

対話型建築企画設計システム—NACS—

Response System of Architectural Planing and Design

前崎 正三*
Shozo Maezaki

則武 太一郎**
Taichiro Noritake

内藤 三郎***
Saburo Naito

常盤 浩司****
Koji Tokiwa

黒田 邦夫*****
Kunio Kuroda

要 約

この度、建築部、建築設計部及び設備部では、既に開発したプログラムはもとより、今後開発又は購入するプログラムを、簡単かつ有効に利用できる対話型の建築企画設計システム—NACS (Nishimatsu Architectural Computer System) —を開発した。

このシステムは、一連の企画設計業務から個々の実施設計業務まで幅広く適用でき、また従来のプログラムでカバーできない処理も、画面上で設計者が図形処理プログラム等を駆使しながら、それぞれの問題向きにデータを作成し、要求されるプログラム処理を行ったり、データを構築しながらいろいろな評価、シミュレーション(試設計)を繰り返すことができるものである。

このシステムの利用により、企画設計に要する時間は従来の約1/2~1/4に短縮された。また、既存プログラムのデータ作成の自動化などにより、コンピュータ利用率の増大を図ることができた。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. システム機器構成及びプログラムの規模
- § 3. システム概要
- § 4. おわりに

§ 1. はじめに

1-1 建築企画設計システム

建築企画設計システムとは、Fig.1で定義しており、目的に適合し、かつ経済的な“計画案”を見出すためのプログラム群とその運用システムである。このシステムの利用により、企画設計業務—与えられたさまざまな条件をみながら、計画から設計・概算見積り・事業採算計画までを行う一連の作業—のうち、煩雑な作業を、コンピュータで処理し、かつシミュレーションを繰り返すことが可能である。

このシステムは建築の企画(設計・見積り・事業採算)をまとめるにあたり、人が《考えついたこと》をコンピュータを駆使して記憶させ、かつ演算させ、その計算結果を基にして、更にその《考え》を発展させながら、一連の企画にまとめあげるためのプログラム群とその運用方法である、といい替えることができる。

したがって、従来の利用方法とは異なり、コンピュータと対話しながら計画案を作成してゆく、すなわち、個々の計算結果を評価し、次のステップに作業を進めるのは「人」であり、人の考えを逐次反映できるシステムである。そして、このシステムに関する知識・経験が豊かになればなるほど、より効果的な利用ができるといえる。

なお、このシステムの使用言語は APL、アルゴル及びフォートランで、出力は、ハードコピー、プロッタ、NLP(日本語ラインプリンタ)などである。

1-2 開発の経緯

当社では昭和42年より、技術計算の先駆けとして、建築構造計算プログラムの作成を開始したが、順次プログラム群も整備され、現在ではほとんどの構造計算が、コンピュータの利用により、極めて短時間で処理できるようになっている。そして、これらは大型建築物の設計に

* 建築設計部設計課係長
** 建築部計画課係長
*** 建築設計部構造課係長
**** 建築設計部計画課係長
***** 設備部設備課

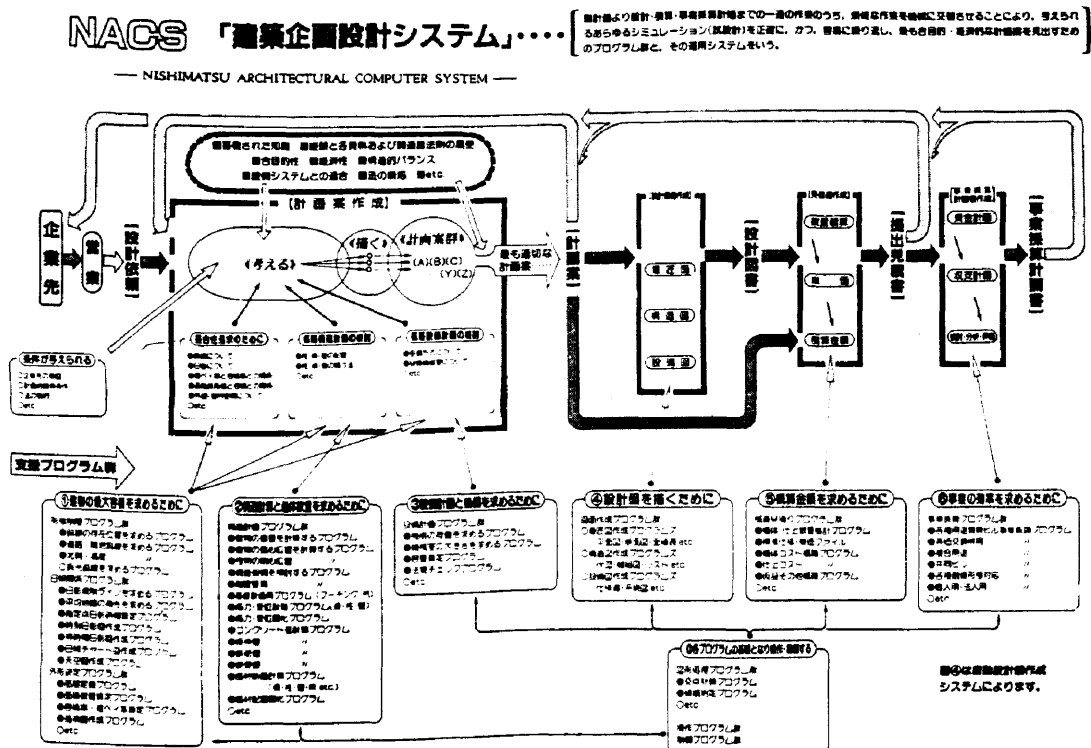


Fig.1 建築企画設計システム概要図
Conceptual chart

有力な武器として活用されている。

一方、コンピュータを利用した建築設計システムの開発は、昭和47年頃から大手の建設会社や電算機メーカーにより始められた。当時は、数式の処理を中心に発展してきたプログラム言語—コンパイラ言語と呼ばれ、フォートラン・アルゴル・PL/I などがある—を使わざるを得ず、〈図形処理+対話型の利用〉を実現するために、実に多くの人と期間を要してシステム開発がなされ、エンドユーザだけの本格的な建築設計システムの開発は不可能というのが一般の常識となっていた。しかし、近年、ハードは大記憶容量の機器が出廻り、またソフトも対話型の使い易い言語が普及してきたため、エンドユーザ独自でも、開発が可能な環境になってきた。

昭和53年頃になると、既に開発されている構造計算、事業採算、日影・日照、形態制限、空調負荷計算及び躯体積算など数多くのプログラムが個々に活用され利用されていたが、これらのプログラム群がレベルアップされ、機能が充実するにしたがって、一連の流れの上での電算化—つまり、これらのプログラム群をシステムとして編成し活用—ができないかとの考えにたどりついた。

丁度その頃、当社では電算機のレベルアップの話があり、次期システム構成に対話型の機器も合せて導入されることになった。

以来、建築部、建築設計部及び設備部が共同して、この“建築企画設計システム”の開発に取り組み研究を重ね、昭和57年5月に最初の集合住宅用のシステムとして稼働できるようになった。

§ 2. システム機器構成及びプログラムの規模

2-1 システム機器構成

本システムの主な機器構成を Fig.2 に示す。

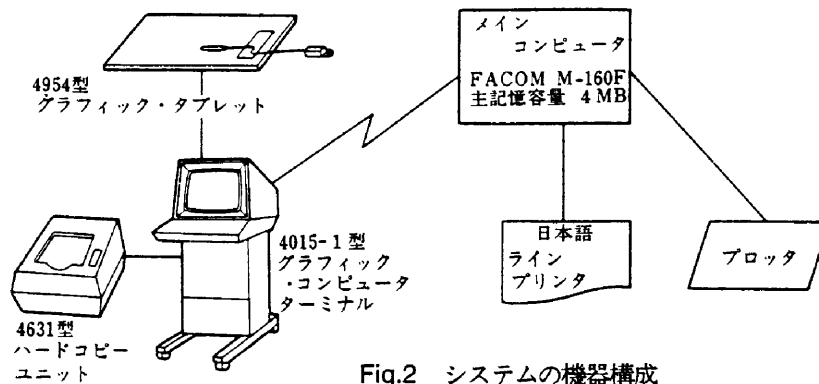
2-2 プログラムの規模

本システムのプログラム概略規模は、Table 1 に示す。

Table1 プログラム規模
Scope of program

部 門	言 語	ステップ数	プログラム本数
意 匠	APL	12,000	480
	ALGOL	2,500	2
	FORTRAN	13,000	7
構 造	ALGOL	50,000	9
	FORTRAN	1,000	1
設 備	APL	6,000	300
概 算	APL	1,500	64
事業採算	ALGOL	5,000	1

注) APLにはTEKTRONIX社製PLOT 10-APLGRAPH II (49本) が含まれる。

Fig.2 システムの機器構成
Equipment composition

§ 3. システム概要

このシステムは、冒頭に述べてあるとおり意匠・構造・設備・概算及び事業採算の各部門において、“企画案”作成に最大限コンピュータを活用しようという目的から出発したもので、各部門とも、より精度を求めるなどのため既存のプログラム・システムを有効に利用している。

3-1 意匠計画

(1)概要

この分野では、日影関係図・敷地求積図及び斜線制限図などの既存プログラムを有効に使用し、従来の手作業で建物の形状を決めていた一連の流れを APL 言語を使い、人間と機械のインターフェース（仲介）をとり会話型のシステムにできないか、との欲張った目標よりスタートした。実際には既存プログラムそのままというわけにはいかなかったが、結果は当初の目標をほぼ達成することができた。

概略の流れは Fig.3 に示すように、12のフェーズ（段階）から成り、この流れにしたがって各フェーズを処理してゆくと、Fig.3のA～Mまでの図面が出力され、最適な計画案が得られる。

主な出力図例を Fig.4～Fig.8 に示す。流れのうち⑧、⑨、⑩の各フェーズについて以下に若干補足説明をする。

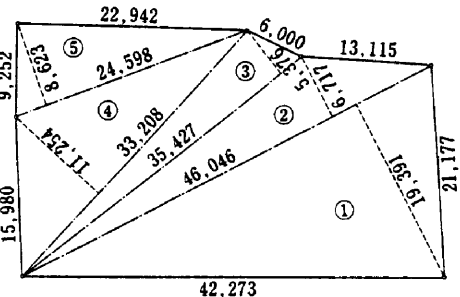
a) 許容最高高さの算定

ここでは、道路・隣地・北側及び高度地区による斜線制限のほか、日影規制という手間のかかるシミュレーションの回数を大巾に減らすことのできる「日影による制限高さ算定プログラム」も組入れてある。これは逆日影プログラムといわれ、まだ不完全ではあるが、日影による高さ制限に対して、塔状建物を除いてより高く、より速く計画できるようにという目的で組まれた一解法である。計画物件のうち50～60%は、このプログラムで求めた制限高さ範囲内で計画をすれば日影規制をクリアできるが、クリアしない場合でも、日影検討の初期値、目

安になり得る。

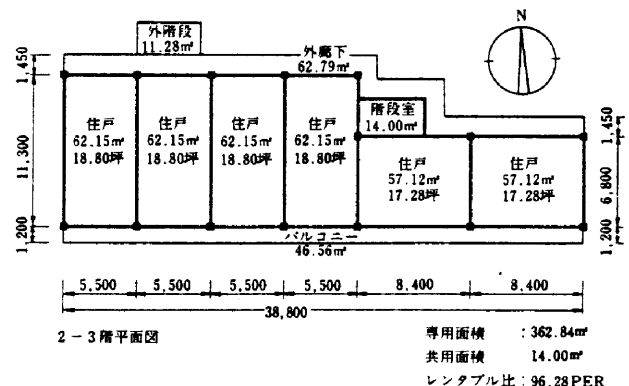
b) 建物形状の決定及び評価

このフェーズでは、一つのプログラムで定義・参照・グリッド・ファンクション（関数）、終了の5種類のモー



求積表 (単位: ㎡)

番号	底辺	高さ	積面積
1	46,046	19,391	892,887
2	46,046	6,717	309,286
3	35,427	5,376	190,473
4	33,208	11,254	373,735
5	24,598	8,623	212,119
合計			1978,500
1/2			989,250

Fig.4 敷地求積図
Site plan with area calculationFig.5 平面図
Plan

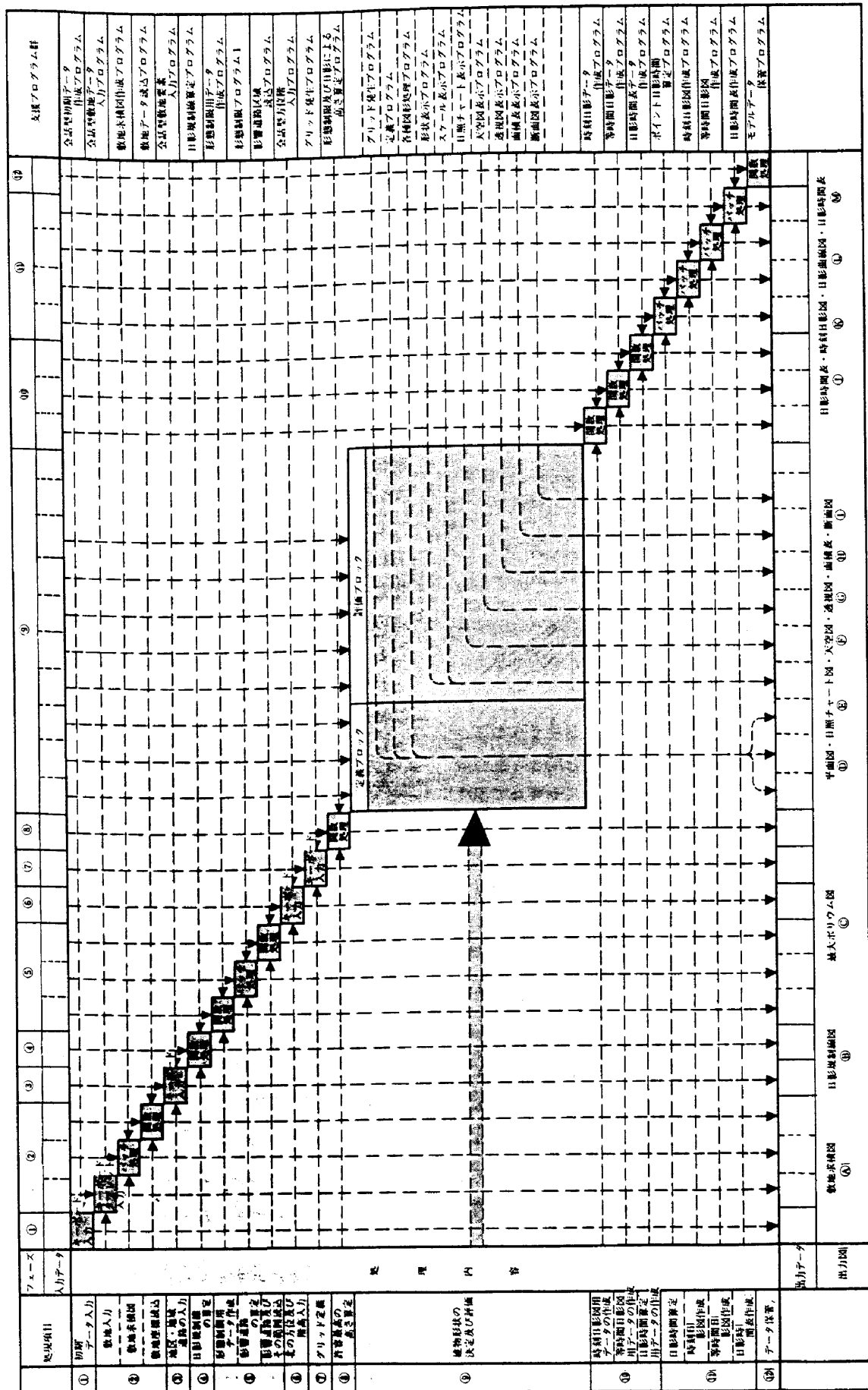
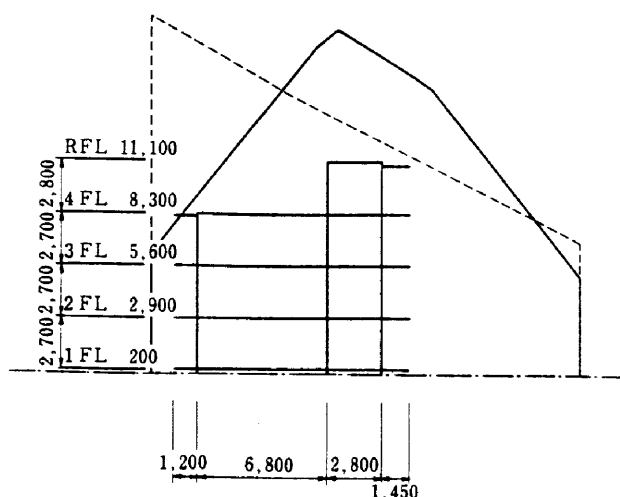
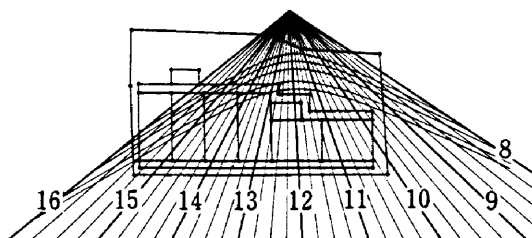
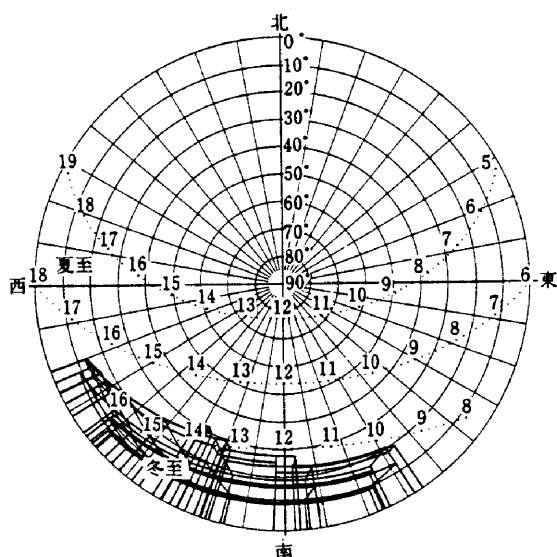


Fig.3 意匠計画概略フロー
Conceptual flow chart

Fig.6 断面図
Section.Fig.7 日照チャート図
Sun light chart.Fig.8 天空図
Sky chart.

ドが自由に選択できる。ファンクションは、使用頻度の多い図形処理プログラムや評価プログラムなど、約15ほど用意—追加も簡単—してあり、任意のグリッドを発生させたり、種々の評価プログラムを使いながら、建物形状を定義するというシミュレーションを納得のゆくまで繰り返すことができる。形状は、別棟でも別案でも容量の許すかぎり定義することができ、定義後は全てエリア番号で操作することになる。また、各評価プログラム出力図は、画面表示・ハードコピーと同時にNLP（日本語ラインプリンタ）に出力することも可能である。

c) 日影関係図用データ作成

従来、時刻日影図プログラムは、建物平面形状が凸多角形（すべての内角が180度以内）にかざられており、それ以外の形状は複数に分割して凸多角形にしなければならず、ユーザーにかかる負担が大きかった。こうした図形情報の数値化は、電算利用に対して最大の障害となっていた。

しかし、⑨フェーズで作られた建物モデルデータを、日影関係プログラム用に自動変換作成するプログラムを用意した。その結果、建物形状を自由に定義するだけで、この変換プログラムを介し自動分割したり、レイアウトなども考慮し、一度で完ぺきな日影関係の図面を得ることができるようになった。

(2)特徴

a) 対話システムと APL 言語

意匠計画では、原則的に時間のかかる処理はバッチ（一括）処理にて、その他の処理を APL 言語による対話処理にてサポートしている。例えば、当社のシステムで時刻日影図をディスプレイ画面に表示するには、計算を含めおよそ3～4分を要し、これでは実作業上対話性に欠けるため、日影図面は、すべてバッチ処理にて、プランが決まる最後の段階で処理することにした。その代り、建物形状決定のための日影検討シミュレーションは、処理時間の速い規制ライン上の日影時間チェック、日照チャート図及び天空図などで行うことにした。

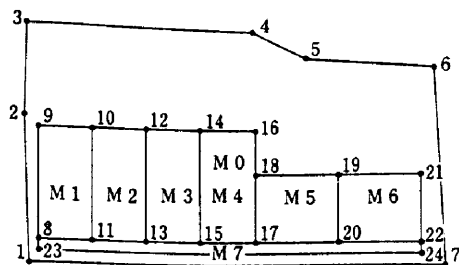
このように APL 言語では、プログラム自体の会話形式はもとより、対話に必要な環境はすべて APL システムでサポートされており、ユーザは、理解し難いよりハードに近い制御プログラムなどを気にすることなく自由にプログラミングができ、利用部門独自のシステム開発が可能になっている。

b) 建物データのモデルとハンドリング

建物形状のモデルデータ例の一部を Table 2 に示す。この基本モデルデータは、モデルデータ作成プログラムを介して自動的に作られる。例えば、ある点を定義する

Table2 モデルデータ
Model data

数量テーブル



面番号	中心座標	面積	内長
1	3.75	8.05	62.15
2	9.25	8.05	62.15
3	14.75	8.05	62.15
4	20.25	8.05	62.15
5	27.2	5.8	57.12
6	35.6	5.8	57.12
7	20.4	1.8	46.56
8	3.75	8.95	52.25
9	9.25	8.95	52.25
10	14.75	8.95	52.25
11	20.25	8.95	52.25
12	27.2	6.7	42
13	35.6	6.7	42
14	20.4	3.6	46.56
15	25.5	10.6	14

ポイントテーブル

点番号	x座標	y座標
1	0	0
2	-0.357	14.911
3	-0.153	24.224
4	22.767	23.511
5	28.065	20.916
6	41.104	20.102
7	42.275	0
8	1	2.4
9	1	13.7
10	6.5	13.7
11	6.5	2.4
12	12	13.7
13	12	2.4
14	17.5	13.7
15	17.5	2.4
16	23	13.7
17	23	2.4
18	23	9.2
19	31.4	9.2
20	31.4	2.4
21	39.8	9.2
22	39.8	2.4
23	1	1.2
24	39.8	1.2
25	1	4.2
26	6.5	4.2

ラインテーブル

線番号	始点	終点
1	1	2
2	2	3
3	3	4
4	4	5
5	5	6
6	6	7
7	7	1
8	8	9
9	9	10
10	10	11
11	11	8
12	12	13
13	13	14
14	14	15
15	15	16
16	16	17
17	17	18
18	18	19
19	19	20
20	20	21
21	21	22
22	22	10
23	23	19
24	24	20
25	25	19
26	26	21

エリアテーブル

面番号	面番号
0	1 2 3 4 5 6 7
1	8 9 10 11
2	10 12 13 14
3	13 15 16 17
4	16 18 19 20
5	21 22 23 24
6	23 25 26 27
7	28 29 30 31
8	32 9 33 34
9	33 12 35 36
10	35 15 37 38
11	37 18 39 40
12	41 22 42 43
13	42 25 44 45
14	46 47 48 49
15	50 51 52 53
16	54 55 56 57
17	64 65 66 67
18	68 69 70 71
19	72 63 62 73
20	73 51 52 74

ネームテーブル

面番号	面番号
1	106
2	106
3	106
4	106
5	104
6	104
7	139
8	137 137 137 106
9	137 137 137 106
10	137 137 137 106
11	137 137 137 106
12	137 137 137 104
13	137 137 137 104
14	137 137 137 139
15	120
16	138

フロアテーブル

面番号	面番号
1	3
2	3
3	3
4	3
5	3
6	3
7	3A
8	4
9	4
10	4
11	4

と、その点と同一点が存在するかどうかポイントテーブルを探し、無い場合にはじめてその点に新しい番号がふられ、テーブルに追加される。以下ライン、エリアテーブルについても同様である。また、定義された各形状を、それぞれの番号で参照するプログラムも用意されている。これらのハンドリングプログラムは、APLにていとも簡単に作成することができた。

c) 他言語ファイルとの I/O

APL システムには、いくつかのファイル I/O のための補助プロセッサが標準装備されているが、この他言語用一般ファイル I/O 補助プロセッサは、企画設計システム開発のために是非とも必要とするため、富士通㈱に作成をお願いしたものである。これにより、カードイメージのデータはもとより、どの言語のファイル I/O も簡単に行うことができるようになった。具体的には、AP100 補助プロセッサにてファイルとコネクトをとり、AP113 補助プロセッサにて読み書きをしており、JEF 漢字を使用する場合には、16進コードと普通のキャラクタ(文字)を併用している。

d) 計画図の NLP への出力

当初、計画図の出力は、グラフィックディスプレイ表示とそのハードコピーが主であったが、提出用の図書と

してはあまりにも貧弱なため、漢字プリンタで見栄えの良い漢字と図形を同時に出力することにした。NLP 出力用プログラムは、フォートラン77で組まれており、すべての NLP 出力をサポートしている。このメイン1本で、他のどんな言語のプログラムでも、メインプログラム用にデータを作れば、いとも簡単に NLP に出図することができる。また、日本語ディスプレイやキャラクタディスプレイで直接データを作り NLP に出図することもできる。データは11のパターンよりなり、それぞれのデータの最初の文字でどのパターンを書くか判別している。

例えば、1は線分、2は漢字などである。

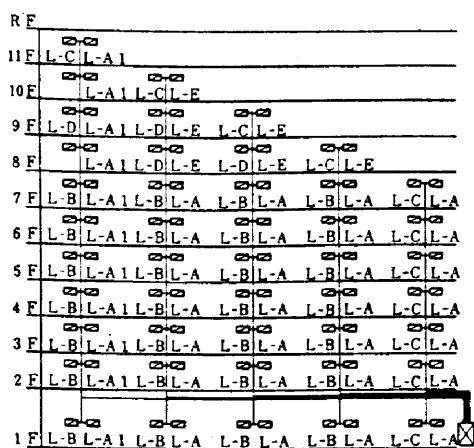
今後このパターンを増やしていけば、より速くより簡単に NLP の図面が得られるようになるであろう。

3-2 構造計画

昭和56年6月に、耐震設計基準の大巾な改正がなされた。新耐震設計法では、建物の計画に主要な構成要素となる柱、梁、壁を、静的な特性値としてとらえ評価している。時として、この評価如何によっては計画の変更に至ることもあり、特に構造躯体数量の場合には、単純にいけないのは周知の事実である。当然この新耐震設計法に準拠した構造計算プログラムが必要となるのは言うま

Table4 電灯幹線計算書
Lighting main feeder

幹線 番号	負荷名称	戸数	最大電力 —KW	深夜電力 —KW	総戸数	最大電力 計—KW	深夜電力 計—KW	需要率	最大負荷 電力—KW	最大負荷 電流—A	電線種別 及びサイズ	主開閉器 定格—A	電線延長 M	電圧降下 V
1	L-A 1	11	5.0	.0	22	112.0	.0	67	75.0	375.2	CU-CV-T 290-3C(92)	400	64.9	2.169
	L-B	7	5.0	.0										
	L-C	1	7.0	.0										
	L-D	3	5.0	.0										
2	L-A	7	5.0	.0	20	102.0	.0	68	69.4	346.8	CU-CV-T 200-3C(92)	350	53.5	1.653
	L-B	7	5.0	.0										
	L-C	1	7.0	.0										
	L-D	2	5.0	.0										
	L-E	3	5.0	.0										
3	L-A	7	5.0	.0	18	92.0	.0	69	53.5	317.4	CU-CV-T 150-3C(82)	350	42.2	1.589
	L-B	7	5.0	.0										
	L-C	1	7.0	.0										
	L-D	1	5.0	.0										
	L-E	2	5.0	.0										
4	L-A	7	5.0	.0	16	82.0	.0	70	57.4	287.0	CU-CV-T 125-3C(70)	300	30.8	1.261
	L-B	7	5.0	.0										
	L-C	1	7.0	.0										
	L-E	1	5.0	.0										
5	L-A	7	5.0	.0	14	84.0	.0	72	60.5	302.4	CU-CV-T 125-3C(70)	350	19.5	.840
6	L-C	7	7.0	.0										
7	L-KYOYO				1	6.0		100	6.0	30.0	IV 5.5×3(25)	30	5	.485
7	L-KYOYO				1	6.0		100	6.0	30.0	IV 5.5×3(25)	30	8	.777

Fig.9 電灯幹線系統図
Cabling diagram

している。

なお、設備工事費については、設備計画で算出されたものを使用している。

(2)概算見積りの方法

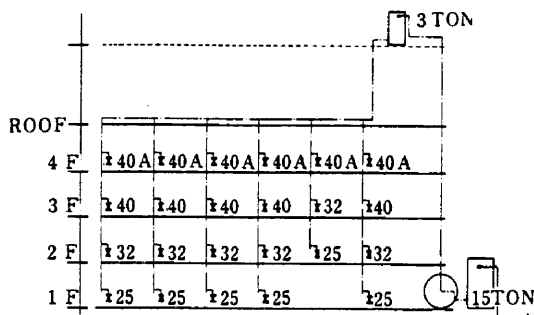
金額計算単位は、Table 5 に示すように、部分別見積り内訳書式の中科目レベルを対象にしており、〔部分数量×合成単価〕により金額を計算する。仕上げランクは部分ごとに指定する。(Table 6 参照)

(3)計画数量データ (Table 7 参照)

a) 仕上げ数量

意匠計画で決定された建物形状、住戸床面積などから、各計算単位の部分数量を求める。ただし、外部開口、家具備品については、標準数量を設定している。

b) 躯体数量

Fig.10 給水縦管系統図
Plumbing diagramTable5 建築工事金額計算単位
Unit of construction pricing

1.直接仮設	・バルコニー
2.土工	・外廊下
3.杭	・外階段
4.躯体	・外部雑
・コンクリート	6.内部仕上
・型枠	・住戸内部
・鉄筋	・住戸雑
・鉄骨	・共用内部
5.外部仕上	7.家具備品
・屋根	・住戸
・外壁	・共用
・外部開口	

Table6 仕上げランク指定部分
Finish grade at designated area/room

1.外部仕上	2.内部仕上
・屋根	・住戸
・外壁	・共用
・外部開口	3.家具備品
・バルコニー	
・外廊下	
・外階段	
・外部雑	

Table7 数量データ
Quantity data

1. 共通データ	・コンクリート量
・敷地形状	・型枠量
・各階形状	・鉄筋量
・階高	・鉄骨量
2. 躯体データ	3. 仕上データ
・基礎深さ	・住戸タイプ別床面積
・杭 種類, 径	・共用室各床面積
本数, 長さ	4. その他

Table8 概算見積表
Rough estimation

コード	科目名	金額(千円)	㎡単価(円)	単価ランク
A 100	直接仮設	6,469	4,500	1.0
A 200	土工	4,882	3,396	1.0
A 300	杭	5,104	3,551	2.0
A 400	躯体	48,932	34,039	1.0
A 500	外部仕上	22,831	15,882	1.0
A 600	内部仕上	37,792	26,290	1.0
A 700	家具・備品	3,858	2,684	1.0
A 900	*建築計	129,868	90,342	1.0
B 100	屋外施設	0	0	.0
B 200	外構	9,947	6,920	2.0
B 300	解体	0	0	.0
B 400	敷地造成	0	0	.0
B 900	*屋外施設計	9,947	6,920	
C 100	電気設備	14,950	10,400	2.0
C 200	衛生設備	23,432	16,300	2.0
C 300	空調設備	0	0	.0
C 400	昇降設備	0	0	.0
C 500	その他設備	0	0	.0
C 900	*設備計	38,382	26,700	
D 900	*直接工事計	178,197	123,961	
E 100	共通仮設			
F 100	現場経費			
G 100	一般管理費			
H 900	*見積金額			

Table9 概算見積表(建築工事)
Rough estimation(architecture)

コード	科目名	単位	数量	単価(円)	金額(千円)	㎡単価(円)	比率(%)
A 100	*直接仮設	㎡	1437.5	4,500	6,469	4,500	5.0
A 200	*土工	㎡	751.0	6,500	4,882	3,396	3.8
A 300	*杭	㎡	488.0	10,460	5,104	3,551	3.9
A 400	*躯体	㎡		16,500	48,932	34,039	37.7
A 411	コンクリート	㎡	899.6	3,100	14,543		
A 412	型枠	㎡	6210.3	113,000	19,252		
A 413	鉄筋	T	131.3	0	14,837		
A 421	鉄骨	T	.0		0		
A 500	*外部仕上	㎡		22,831	15,882	17.6	
A 511	屋外構	㎡	376.8	6,265	2,361		
A 521	外壁	㎡	933.3	2,000	1,867		
A 522	外部開口	㎡	242.1	30,002	7,264		
A 531	バルコニー	㎡	186.2	23,410	4,359		
A 532	外部廊下	㎡	251.0	18,000	4,518		
A 541	外部階段	㎡	45.1	38,700	1,745		
A 551	外部雑	㎡		717			
A 600	*内部仕上	㎡		37,792	26,290	29.1	
A 611	住戸内部	㎡	1324.4	27,027	35,794		
A 612	住戸雑	㎡		751			
A 621	共用内部	㎡	113.1	11,027	1,247		
A 700	家具・備品			3,858	2,684	3.0	
A 711	住戸			3,390			
A 721	共用			468			
A 900	*建築計			129,868	90,342	100.0	

構造計画の構造計算、躯体数量概算の計算結果から、杭データ及びコンクリートの型枠、鉄筋、鉄骨数量をそのまま利用している。

(4) 単価

各部分の仕様グレードを三段階設定し、その合成単価を作成している。住戸内部仕上については、各住戸タイプ(2DK, 3LDK...)別に標準住戸を設定し、住戸の部屋ごとに各仕上数量を計算し、

$\Sigma(\text{各仕上数量} \times \text{各合成単価}) / \text{住戸床面積}$

より、タイプ別住戸床面積当り単価を設定している。

概算見積りの出力例を Table 8, Table 9 に示す。

3-5 事業採算計画

事業企画の流れは Fig.11 に示す。近年、不動産をとりまく社会的、経済的及び行政的要因の変化が著しく、その利用の形態に複雑な影響を与え、事業企画を行う上で、多岐にわたる検討が必要となってきた。これらの要因及び施主のニーズに的確かつ迅速に対処するため、昭和45年に完成した最初の事業採算プログラムをベースに改良を加え、昭和53年に現在のプログラム—SAISAN—を完成した。

この事業採算プログラムは、Fig.12 に示すように、大きく分けて6本のサブプログラムより構成されており、入力データの設定範囲を広げることにより、さまざまな事業形態に対応できるように研究・開発されたものである。

また、建築企画設計システムの開発にともない、端末機による対話型のシミュレーションにより、事業採算プログラムは一層その効力を発揮し、事業企画に幅広く活用できるようになった。

§ 4. おわりに

4-1 システムの効果

このシステムは、極力省力化を図る目的で実施業務に使用しながら開発したため、開発後約3ヶ月ほど経った頃より徐々に効果があらわれ始めた。以下その主な効果を示す。

(1) 手作業に比べ、根拠のあるきめ細かい検討により、高品質な計画案が得られる。

(2) 一概に数字であげにくいだが、計画処理時間が従来の手作業に比べ、およそ1/2~1/4に短縮した。特に日影処理においては、入力から要求図面の出力まで従来3~4日要していたのが、開発後では1~2時間と大巾に短縮された。

(3) 入力から出力まで簡単に迅速になったため、今まで使用頻度の少なかったプログラムが頻繁に使われるように

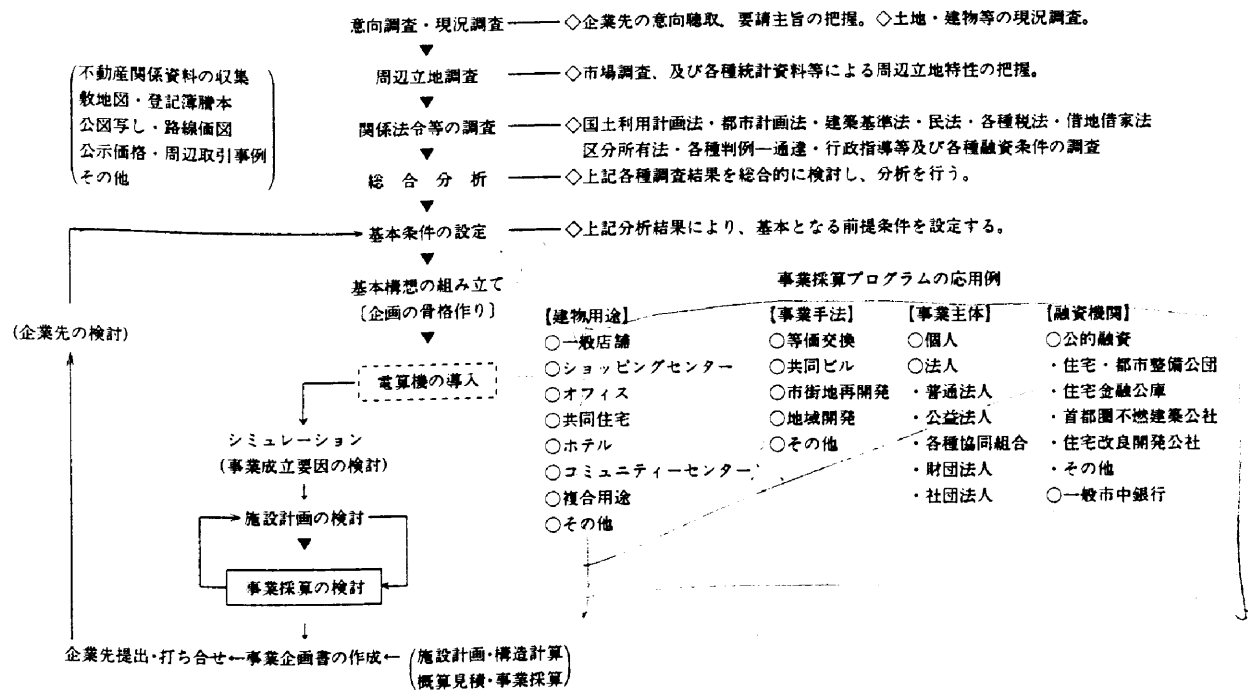


Fig.11 事業企画のフロー
Flow chart of business planning

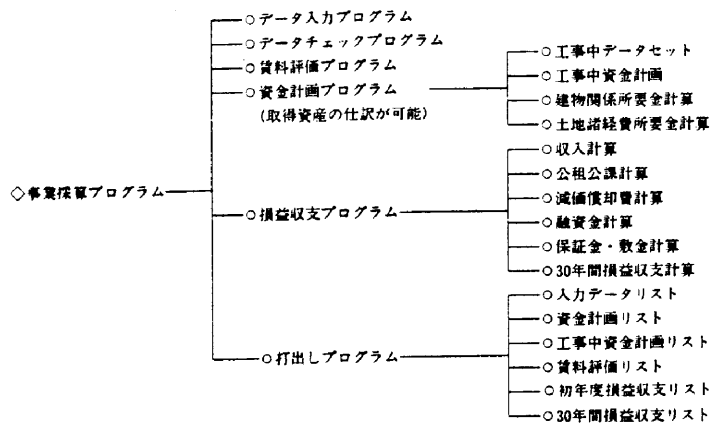


Fig.12 事業採算プログラム構成図
Tabulation of feasibility study

なった。

(4)システムの目標が大きく広範囲に亘っているため、随所に他のシステムでも利用できそうな有効な処理方法或いはプログラムが数多くできた。

(5)簡単な図形処理の問題は、このシステムで容易に解けるようになった。

4-2 今後の課題

このシステムは、コンピュータを利用し、いかに企画・設計作業を手際よく進めるかという大きな目標に対し、ユーザの自由な設計スタイルを損わずに、一つの大きな流れに組みあげたもので、個々にはまだ追加、改良を加えねばならない点があると思われる。以下に今後の課題

を付してむすびとする。

(1)建物用途を集合住宅に主眼をおいたため、縦割りの手法—同一モジュールが複数階にある—をとっており、今後、他の建物用途に向けた別の手法も検討したい。

(2)ハード (ディスプレイ) に制約され、データ修正機能をあまり盛りこめなかったが、他機種の検討と合せて、データ修正機能を追加したい。

(3) NLP 出力用メインプログラムと同様の、プロッタ出力用メインプログラムを追加したい。

(4)その他曲線のモデル追加、メニュー方式の採用、開口部の組入れ、一連の計画図の完成などがあげられる。