.70	0.00	0.00	1004.83	1054.97	23.00	-4.07	0.29	3.96	9.93	12.89	0.01	35.98	-1234.61	-592.79	
17:21:00	-3.80	0.00	0.00	0.00	0.00	20.24	-4.07	0.29	3.92	8.41	11.70	-0.58	21.49	-1145.58	-552.97	
17:22:00	-4.30	0.00	0.00	0.00	0.00	19.32	-4.10	0.29	3.89	8.05	11.20	-0.73	19.69	-1134.10	-532.85	
17:23:00	-4.30	0.00	0.00	0.00	0.00	18.72	-4.11	0.29	3.86	7.81	10.88	-0.84	19.00	-1109.75	-520.40	
18:00:00	-4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	18.27	-4.12	0.28	3.82	7.63	10.65	-0.91	18.53	-1096.87	-511.29	
18:01:00	-4.10	0.00	0.00	0.00	0.00	17.94	-4.11	0.28	3.79	7.50	10.47	-0.98	18.18	-1067.64	-504.10	
18:02:00	-4.80	0.00	0.00	0.00	0.00	17.62	-4.15	0.28	3.77	7.39	10.33	-1.03	17.86	-1090.76	-498.11	
18:03:00	-5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.35	-4.17	0.28	3.74	7.30	10.20	-1.09	17.59	-1089.05	-492.91	
18:04:00	-5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	17.09	-4.21	0.28	3.71	7.22	10.09	-1.14	17.33	-1103.57	-488.24	
18:05:00	-7.10	0.00	0.00	0.00	0.00	16.78	-4.32	0.28	3.68	7.15	9.99	-1.20	17.05	-1172.53	-483.94	
18:06:00	-5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	16.63	-4.28	0.28	3.65	7.08	9.89	-1.23	16.86	-1086.51	-479.89	
18:07:00	-3.70	7.12	5.34	0.00	0.00	16.55	-4.18	0.28	3.63	7.02	9.80	-1.27	16.75	-1002.72	-476.03	
18:08:00	-3.60	560.07	374.27	0.00	0.00	16.69	-4.15	0.28	3.88	6.96	9.72	-1.23	16.81	-2342.20	-472.32	
18:09:00	-3.10	1982.58	1385.39	1004.83	3447.19	23.00	-4.10	0.28	4.73	8.51	13.57	0.02	62.18	-6010.59	-602.36	
18:10:00	-3.30	2665.05	1911.33	1004.83	981.18	23.00	-4.09	0.28	5.51	8.90	12.40	0.08	36.45	-7729.11	-574.88	
18:11:00	-3.90	3053.60	2213.12	1004.83	308.21	23.00	-4.11	0.28	6.18	9.17	11.48	0.12	27.03	-8722.77	-542.00	
18:12:00	-5.00	3540.03	2568.95	1004.83	0.00*2	23.17*2	-4.17	0.28	6.89	9.38	10.79	0.19	22.94	-9983.39	-516.14	
18:13:00	-5.50	3408.75	2458.51	1004.83	0.00*2	23.34*2	-4.22	0.28	7.29	9.54	10.44	0.23	22.87	-9710.52	-502.04	
18:14:00	-6.10	2097.79	1489.03	1004.83	140.49	23.00	-4.28	0.29	6.95	9.68	10.36	0.12	24.35	-6533.66	-498.01	
18:15:00	-7.70	131.67	97.06	1004.83	1118.21	23.00	-4.39	0.29	5.93	9.80	11.37	0.03	36.02	-1798.65	-531.65	
18:16:00	-8.30	28.47	21.35	1004.83	1107.32	23.00	-4.48	0.29	5.52	9.91	11.76	0.03	36.61	-1547.43	-547.68	
18:17:00	-8.70	0.00	0.00	1004.83	1088.68	23.00	-4.55	0.30	5.26	10.01	11.98	0.03	36.44	-1497.12	-556.91	
18:18:00	-9.70	0.00	0.00	1004.83	1092.64	23.00	-4.65	0.30	5.09	10.11	12.15	0.04	36.49	-1547.66	-564.15	
18:19:00	-10.00	0.00	0.00	1004.83	1063.28	23.00	-4.73	0.30	4.97	10.20	12.26	0.05	36.16	-1562.28	-568.93	
18:20:00	-10.02	0.00	0.00	1004.83	1035.93	23.00	-4.79	0.30	4.87	10.28	12.33	0.05	35.82	-1572.43	-572.35	
18:21:00	-10.30	0.00	0.00	0.00	0.00	20.23	-4.85	0.30	4.80	8.76	11.23	-0.56	21.56	-1482.56	-535.75	
18:22:00	-10.70	0.00	0.00	0.00	0.00	19.30	-4.92	0.30	4.73	8.40	10.79	-0.72	19.75	-1464.47	-517.71	
18:23:00	-10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.71	-4.93	0.30	4.67	8.15	10.51	-0.82	19.06	-1403.75	-506.68	
19:00:00	-11.70	0.00	0.00	0.00	0.00	18.15	-5.06	0.30	4.62	7.97	10.31	-0.93	18.51	-1469.19	-498.62	

注) \*1: 温水温度が80℃上限で室温がクリア \*2: 日射の影響により暖房停止でも室温オーバーシュート

影響成分が同時演算できる必要がある。

図-1(c)に示すモデルにより、熱源影響成分を表示することでシミュレーション支援上のような効果が得

られるか検討した。本モデルでの暖房は、パネルラジエータ暖房を考える。システムの運転は、外気条件としてHASP(札幌)気象データを用い、室用途(研究室)とし

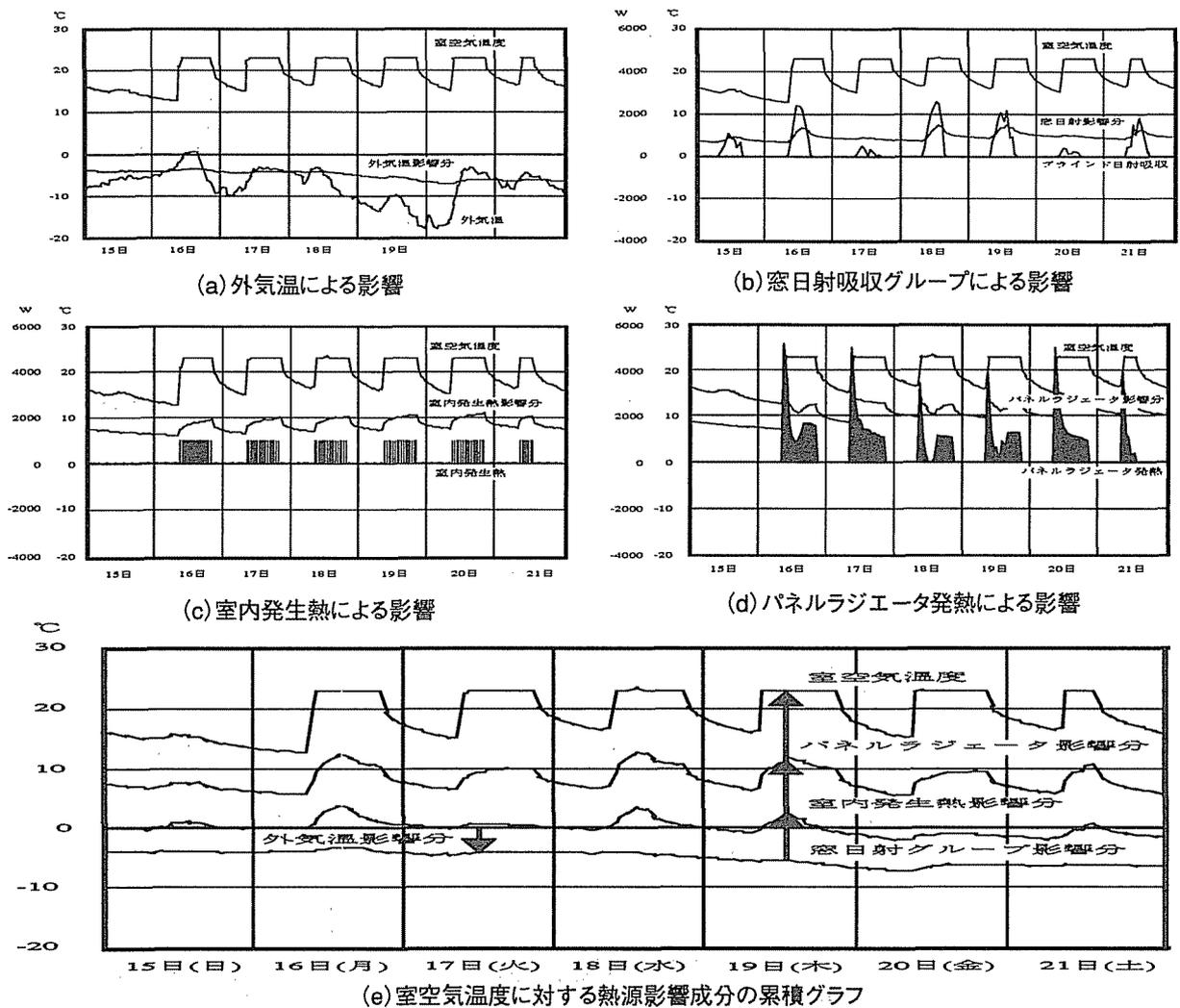


図-2.室空気温度に対する熱源影響構成成分のグラフ表示(パネルラジエータ暖房1月15日(日)-1月21日(土))

での運転条件パターンを想定した。この運転パターンは、表-4に示した運転制御表OTに記載されたポイントが指す週間リングポイントにより、多くの運転表をもつ運転ファイルCFからその日の運転に適合した運転表CTを選び制御運転が行われる。

前年9月からの連続運転に基づき、1月17日、18日のシミュレーション結果を表-4に示す。成分影響表示は、室温節点番号(100)に続いて、△を冠した熱源番号で区分表示している。表-4中では、室温制御を23℃としているが、暖房立ち上げ時では、※1で示すパネルラジエータ温水温度の上限値(80℃以下)の制限により、室温(22.57℃)にクリップする。一方、暖房停止(※2)をしても、日射による室温のオーバーシュートが熱流源を用いた制御により実現されていることが分かる。

室温に対する個々の熱源の影響成分は、PRで指定した順序で△を冠した当該節点番号に置換し表示されている。この構成成分の時間経過をみると、ステップ応答から予想される以上に過去からのコンボリユーションによる影響が大であり、特に、外気温や日射影響成

分の平滑化された応答には目を見張るものがある。

これらの関係をより明確にするため、グラフ化した結果を図-2(a)から(e)に示した。

## 5. おわりに

本報告の4章は、居住環境システム研究室松浦茂、山武ハワエル社井斎千佳子、神村一幸、筆者小林昌弘が本年度(94)空気調和衛生工学会学術講演会論文として発表したものから引用したものである。

松浦先生には、日頃、シミュレーションのご指導をいただいております。ここに深く感謝致します。

### (参考文献)

- 1) 奥山博康、川島実、小林昌弘: 回路網モデリングによる建築環境シミュレーションプログラムの開発(その1~その3), 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, '85.10
- 2) 川島実、奥山博康、小林昌弘: 回路網モデリングによる建築環境シミュレーションプログラムの開発, 清水建設技術研究所報, 第50巻, '87.10
- 3) 松浦茂: シミュレーションによる温水暖房のリモデル設計, 日本建築学会学術講演梗概集, '69年8月
- 4) 松浦茂: パネルラジエータ時代のAPLを用いた連続系シミュレーションの基本設計概念とAPL, 北海道大学工学部研究報告第113号, '83年2月
- 5) 松浦茂: シミュレーション援用設計言語SAPLOによる窓辺の総合居住環境設計・評価, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, '86年10月
- 6) 松浦茂、井斎千佳子、小林昌弘、神村一幸: 居住環境設計・制御支援シミュレーションにおける各状態値に対する熱源影響成分の演算表示法(1) シミュレーションSAPLOの基本支援過程, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, '94年10月
- 7) 松浦茂、井斎千佳子、神村一幸、小林昌弘: 居住環境設計・制御支援シミュレーションにおける各状態値に対する熱源影響成分の演算表示法(2) シミュレーションSAPLOの新支援過程, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, '94年10月