

4. 国鉄座席予約システム MARS-101

谷 恭彦（日立神奈川工場）

1. 開発の経過

日本国有鉄道では増大する輸送需要に応ずるため、あらゆる面で近代化が進められてきた。これにともなつて旅客輸送の質の向上が要請され、特急、寝台、座席指定車などが増加し、次第に人手によつてはその処理を速にかつ効率よく行うことは困難になりつつある。国鉄に於ては昭和32年「事務近代化通信網調査研究委員会」が構成され、国鉄の情報処理システム全般にわたつて検討が加えられ、座席予約システムの自動化が取り上げられた。

当時世界的には電子計算機は事務用データ処理の応用がほぼ軌道に乗りつつあつたとはいえ未だ国産の商用機が開発されていず、大規模のオンライン・システムの実現には不明の点が多かつた。そこで「駅の窓口とセンタとの間ではどのような情報交換が行なわれるべきか?」、「センタではその情報の処理をどのようにすべきか?」、「それらをどのような装置の組合せて実現するか?」などについて検討を進め、MARS-1の仕様が作り上げられた。

この仕様に基づき、MARS-1が直ちに試作され、昭和35年2月東海道線に電車特急「こだま」が運転されるのを機会に実用化試験に入つた。MARS-1は試作機であつたが、実用上昼夜連続運転によく耐えて、稼働率99%以上の成績を示し実時間処理システムに必要な高い信頼性を確保できることが確認され、全国的なシステム建設への基盤が作られた。

一方MARS-1システムの仕様に基いて全国の座席予約自動化を図ることは将来の予約制度の見通しと、予約業務量の飛躍的増大を考え合せると、幾多の問題点があつた。これらの問題点検討のため、昭和35年「座席予約通信網調査委員会」が構成された。

この委員会では、まず予約業務とそれに関連した業務を徹底的に洗い出して、どのような情報の流れがあつて、それがどのような処理を受けているかを分析した。そして、予約制度の将来の見通しのもとに、全国的な予約の情報処理システムのあり方を、運用面、技術面から検討して、能率よくしかも十分な信頼度を保てるようなシステムの基本設計が行なわれた。

昭和36年、この基本設計に基づいて、全国座席予約自動システムの第1期工事(MARS-101の建設工事)が着手され、綿密なる総合試験、要員訓練ののち、昭和39年3月より端局装置83台をもつて実稼動に入つた。さらに昭和39年9月端局装置90台の増設を行い、現在21列車の上下の座席18,000席/日を収容して現在に至つてゐる。

2. システムの基本的要求条件

この座席予約システムは国鉄の座席予約業務に対する総合システムであつて、要求される基本的条件は次のとおりである。

- (1) 迅速な予約サービス — 全国どこかの窓口からも、どこを走る列車の座席でも、容易に迅速に座席指定券、寝台券などの切符を入手できること。
- (2) 正確な予約サービス — 乗客に対して、指定券などの誤りによる迷惑を防止するため、正確なサービス提供ができること。このため各種装置、特に窓口装置は取り扱いが容易で、操作誤りの少ないものであること。また機械系自体には誤り検出機能をもたせ、予約結果を印刷し、切符として使用できるようにして、人手による転記の誤りを防止し、あわせて手数を省くこと。
- (3) 予約業務の管理データの作成 — 予約状況をは握して、予約サービス計画立案のため、統計類の作成が可能であること。
- (4) 制度変更などに対する柔軟性 — ダイヤ改正、料金改正、停止駅変更が行なわれるとき、サービス停止などをせず対処できること。
- (5) 経済的運用 — 全国的に配置される大規模なシステムであるので、システム各部の均衡がとれていて経済的な運用ができること。
- (6) 高度の信頼性 — 予約の要求は多数の場所から任意の時間に発生し、システムの停止は相当の混乱を引き起すので、十分な信頼性を保証できること。また収容座席のファイルの損傷を極度に防止すること。
- (7) 将来の発展性 — 過去の実績からみても、予約業務の拡大にはめざましいものがある。システムの構成方式として、将来の業務拡大に対し、容易に応ぜられる方式であること。

3. システムの対象とする業務

国鉄で行なう指定座席に関する業務には、乗車券センタで予約台帳によつて指定券類の発売を行う業務と、営業局を中心とする管理部門において行う営業計画とがある。このMARS-101システムは、オンライン・リアルタイム処理で、前者の業務すなわち指定券類の発売を行い、その発売データを一括処理方式によつて分類集計して、計画部門にデータを提供する方式である。本システムを建設するに当り、先づリアルタイム処理系の業務を明確に定義し、端局装置（窓口予約装置）の機能決定を行ない、計画部門のためのデータ処理については、このサービスデータを原始データとして用いるものとし、逐次必要に応じて作成していくことにしている。

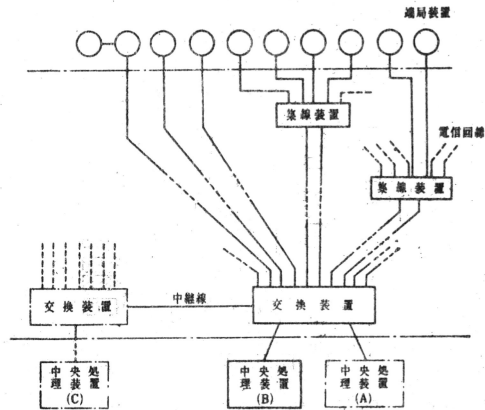
端局装置で扱う予約業務は次のとおりである。

- (1) 取り扱う指定券類 — 超特急券、特急券、特急寝台券、寝台券、座席指定券
- (2) 予約期間 — 8日間（発車の前の週の同一曜日より発売）

- (3) 座席の表示方法 ブロック番号と A, B, C, D または上, 中, 下の座標方式とする。
- (4) グループ予約 同時に4人まで隣接座席を一操作でサービスできる。
- (5) 料金 各指定券類の種別に応じた料金を算出し券面に印刷する。また各端局装置毎に1日の枚数および金額を集計して連絡する。

4. システムの構成

座席予約システムは第1図に示すように複数の中央処理装置と全国に配置される端局装置群から構成されており、その両者の間を電信回線網で結合する。電信回線網には回線能率を高めるために集線装置が用いられる。またいづれの要求呼がいづれの中央処理装置にむかうべきか方路を決定するために交換機が使用されている。



第1図 総合システム

第1表 送信符号構成表

送信符号番号	内 容	照会	予約	車指定予約	取消	座席表示	試験
0	局識別符号	○	○	○	○	○	○
1	① 予備符号	○	○	○	○	○	○
2	② 端局装置番号 A けた	○	○	○	○	○	○
3	③ 端局装置番号 B けた	○	○	○	○	○	○
4	④ 端局装置番号 C けた	○	○	○	○	○	○
5	⑤ 操 作	○	○	○	○	○	○
6	⑥ 等 級	○	○	○	○	○	○
7	⑦ 割 引	○	○	○	○	○	○
8	⑧ 座 席 数	○	○	○	○	○	○
9	⑨ 局選択符号	○	○	○	○	○	○
10	⑩ 列車番号	○	○	○	○	○	○
11	⑪ 列車番号 10 位けた	○	○	○	○	○	○
12	⑫ 列車番号 10 位けた	○	○	○	○	○	○
13	⑬ 列車番号 10 位けた	○	○	○	○	○	○
14	⑭ 列車番号 10 位けた	○	○	○	○	○	○
15	⑮ 列車番号 10 位けた	○	○	○	○	○	○
16	⑯ 列車番号 10 位けた	○	○	○	○	○	○
17	⑰ 列車番号 10 位けた	○	○	○	○	○	○
18	⑱ 列車番号 10 位けた	○	○	○	○	○	○
19	⑲ 日 付 10 位けた	○	○	○	○	○	○
20	⑳ 日 付 10 位けた	○	○	○	○	○	○
21	㉑ 車両番号 10 位けた	○	○	○	○	○	○
22	㉒ 車両番号 10 位けた	○	○	○	○	○	○
23	㉓ 車両番号 10 位けた	○	○	○	○	○	○
24	㉔ 車両番号 10 位けた	○	○	○	○	○	○
25	㉕ 座席位置 若 番	○	○	○	○	○	○
26	㉖ 座席位置 老 番	○	○	○	○	○	○
27	㉗ 確 認 符 号	○	○	○	○	○	○
28	㉘ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
29	㉙ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
30	㉚ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
31	㉛ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
32	㉜ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
33	㉝ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
34	㉞ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
35	㉟ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
36	㊱ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
37	㊲ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
38	㊳ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
39	㊴ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
40	㊵ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
41	㊶ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
42	㊷ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
43	㊸ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
44	㊹ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
45	㊺ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
46	㊻ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
47	㊼ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
48	㊽ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
49	㊾ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○
50	㊿ 座席位置 白 席	○	○	○	○	○	○

注1. 各符号はチェック用1ビットを含む5ビット構成とする。
注2. — は0で送る。斜線は送らない。

第2-1表 受信符号構成表

操作	照会	予約	車指定予約	指定予約	取消	座席表示	試験
解答	YES	NO	YES/NO	YES	YES	YES	YES
0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43	43	43
44	44	44	44	44	44	44	44
45	45	45	45	45	45	45	45
46	46	46	46	46	46	46	46
47	47	47	47	47	47	47	47
48	48	48	48	48	48	48	48
49	49	49	49	49	49	49	49
50	50	50	50	50	50	50	50
51	51	51	51	51	51	51	51
52	52	52	52	52	52	52	52
53	53	53	53	53	53	53	53
54	54	54	54	54	54	54	54
55	55	55	55	55	55	55	55
56	56	56	56	56	56	56	56
57	57	57	57	57	57	57	57
58	58	58	58	58	58	58	58
59	59	59	59	59	59	59	59
60	60	60	60	60	60	60	60
61	61	61	61	61	61	61	61
62	62	62	62	62	62	62	62
63	63	63	63	63	63	63	63
64	64	64	64	64	64	64	64
65	65	65	65	65	65	65	65
66	66	66	66	66	66	66	66
67	67	67	67	67	67	67	67
68	68	68	68	68	68	68	68
69	69	69	69	69	69	69	69
70	70	70	70	70	70	70	70
71	71	71	71	71	71	71	71
72	72	72	72	72	72	72	72
73	73	73	73	73	73	73	73
74	74	74	74	74	74	74	74
75	75	75	75	75	75	75	75
76	76	76	76	76	76	76	76
77	77	77	77	77	77	77	77
78	78	78	78	78	78	78	78
79	79	79	79	79	79	79	79
80	80	80	80	80	80	80	80
81	81	81	81	81	81	81	81
82	82	82	82	82	82	82	82
83	83	83	83	83	83	83	83
84	84	84	84	84	84	84	84
85	85	85	85	85	85	85	85
86	86	86	86	86	86	86	86
87	87	87	87	87	87	87	87
88	88	88	88	88	88	88	88
89	89	89	89	89	89	89	89
90	90	90	90	90	90	90	90
91	91	91	91	91	91	91	91
92	92	92	92	92	92	92	92
93	93	93	93	93	93	93	93
94	94	94	94	94	94	94	94
95	95	95	95	95	95	95	95
96	96	96	96	96	96	96	96
97	97	97	97	97	97	97	97
98	98	98	98	98	98	98	98
99	99	99	99	99	99	99	99
100	100	100	100	100	100	100	100

第2-2表 符号内容表

符号番号	内 容
①	予備符号
②	解 答
③	車両番号 10 位けた
④	車両番号 単位けた
⑤	ブロック番号 10 位けた
⑥	ブロック番号 単位けた
⑦	残座席数
⑧	座席位置 若番
⑨	座席位置 老番
⑩	料金 A 1,000 位けた
⑪	料金 A 100 位けた
⑫	料金 A 10 位けた
⑬	料金 B 1,000 位けた
⑭	料金 B 100 位けた
⑮	料金 B 10 位けた
⑯	料金 C 1,000 位けた
⑰	料金 C 100 位けた
⑱	料金 C 10 位けた
⑲	料金 D 1,000 位けた
⑳	料金 D 100 位けた
㉑	料金 D 10 位けた
㉒	要求番号 100 位けた
㉓	要求番号 10 位けた
㉔	要求番号 単位けた
㉕	空席位置 1
㉖	空席位置 2
...	...
㉙	空席位置 25

注1. ①内の番号は符号番号を示す。
注2. 情報区別は端局装置の受信情報長の判別値を示す。

(5) 低価格でサービスコストを下げ得るものであること。

を考慮して指定券印刷機と操作盤の開発を行なった。

指定券は第3図に示す如く列車名も駅名も慣用の文字を用いることができるようにし、そのまま一般の顧客に手渡すものとする。そのため列車名、駅名活字を入手で撰択して印刷機に挿入する機構とし、この活字棒の側面にコード孔を設けて、これを機械が読取ることによつて、機械系への入力とするようになっている。従つて操作盤では列車、駅以外の情報のみを入力すればよい。端局装置には取扱上、次の三種の形式がある。

発行所名	東京駅	発行日	39-1-17	発行日付
乗車駅名	東京	列車名	はやぶさ	列車名
降車駅名	博多	等級・寝台種別・寝台表示	A'	A'
乗車日付	2月2日	料金区別	B	B
客車番号	1211下	操作区別	T	T
料金	1200円小			
予約番号	122 T			

活字印字部による印字 (乗車駅名, 降車駅名, 乗車日付, 客車番号, 料金, 予約番号)

自動印字部による印字 (発行所名, 発行日, 列車名, 等級・寝台種別・寝台表示, 料金区別, 操作区別)

第3図 指定券様式

(1) A 形

一般発売窓口用で予約、照合、集計、試験の操作が可能であり、出力として切符を印刷する。この形式は一番多く使われるものであり、このように機能を限定した結果非常に単純で操作の簡単なものとなり、システムコストの低減にも役立つている。

(2) B 形

A形の機能のほか、座席位置を指定しての予約、車輛番号を指定した予約、および解約の機能をもつたものである。

(3) C 形

顧客に対し直接切符の発行を行わず、端局装置をもつていない接客窓口からの問い合わせに対する中継業務専用のものである。従つて指定券印刷機は用いず、特殊な操作盤となつており、列車名、駅名の記入された板があつて、指定の箇所にはプラグを押すことによつて入力できるようになっている。またタイプライタによつて操作の記録を一覧表の形式にとることができる。

5.2 端局装置の処理能力

端局装置の1件処理に要する時間は第4図に示す如く約30秒である。旅客が窓口にランダムに来るとして、最繁時の平均行列長を3人としたとき(客の平均待合せ時間1分30秒)1日1端局で約500件を処理することが出来る。発売窓口には繁忙な窓口と閑散な窓口とが地域的に分布しているので、これらの分布形を実績から推定すると、全発売量の90%を直接窓口から予約できるように端局装置を配置するよう計画している。このように端局を配

置したとき、端局装置の平均能率は約70%になると推定される。

6. 中央処理装置の基本機能

列車、航空機などの座席は鉄道や航空会社にとって重要な商品である。しかもこの商品はある期限すなわち発車または出航時刻を過ぎると発売が不能となり、廃棄されるものである。したがって、鉄道や航空会社はその管理を適切に行なつて、需要と供給のバランスをはかり、座席の販売と使用効率をあげるとともに、旅客に対しては、いつ、どこからでも要求する座席を確保できるサービスを提供

しなければならない。この商品は、予約期間中に含まれるすべての便について、すべての区間で利用できる座席位置であり、日付、列車名、等級、車輛番号、座席、寝台、区間名などによつて分類されている。

旅客の要求に迅速、公平に応答し、一方効率のよい販売を行なうには、管理の集中化を行ない乗車券センタ方式をとらざるを得なくなるのである。しかし、要求呼の増大につれて人手で処理するやり方では窓口、電話交換、センタ係員、および座席ファイルのそれぞれに待ち行列ができて、能率は非常に悪くなる。客の要求はファイルおよび日付に対しかたよりを生じ、ある時間帯に集中するため待ち極度に長くなる。第5図はファイル数、要求呼数、係員数と保留時間との関係を示したものであり、非常に不安定な系であることがわかる。このように集中化も入手にたよつていては限界があり、また費用も急激に増加する。処理の費用は旅客の乗車区間が短くても変わらず、むしろ座席使用効率が悪化する。

要求呼の生ずる数は日ごとにかかりの変動を示すが平均的に最繁時に処理すべき呼数は次のようになる。

$$C_{\max} = \frac{(1+d)b \cdot C \cdot N}{3600a} \quad (\text{件/秒})$$

国鉄の場合

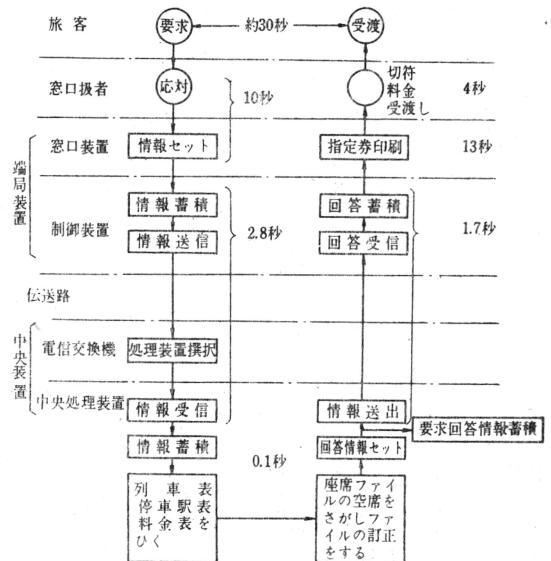
a : 一つの呼で発売される切符の平均枚数

約 1.5

b : 一つの座席が分割発売される平均枚数

約 1.5

= 列車の平均走行区間数 / 平均乗車区間数



第4図 自動化後の業務の流れと処理時間の配分

C: 最繁忙集中率

0.2~0.3

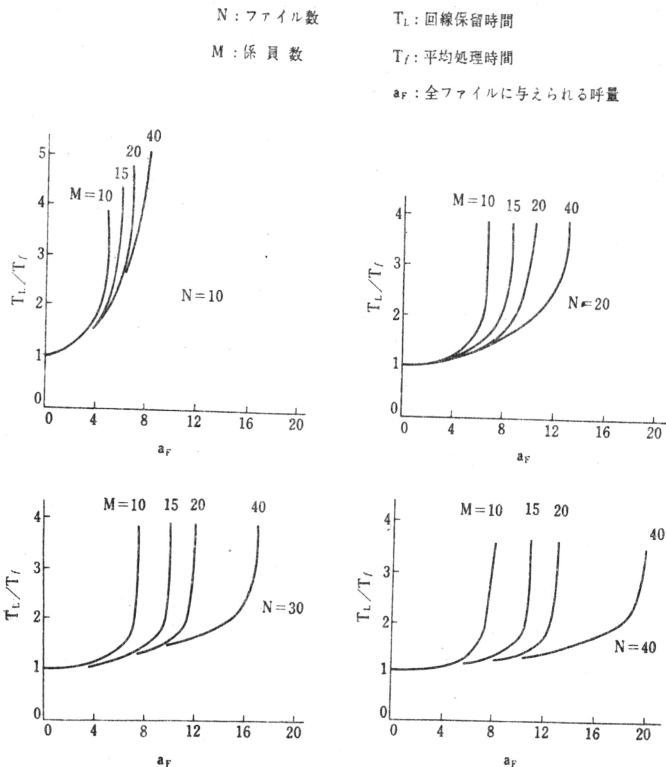
d: 無効呼率(切符を発元しない呼/発売する呼)

約 1.0

N: 1日の全収容座席数

 C_{max} : 最繁忙時要求呼数

座席予約系においては、単位時間に発生する要求呼数 C_{max} より、単位時間に処理できる数、 n の方が大きくなければならない。また一つの要求呼を伝送し回答を得るまでの時間を T とすると、中央処理装置にはいる回線数は $C_{max}T$ より多くなければならない。中央処理装置における1件の処理時間をファイルのサーチと訂正の時間より短くすることはできないのであるから、現実の大容量ファイルを



第5図 係員数、ファイル数、要求発生数と保留時間との関係

前提とすれば、これだけで $40 \sim 200\text{ms}$ は考えなければならない。一方 MARS-101 では $C_{max} \doteq 50000/h \doteq 14/s$ となり、通常考えて1件1件処理する方式は採用できないことは明らかである。とり得る方法は中央処理装置を複数個おき、その一つにはいる呼数を減らすか、あるいは multicomputer system を作り、処理の concurrency を強化して単位時間当りの処理量を増加させるかである。前者は安易な考え方であるが、このため複数個の中央処理装置を必要とする。全体の呼はそれぞれの処理装置に等分されるわけではなく、個々の能力は平均より大きくしておかねばならず、使用効率は悪くなる。後者の方法は、各 processor の能力を最大限に活用できること、要求呼処理の流れの neck を中央処理装置内の最もおそい部分に転化してしまうため、必要な processor のみを複数個設ければよいこととなる。問題はわが国では未経験である multicomputer system を作ること、そ

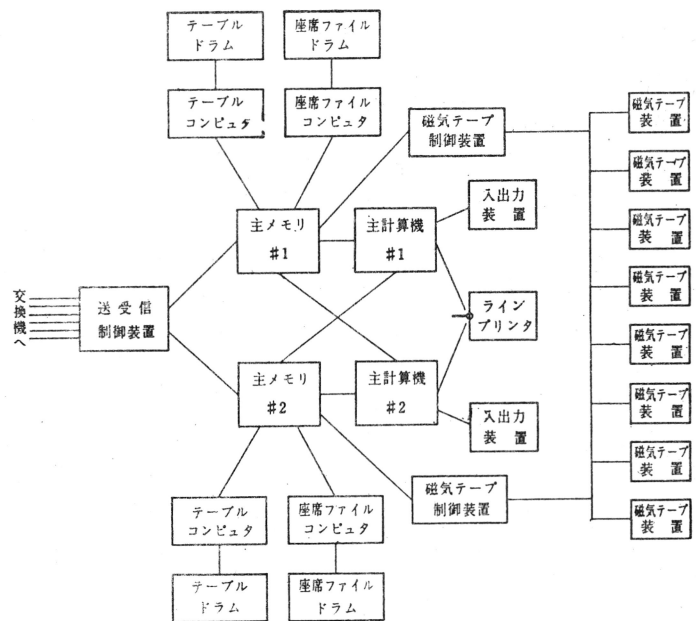
れらを optimum に制御する software を開発しなければならないことであるが将来のこととも考慮してこの方法を採用した。

大規模なシステム・コントロールを作るときは、その信頼性についての十分な保証がなければならない。複雑なシステムは多くの仕事をし、関係する人員、機器要素の数は多く、全体の費用も大きくなる。そのシステムの機能の喪失によって生ずる混乱と損失を避けなければならないが、一方 redundancy を大きくすることによる建設と保守の費用の増大も考えなければならない。信頼性を増すには個々の要素について信頼性の高いものを用いるとともに、現在すでに確立されている技術を有効に生かし、二重並列系とすることとした。

7. システムの構造と処理速度

MARS-101の中央処理装置は第6図に示す構造となつている。各端局装置は通信線により交換機を経て中央処理装置の送受信制御装置（TRC）と結合し、情報は直接主メモリに出入する。主メモリは主制御計算機（SC）のプログラムと要求呼のデータを格納するだけでなく、テーブルコンピ

ュータ（TC）、座席ファイル計算機（FC）、磁気テープ、ラインプリンタその他の入出力装置に対する命令や交換すべきデータをもたたくわえるレジスタとして使用される。一つの要求呼に目をつけると、まづ端局は発信要求をだし、中央からの許可があれば、それにセットされた要求データの送信を開始する。送られて

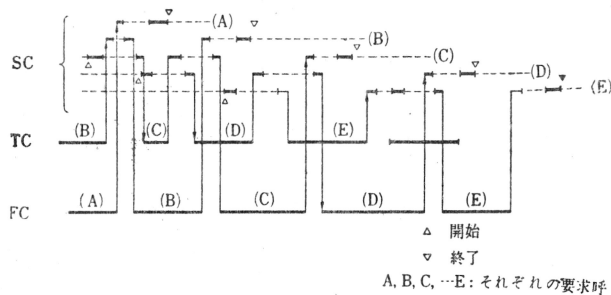


第6図 MARS-101 中央装置ブロック図

きたデータは TRC で制御されながら主メモリにはいる。この情報を受け終ると SC の実時間制御プログラムはその要求を処理するため行動を始め、TC に頼らなければならないデータを分離し、TC を起動する。起動された TC は主メモリよりデータを読みとり、データの属する表を引き、その結果を主メモリに書き込んで、動作の終了を SC に知らせる。SC

のプログラムはその結果とはじめのデータを整理し、FC に対する要求を作り上げ、FC を起動する。FC は主メモリよりその要求を読みとつて、座席ファイルを読み出し、座席の割当とファイルの訂正を行なつてその結果を主メモリに書き込んで動作を終了する。SC はこの結果を整理し、並行して処理を行なっている他系の結果と照合し、処理内容を磁気テープに記録するとともに、回答を TRC を通じて端局装置に送り返す。実際には多数ヶ所からの要求呼があるため、SC、TC、FC は作業が終了すると、すぐ次の要求に対して処理を行う。各計算機の処理時間はそれぞれ異なり、かつ変動をしているので、この系を能率よく働かせるためにはそれぞれの処理の前に待ち行列を作らねばならない。最高の能率を発揮しているときの各装置の動作時間関係

は第7図の如くなる。この流れでは通常FCでの処理が最も時間を要するのでほとんど遊んでいる時間がなくなる。このような系を解析するに当たり、一般に種々の条件を仮定して近似的な手法が用いられているが、これはカ



第7図 SC, TC, FCにおける処理時間の関係

スケードにつながった queue の問題であり、特にTC、FCの処理時間分布が三角形と方形分布であるため理論的解析は困難である。大須賀氏はSCを用いてモンテカルロ法によりシミュレーションを行ない、詳細に流れの行動を調べ入出力レジスタ数、待ち行列レジスタの長さの最適値を求めた。

8. TRC, TC, FC, MT の役割と内部構造

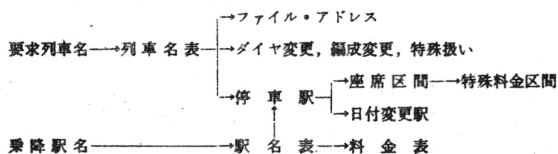
8.1 送受信制御装置 (TRC)

端局装置は遠隔地に散在しており、中央処理装置とは電信線で結ばれている。電信線の速度は50ボーであるから、1件の要求呼を送受信するのに約6秒かかり、入出力チャンネルとして50~100個必要となる。MARS-101ではTRCを用いて時分割で多数の回線の共通制御を行なう。

TRCは2個の同一の制御回路より成り、各制御回路はそれぞれ32回線を制御するので、TRCとしては64回線まで同時に送受信を行なうことができる。時分割で制御するための制御情報を一時記憶するライン・インデックスレジスタがそれぞれの群に付属している。このレジスタは長短それぞれ3本ずつの遅延線で構成されている。電信回線はこのレジスタと同期してスキャンされている。レジスタを一巡する時間は1333ms (20ms/15) である。

TRC は主メモリと制御情報と入出力情報を直接授受し、制御情報の交換用として特定番地が用いられている。なお送受信は電信回線を通して遠隔地と行なわれるので種々時間監視を行なっており、必要に応じて警報を発するようになっている。

端局よりの要求呼に含まれる列車名、乗降駅名などは多くの情報を代表した索引記号である。TC の役割はそれらを用いて付属する情報を索引することである。これらの情報の関係を第3表に示す。



従つて、ドラム上のテーブルを引き、そのテーブルから得られた情報によつて次のテーブル

をひくという動作を順

次行なつて、第3表に

示される各種情報をド

ラム3,4回転のうちに

求めることができる。

テーブルには列車表、

インデックス表、駅名

表、料金表、列車停車

駅表などがある。これ

らのテーブルの形式を

第10図に示す。

8.3 座席ファイル

制御装置(FC)

FCのファイルは一

つの区間における座席

の占有状態をビット・

パターンで記録

しているが、そ

れが属する列車、

日付、車輛位置、

車輛構造、等級、

区間および予約

に関しその車輛

に定められた条

件も同時に記録

されていて、そ

れらが座席パタ

ーンを読み書き

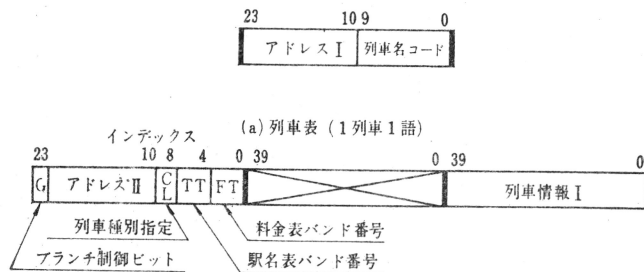
するときの制御

情報となる。

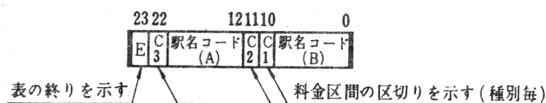
FCはこれらの

座席予約特有の

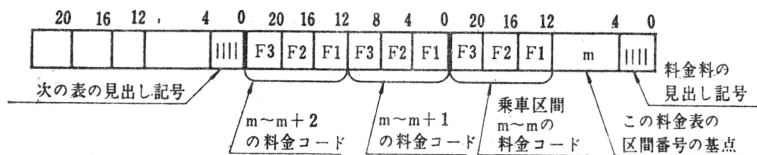
ビット・オペレーションを行う専用計算機である。



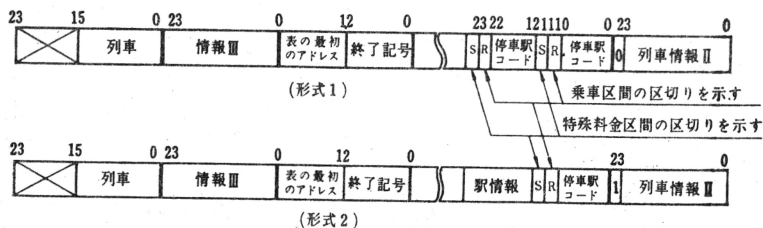
(b) インデックス表 (1列車2語)



(c) 駅名表(1駅1語)コード(A)と(B)は同一駅に与えられた2種類のコードである。



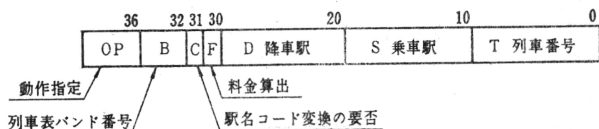
(d) 料金表(1区間半語)F1,2,3は各種別に對する料金コード



(e) 列車停車駅表
(列車情報 II のビット番号23に形式が区別される)

第10図 テーブルコンピューターで用いられる各種表の形式

FC は約 2,000 ビットのコア・レジスタを内臓しておりこのレジスタを用いて種々の動作を行う。FC は SC の起動指令により動作を開始し、主メモリの特定番地から制御命令を読みとり実行する。一つの制御命令の実行が完了しても終了の条件が成立するまで、次々と制御命令を読み取り実行するので、SC は端末の要求とそれの TC の処理結果より FC の制御命令群を作成して与えることにより、それぞれの要求に適合した処理動作を行なわせることができる。



第 11 図 テーブルコンピュータへの命令の一例

制御命令は 23 種あるが、以下に述べる 4 種に大別できる。

読み出し—— 指定された情報をドラムより読み出し、レジスタに記入する。

書き込み—— レジスタの情報をドラムの指定個所に書き込む。

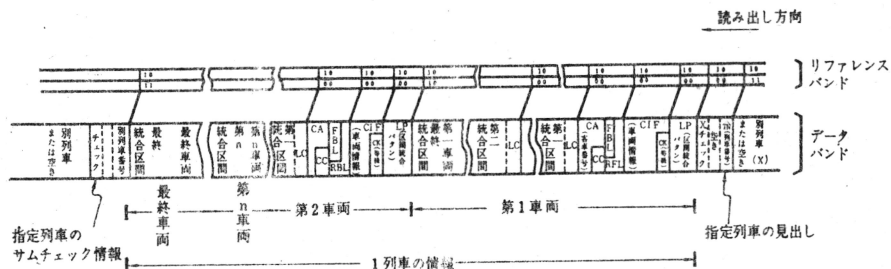
座席の割当 —— レジスタ内の情報を調べて指定された順序で指定条件に合った座席の割当てを行ない、結果を主メモリに書き込む。

レジスタ制御—— レジスタと主メモリ間の情報転送を行なう。

通常の予約、解約などの動作は（読み出し）→（座席の割当）→（書き込み）の 3 種の制御命令の組み合わせで行なわれる。

なおドラムの仕様の概略は下記の通りである。

平均待時間	10ms
ビット密度	3200 ビット/トラック
クロック周波数	160KC
データバンド数	最大 80 バンド (4トラック/バンド)
リファレンスバンド数	最大 16 バンド (2トラック/バンド)
記憶容量	約 105 万ビット



第 12 図 FCドラムの情報収容図

8.4 磁気テープ

磁気テープの使用目的は、座席ファイルの一定時刻ごとの写しを作ることと、端局からの要求とそれへの回答の記録を作ることであり、座席ファイルがなにかの原因で二つとも破壊されたとき、その復原のための記録を保存するとともに、要求呼についての各種の統計と審査のためのデータを保存することである。

9. 主制御計算機 (SC) の情報処理機能

MARS-101中央処理装置の主制御計算機(SC)は、単に数値演算を主体とする機械ではなく、一般情報の処理であり、制御指令発生のため機械である。その主要な仕事の一部を前節で述べたが、座席予約業務に限らず、今後多く必要となるシステム制御のことを考慮に入れて十分に一般性をもたせてある。一般情報の取り扱いを対象とする場合外部から入ってくるものは、純粋なデータそのもの、データを代表する情報、その処理を指定する情報、およびその情報を代表する情報であり、機械内部で必要とする機能は、それらの情報そのものを直接に処理する基本操作、その処理の流れを制御する操作、および制御するために必要となるデータを作つて処理する操作などである。また一般情報である以上、語という定つた大きさ、形式だけを考へない。情報の単位は語、文字、符号つき、あるいはなしの数値(2進10進)、さらに一般的にビット・グループであり、それらのユニット、およびグループを一般情報と考へて取り扱いに大きな差別をつけないことが好ましい。以上の要求に対して、機械は特に複雑化したり、処理速度を低下してはならない。また割り込みが多段にひん繁に生ずることと、情報の並列移送が多いため、レジスタ類は必要最小限にすることなどが大きな方針となつた。現在のSCの主要な機能と特長をあげると次のようになる。

- (1) 1語40ビットで主メモリを使用する。
- (2) 情報の移送、演算は500kcのクロックで並列に行なう。
- (3) 情報の形式は、10進、2進の数値、文字などで、1語、半語、1/4語、および40ビット以内の任意の大きさのフィールドは、1語で取り扱う場合と変わらない取り扱いはできる。
- (4) ビット・インデクス・レジスタ(D1~7)は、単にフィルタとしての役目でなく、語インデクスと同様な取り扱いができ、ビット・パターンによる制御を目的としている。
- (5) 語、インデクス・レジスタ(B1~7)とアドレス・プレバレーション・レジスタ(E)は単独、または組み合わせつて、immediate, direct, indirect, relative addressingと、それらに対する種々のaddress modificationを可能にし、多段の表の処理、あるいはビット・インデクスと協同してリスト・プロセッシングを容易にする。
- (6) インデクス相互の演算、increment, decrement, count, testなどを個々、あるいは同時に行なうことができる。

- (7) すべてのメモリ内の語は、カウンタとなることおよびそのテストができ、Eレジスタとともにアドレス変更の機能をもつ。
- (8) メモリ内部における情報の移動、サーチ、編集、分散など、あるいは多く使われる小さいループ操作を高速に行ない、かつ命令数を減らすために、singleおよびpair order repeatの機能がある。これは命令をメモリより一度読み出すだけで、処理の対象を変更して仕事をする。
- (9) 20 種の多段の割り込みとその制御ができる。
- (10) ビットとビット群、また多数のフリップフロップ制御の命令が多く、ビットパターンの取り扱いが容易である。
- (11) デュアル・システムとしての考慮が払われ、クロス・チェックや情報の移送は容易であるが、相手の命令で自分のメモリに書き込むことは禁止されている。

命令は1語に2個含まれるが、2個の対で仕事をする場合もある。基本命令数は80余個、このほかに従属する各処理装置や入出力装置、磁気テープなどを制御する命令群がある。命令の特長の二、三の例を次に示す。(Test Acc Equal)のrepeatはsearch、(Load E-Test Acc Equal)ならindirectのsearch、(Increment Acc)のrepeatは三角形マトリクスの要素のアドレス計算、(Add Acc)のrepeatは和、(Clear Add-Store)のrepeatはデータの移動、(Locate leftmost one)のrepeatは何語にもわたるビット・パターンの始めにある1の位置をさす。これらはフィールド指定があればその部だけに作用する。また1語内にあるフィールド間に対しても和、サーチ、論理操作などのrepeat作業ができる。乗算は(Shift Special-Add)のrepeat、除算は(Add Special-Shift right)のrepeatである。

9.1 SC の内部構造

SC は第13図に示すブロック図のように各種レジスタと加算機、シフト回路、ビット指定回路、プログラム割込制御回路、入出力チャンネル割込制御回路およびシーケンス制御回路等よりなりたっている。主メモリはSCの制御回路と全く独立の制御回路を有していて8ケの入出力口がありSCはその一つに接続されていて、他の制御装置(TRC, TC, FC, MTC等)と同様に取扱われ非同期で動作している。SCの演算速度は下記の通りである。

命令の読出し	10 μ s (2命令)
加減算	12~20 μ s (2進または10進)
シフト	10~14 μ s (1~40ビット)
テスト・ジャンプ	6~20 μ s

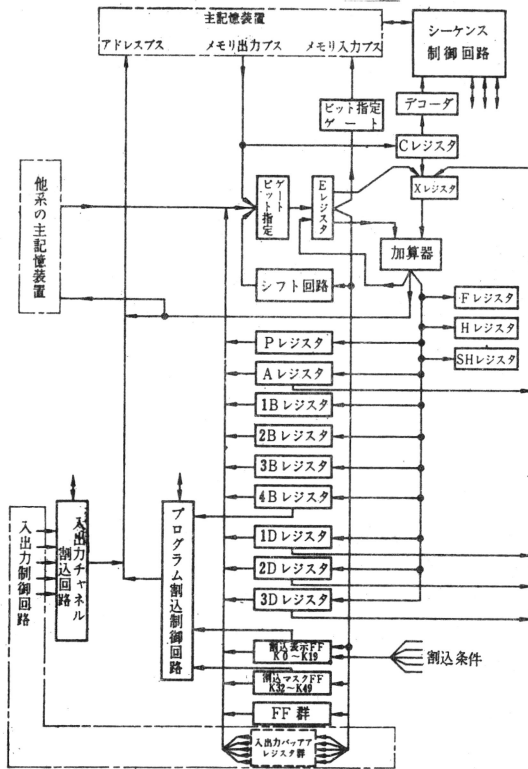
9.2 命令の形式と機能

本機の命令は20ビットで1命令を構成し、1語に2命令が収容される。1アドレス方式で通常は左(上)側命令→右(下)側命令の順に実行される。命令は第15図に示すように

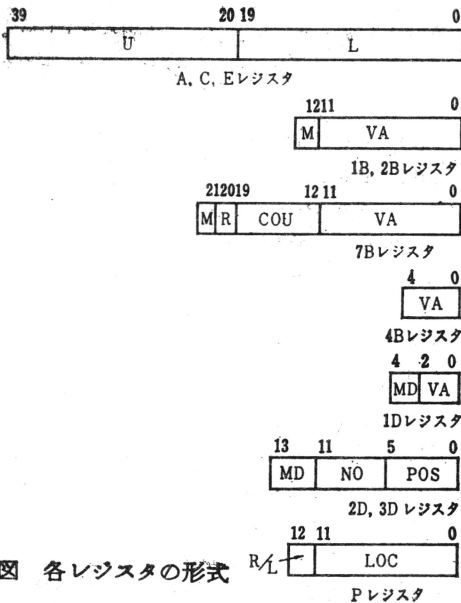
数種の形式があるが上位6ビットにf部があり、これより命令の操作種別を表わしている。アドレスはすべて2進数で扱われ、2,3の例外を除きすべてEレジスタで修飾される。

9.3 繰返し演算機能

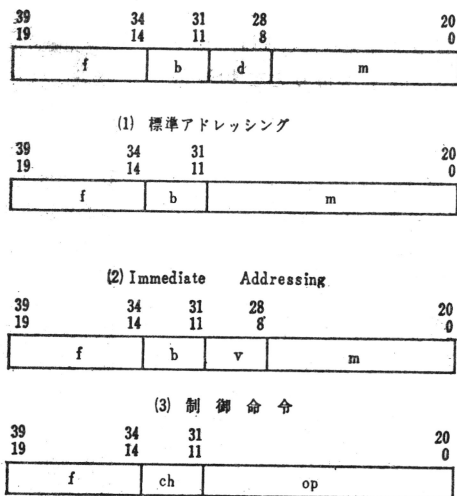
本機には1命令または1語に含まれる対命令を指定回数だけ実行する特別な機能がある。繰返し演算は $b=7$ で指定する。このとき7BのRが0であればその命令のみを繰返し、1であれば対命令を交互に繰り返す。この際にそれぞれの命令を実行すると同時に $(VA)_{7B} + m1 \rightarrow (VA)_{7B}, (B)^b + m2 \rightarrow (B)^b$ の操作をBレジスタに加えるので、アドレス変更が自動的に行なわれる。また $b=7$ の命令



第18図 MARS-101 統制処理装置ブロック図



第14図 各レジスタの形式



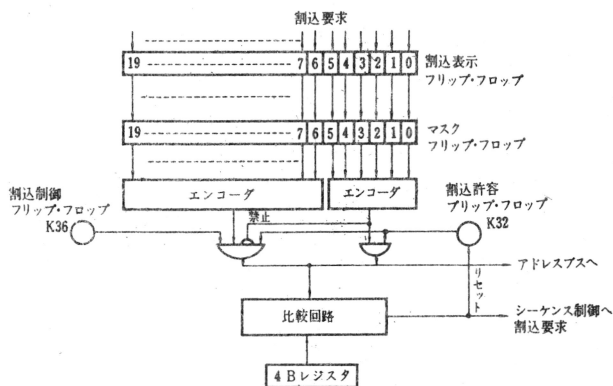
(4) 入出力命令

第15図 SCの命令形式

を実行するたびにCOUを1づつ減らしていき0になれば動作を終了する。なおテスト命令のときは条件が成立すればCOUが0にならなくても動作を終了する。

9.4 プログラム割込機能

本機のプログラムへの割込みは第16図のように制御されている。割込要求が起るとまず割込表示フリップ・フロップがセットされる。これはマスクフリップ・フロップ、割込許可および制御フリップ・フロップの制御のもとに優先度が4Bのレジスタと比較され、割込を起すかどうかを決定する。割込が成立したときは、表示フリップ・フロップの番号をアドレスとして主メモリを読み出し、その左半分をPレジスタにセットすると同時に、次に行うべきであつた命令のアドレス(Pレジスタの内



第16図 プログラム割込制御概念図

容)を右半分には書き込む。これにより新しい要求に対するプログラムへトランスファする。

9.5 低速入出力チャネル制御

本機の低速入出力機器の制御は命令実行に割り込んで並行して行なわれる。(高速入出力はSCとは無関係に直接主メモリのチャネルを通じて行なわれる。)低速入出力チャネルは主メモリの特定番地をチャネル・インデックスとして用いる。入出力制御部が情報交換を必要とする場合は、シーケンス制御回路は命令の実行を一時停止し、Eレジスタ、シフト回路加算器を流用してその要求チャネルのインデックスを読み出して必要な変更を加え、それに基づいてデータの分解、組立を行なつてメモリへの書き込み、またはチャネルへの出力を行う。

10. 結 言

MARS-101はわが国において初めての total system の on line real time control であり、世界的にも軍事面を除けば最大規模のシステムの一つであろう。その設計の考察にあたって、MARS-1の経験は貴重ではあつたが既成概念にはとらわれず、可能な範囲において効率のよいバランスのとれたシステム制御が達成されるよう検討され、それ迄になかつた新しい構想方式が採用されている。本稿では金物の面について述べられているが、以上の機能を充分に発揮させシステムとしてまとめ上げているのはプログラムであり、

その面でも数多くの成果が上げられている。本システムの完成は実時間情報処理の分野で一時期を画するものであり、今後この分野は大いに発展するものと考えられるが、MARS-101の建設にあたって考察されたこと、実施されたこと、またこれから得られるであろう種々のデータは、非常に貴重なる資料となるであろう。またMARS-101についても、システムの改良と付加が行なわれるものと考えられる。

システム制御は使用者側と製作者側の多くの人々の協力と非常な努力なくしては完成し得ないものであり、MARS-101の完成は東大、穂坂教授、日本国有鉄道の関係各位、日立製作所関係各位の御援助、御協力の賜であります。本稿を記すに当り日立評論座席予約システム特集号掲載論文より抜萃させて頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

日立評論 Vol 46 No. 6 座席予約システム特集
 鉄道通信 第12巻12号 解説座席予約システム
 第13巻1～6, 8～12号

⑤ プログラムを作ったのは
 20～25人 71年2月

本 PDF ファイルは 1965 年発行の「第 6 回プログラミング・シンポジウム報告集」をスキャンし、項目ごとに整理して、情報処理学会電子図書館「情報学広場」に掲載するものです。

この出版物は情報処理学会への著作権譲渡がなされていませんが、情報処理学会公式 Web サイトの https://www.ipsj.or.jp/topics/Past_reports.html に下記「過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について」を掲載して、権利者の検索をおこないました。そのうえで同意をいただいたもの、お申し出のなかったものを掲載しています。

過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について

情報処理学会発行の出版物著作権は平成 12 年から情報処理学会著作権規程に従い、学会に帰属することになっています。

プログラミング・シンポジウムの報告集は、情報処理学会と設立の事情が異なるため、この改訂がシンポジウム内部で徹底しておらず、情報処理学会の他の出版物が情報学広場(=情報処理学会電子図書館)で公開されているにも拘らず、古い報告集には公開されていないものが少なからずありました。

プログラミング・シンポジウムは昭和 59 年に情報処理学会の一部門になりましたが、それ以前の報告集も含め、この度学会の他の出版物と同様の扱いにしたいと考えます。過去のすべての報告集の論文について、著作権者(論文を執筆された故人の相続人)を探し出して利用許諾に関する同意を頂くことは困難ですので、一定期間の権利者搜索の努力をしたうえで、著作権者が見つからない場合も論文を情報学広場に掲載させていただきたいと思います。その後、著作権者が発見され、情報学広場への掲載の継続に同意が得られなかった場合には、当該論文については、掲載を停止致します。

この措置にご意見のある方は、プログラミング・シンポジウムの辻尚史運営委員長(tsuji@math.s.chiba-u.ac.jp)までお申し出ください。

加えて、著作権者について情報をお持ちの方は事務局まで情報をお寄せくださいますようお願い申し上げます。

期間：2020 年 12 月 18 日～2021 年 3 月 19 日

掲載日：2020 年 12 月 18 日

プログラミング・シンポジウム委員会

情報処理学会著作権規程

<https://www.ipsj.or.jp/copyright/ronbun/copyright.html>