

## 2. 東京オリンピックに使われた リアルタイム・システムについて

竹下 亨 (日本IBM株式会社)

### はじめに

1964年10月に東京において開催されたオリンピックは、科学の大会と言われ各種の機械が競技成績の判定・表示・伝達・印刷に使われた。8台の電子計算組織を中核とするIBMオリンピック・テレプロセッシング・システムは其中で最も画期的かつ大規模なものであり、広範な地域に散在する32の競技場から多種・多様かつ大量の競技データを時々刻々高速で収集・処理・伝達し、インフォメーション・サービスに華々しい活躍を示した。

このシステムはリアルタイム・システムとしては、2,3の航空機座席予約システムに次ぐ世界でも最大級のもので、softwareは17万数千ケの命令よりなる。その開発は2年前に開始され、多数のシステムズ・エンジニアやプログラマーが参加している。このように大規模なシステムであるので様々な問題に遭遇したが、大会中は計画通り順調に稼動し大成功を収めることができた。これによつてリアルタイム・システムの能力(capability)とその応用範囲(application area)の大なることが実証され、またリアルタイム・システムのsoftwareのデザインおよび開発に関する諸問題について貴重な経験が得られた。

オリンピック・システムの特長は、

- 1) 入出力データの種類と量がぼう大なこと、
- 2) プログラムの数が非常に多いこと、
- 3) 多数の端末装置から同時に受信し、逆にセンターから数ヶ所に同時に送信できること、
- 4) 2つの電子計算組織がケーブルで連結されており互にデータの送受ができること、
- 5) 全く同じ機械構成を持つデュアル・システムであること、
- 6) 2つの電子計算組織に共用されている大型記憶装置(shared file)を有すること、
- 7) 万一部分的支障を生じて、すぐに切換えて継続できる予備の仕組が施されていること

と

などである。

リアルタイムのシステムでは、入力データのチェックが完全で、誤りが見つければ直ちに訂正ができること、待ち時間(queue)を生じないこと、回線や機械の一部が故障しても業務が停止することなくすぐに切換・続行(switchover and recovery)が可能でなけ

ればならない。これらの外に、新たなプログラムの追加などシステムの拡張が容易であり、運転が始つてからは機械を停止することなくオンラインで記憶装置内のデータやプログラムの変更が何時でもできることが要求される。これらの点についてオリンピック・システムは、機械の構成、入力データの様式、入出力データの送信方法、プログラムのデザイン全般に多くの配慮がなされている。

オリンピック夏期大会でのリアルタイム・システムによる情報処理は今回が最初であり、softwareの開発に従事した人達は殆どプログラミングに未経験であり、しかも完成期間に遅延することは絶対に許されぬという事情から、能率的開発、スケジューリングと進行管理に色々なことが考案・実行された。プログラマー間のトレーニングとコミュニケーションを円滑かつ正確にするためsoftwareの仕様書(program specifications)は念入りに作成され、その枚数は数千ページに達した。また効率的開発工程が設定され、スケジュールと実績を毎週調査してsoftwareの生産管理が行われた。これとは別に、リアルタイム・システムが要求する信頼性の高いsoftwareを保証するために、特別のグループが品質管理的作業を行った。

以上興味ある問題が種々あるが、今回は時間に制限があるので、オリンピック・システムそのものについて概略を紹介するに止め、プログラムの詳細やその開発に伴う諸問題については別の機会に譲りたい。

## 1. システムの機械構成

東京大会は20のスポーツ(合計163種目)が32の会場で操揚げられたが、これは20の国際大会(世界選手権大会)が同時に行われたと同じことである。これらの競技結果を一手に処理するようにデザインされたシステムは、連結した2つの電子計算組織を1系列とする4系列のデータ処理組織と競技場とセンター間の通信網(communication network)であつた。

主要系列は2台の1301を共有する1440-1410の2組であり、各々の1440には1448型データ伝送制御装置が付属している。競技場から伝送された生のデータはすべてこの系列で受信・処理された。補助系列として同種の1448型を有する1440-1440が2つあるが、その1つは1410で作成されたレポートを小競技場におかれた1052型キーボード付印刷装置に送信するのに使われ、他は後に述べる1311型ディスク・ファイルの更新に利用され、また他系列の予備ともなつていた。

送信専用の装置としてカードを読み取つて遠隔地へ送信するカード伝送制御装置の1013型が置かれ、1410型で穿孔したカードの内容を主要競技場、オリンピック村および放送センターに設置された13台の1443型印刷装置に送信するようになっていた。また新聞・通信社のテレタイプに送信するための国際電々提供の3台のテレタイプ紙テープ読取装置が使

借賃料 4700万円/月  
プログラム 17万 instructions

賃賃料 4,700万円  
プログラム 17万 instructions

A-9

われた。

これらを構成した諸装置は次の通りである。

1410 型電子計算組織 (2組)

1411 型中央演算処理装置

容量スペース 80,000 字

アクセス・タイムスペース 4 マイクロセカンド

1415 型制御装置

1414 型入出力同調装置

1301 型磁気ディスク記憶装置 2台

容量スペース 56,000,000 字

読取り書込みスペース 90,000 字/秒 (他の1410 と共用)

0729 型磁気テープ装置 2台

容量スペース 800 字/時

読取り書込みスペース 60,000 字/秒

1402 型カード読取穿孔装置 2台

読取り 800 枚/分

穿孔 250 毎/分

140u型印刷装置

600 行/分

1440 型電子計算組織 (6組)

1441 型中央演算処理装置

容量スペース 16,000 字

アクセス・タイムスペース 11.1 マイクロセカンド

1447 型制御装置

1442 型カード読取穿孔装置

読取り 400 枚/分

穿孔 160 桁/分

1443 型印刷装置

150 行/分

1448 型伝送制御装置

40 回線まで接続可能

1311 型磁気ディスク記憶装置 2台

容量スペース 2,000,000 字

読取り書込みスペース 77,000 字/秒 (6組の1440 中 2組には付属しない)

## 1050 型データ送受信組織

1051 型制御装置 62 台

1052 型キーボード付印刷装置 60 台

1056 型カード読取装置 2 台

いずれも 14.8 字/分

## 速隔印刷通信網 (remote printer network)

1013 カード伝送装置 2 台

300 字/秒

1443 型印刷装置 13 台

## テレタイプ通信網 (teletype network)

紙テープ読取り装置付テレタイプ 3 台

0063 型カード・テープ変換装置 6 台

## 2. 入力データの様式

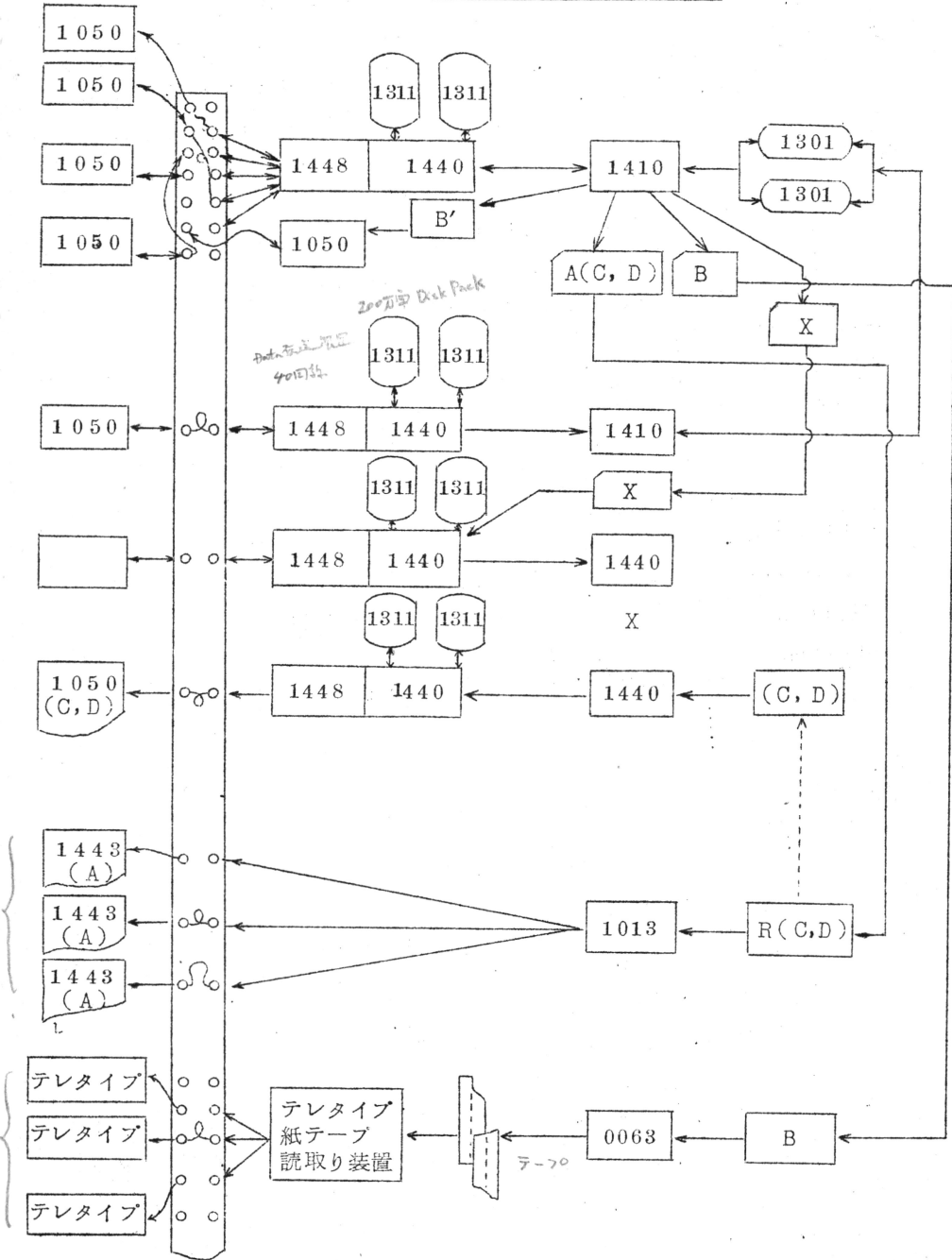
163 種目の各々につき競技結果のデータのみでなくスケジュールやスタート・リストなどがあつたので、発生したデータは数百種類に上つている。このように種類の多いデータを 1 つのシステムで取扱うことは極めて難しいことであるが、入力データの様式 (データの送信のやり方) を標準化することによりこれを巧みに解決した。入力データの送信はタイプライター式の 1052 型のキーボードで行われたが、素人でも打易く、誤りの検出が容易であり、訂正が即時可能で、電子計算組織内での処理が簡単で、しかも融通性に富みあらゆる場合に適応されるものが研究された。

その結果、通常 1 試合または 1 レースの成績は、複数ケのメッセージよりなる 1 組のデータ (レコードと称した) として送信された。ここでメッセージとは切れ目なく 1 度に送信される 1 ケのデータを指し、最大は 21 字までであつた。メッセージは送信されると同時に 1052 型のプリンターで 1 行に印刷された。

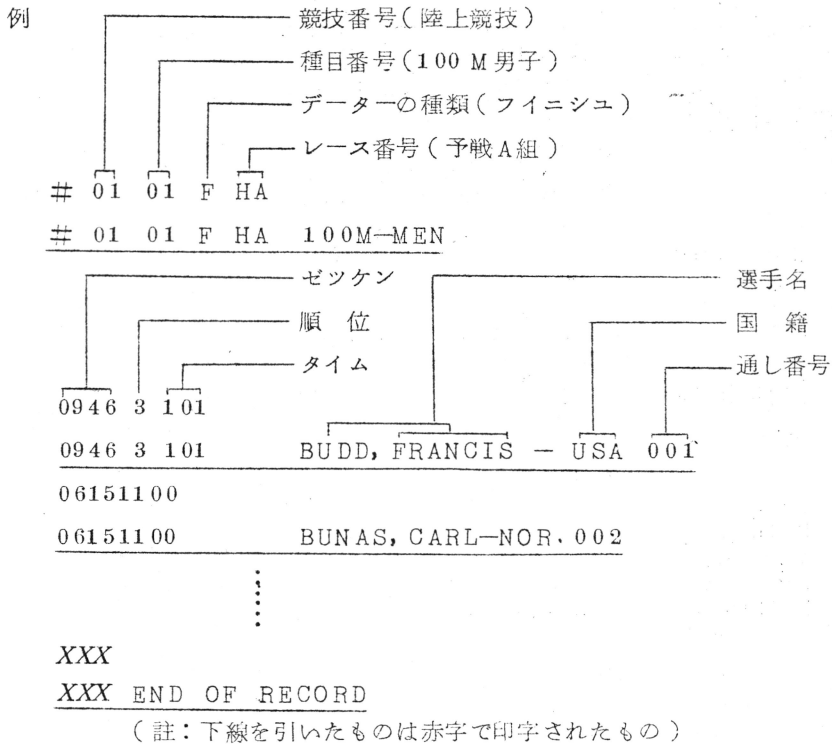
1 つのレコードは頭が “#” であるコントロール・メッセージに始まり、エンド・メッセージに終る。この 2 つの間に競技結果など実際のデータそのものが、データ・メッセージとして送られた。データ・メッセージは通常選手 1 名につき 1 つである。

コントロール・メッセージは競技・種目・データの種別・試合またはレース番号よりなり、これから送信されるデータは何であるかを電子計算組織に伝えた。それに続くデータ・メッセージの大多数は、各々選手を識別する番号 (ゼッケン番号、出場順番、コース番号等) とその人の競技結果が入つてゐる。この外、データ・メッセージには、審判や記録役員の番号や天候を伝えるものがある。データ・メッセージが全部送り終えると、3 つの “X” よりなるエンド・メッセージが送信される。

データセンターの機械構成とデータの流れ



入入力データが送信通り受取られたかどうかとその内容に誤りが検出されなかつたかを確認するために、送信されたものそのままと次に述べるものが付けられて返信され、送信したデータの直ぐ下に赤字で印刷される。付加されるものは、コントロール・メッセージの場合は競技種目名であり、データ・メッセージのときは選手名、国籍とメッセージの通し番号である。



1440/1448型で受取られたデータに対しメッセージ毎に、英数字の字数、選手の番号、データの大きさ、前後との関係、得点計算結果等のチェックがされる。もし誤りが見付かるとその種類を示すエラー・メッセージが送り返される。このとき1050型の操作員は直ちに訂正のメッセージを送る。

操作員の方で誤りに気付いたときも、直ぐに訂正ができる。1つのメッセージを全部打ち終る前に誤りを見付けたときは、次に“/”を打つてそのメッセージを取消す。確認のメッセージが赤字で返つた後であれば、次のメッセージとして“/”を1つ送る丈でよい。前に逆上つてメッセージを訂正したいときは、“/”にその通し番号を付けて送り、次に訂正のメッセージを送信する。また1つのレコード全部を訂正するには、“#”の代わりに“-”で始まるコントロール・メッセージを先に送つてから、訂正のレコードを送る。

後述するテレビ用のデータを送信する際には、“\$”で始まるコントロール・メッセー

ジが使われた。

### 3. 作成された速報

14日間の大会中に6万6千数百のメッセージが受信され、1440/1448型と1410型で合計約1万ページの速報が作成された。これらを大別すると次の6種類となる。

#### a. 詳細な速報

試合の組合せ・出場者順・各試合の競技結果は、データを受信すると直ちに1410型が必要な分類、計算・整理・編集して、1403型印刷装置で印刷すると同時に同じ内容が1402型でカードに穿孔される。その際、選手名と国籍が付けられ、成績順に並べ換えられる。この速報は、1443型印刷装置を持つ全会場およびその試合が行われたところへ送られる。審判と記録員の名前や天候の外に、記録が更新するものについては世界記録、オリンピック記録が参考に入っており、新記録が出たときはその表示がなされた。

#### b. まとめの表

試合やレース毎の詳細とは別に、その競技か種目の1日分または全日程を終えたときに、それまでの結果をひとまとめにしたもので、1目瞭然で競技の経過と現在の成績順位が分かるようになっている。これは全会場に送信された。

#### c. テレタイプ速報

新聞・通信社にテレタイプで送信するように、aとbの内容を若干簡約したもので、一先カードに穿孔され、それから変換装置で紙テープになり、直ぐにそのままテレタイプの読取装置を通つて同時に20ヶ所に送信された。

#### d. 陸上と水泳のフラッシュ・レポート

陸上と水泳の種目に対しては、1443型で印刷される速報の外に特別サービスとして、aの入力データをそのまま使つて1440/1448型で小型の速報を編集し、競技場に置かれた出力専用の1052型印刷装置に送信された。

#### e. テレビ用フラッシュ・レポート

欧米のテレビに競技の模様と同時にその記録を写し出すため、特に1440/1448型で編集してテレビのスタジオにある1052型に送信された。その内容は競技・種目・試合番号などの入った見出しに、レース種目では1位のみか上から6位まで、球技とリンダ種目では勝者と負者の記録が下に続いた。いずれの種目でも優勝者が決まれば入賞者6名の成績が表示された。テレビ用の入力データは通常のものとは別に一足早く送信された。

#### f. 国別メダル獲得表

上記の種目毎の入賞者のデータより金・銀・銅メダルの獲得数の合計を国別に計算して表にしたもので、要求すれば何時でも1410型から最新のものが得られるようになっており、1日に数回テレタイプとテレビ用に送信された。

以上はリアルタイムで作成されたレポートであるが、aとbの合計は約3千ページになり、テレタイプで送信されたものは290万字(紙テープにして736キロメートル)に達した。

以上の外、各種目が終るつど、その結果は記録全集用として、より集約された形に1410型で編集しなおされて印刷された。大小2種の記録集が作成されたが、前者は2巻後者は4巻に分かれ、共に1千余のページよりなる。

#### 4. システムが行うデーターの処理

データーセンターの電子計算組織は、

- 1) 原始データーの受信
- 2) 受信したデーターのチェック
- 3) 磁気ディスク・ファイルの更新
- 4) 組合せ表、出場者表、成績表等の作成(計算・分類・編集・印刷・穿孔)
- 5) 出来上つたレポートの送信等

を行つた。

1448-1440-1410の系列は、全競技場で発生するデーターについて、上記の全部を受持つた。ただし5)については1448-1440で作られる陸上と水泳のフラッシュとTV用フラッシュのみである。

1448-1440は、入力データーの受信、チェック、得点計算(計算を要する種目のみ)、出場者表(コース番号、出場順番等)を1311に書込み(1部競技のみ)、確認データーの返信を行い、先に述べたように、陸上と水泳にはフラッシュ・レポートを作つて直ちに競技場に送り、テレビ用データーについては特別のフラッシュを編集・送信した。

1440に付属した1311型磁気ディスク記憶装置の1つには、幾つかの種類の選手識別番号(ID No, セツケン番号、出場順番番号、コース番号等)で引出されるように選手名簿(氏名と国籍)が入つている。他の1つには、入力データーのチェック、得点計算、フラッシュ編集等のためのプログラムと必要なデーターが記憶してあつた。

1410では、1448-1440でチェックされたデーターを受取り、計算・分類・編集を行つて所定のレポートを作成し、直結した1403型で印刷すると同時に、A型とB型の2種のカード様式にそれを穿孔した。

1301には1311と同様に全選手のリストとあらゆる種類のデーターを処理するプログラムが収められており、競技進行につれて入るデーターが半処理の形で記憶された。また入力データーの一時待合せ場所(queue)としても使われた。

A型のカードは1013と1440-1440-1448の系列に読み込まれて、1013では主要競技場に置かれた1443に直送され、後者では一度1311に記憶され、漸次優先順位に従つて、1443の無い競技場(1カ所または多数カ所)の1052に送信された。



競技場の1443や1052に送られたレポートは複写用原紙の上に印字され、その原紙を複写機に掛けて必要な部数が複写された。

B型のカードは、63型変換装置で、テレタイプの紙テープとなり、3台のテレタイプにより新聞・通信社に送信された。

1日の競技が全部終ると、完了した種目のコントロール・カードが1410に読み込まれて、大会記録全集の該当するページが印刷された。

## 5. プログラムの構成

合計8つの2種の電子計算組織で、何百種類かの大量なデータを処理するためには多種多様のプログラムが必要となり、その数は3百を越える。

その内訳は次の通りである。

### 1440 のプログラム

- 1440/1448 コントロール・プログラム(各種入出力ルーチン, 切換えルーチンを含む)
- 1440/1448 イベント・プログラム
- 1440-1440-1448 レポート送信プログラム
- 1440 選手名簿読込みルーチン
- 1440/1448 コントロール・プログラム・シミュレーター
- 1311のファイル更新のプログラム
- その他

### 1410 のプログラム

- 1410 コントロール・プログラム(各種入出力ルーチン, 切換えルーチンを含む)
- 1410 イベント・プログラム
- 1410 選手登録表作成プログラム
- 1410 選手名簿読込みルーチン
- 1410 コントロール・プログラム・シミュレーター
- その他, 補助プログラム

1440/1448 コントロール・プログラムは、競技場に置かれた1052より送られて来るメッセージを、1448を通じて受取り、これをコア内に30本の電話線の各々に割当てられた区域(input/output area)に入れ、その字数と組合せを独特な方法でチェックし、選手番号に対応する氏名・国籍を1311から引出して、それと通し番号とを入つて来たメッセージに付けて、確認メッセージ(verification message)として、1052に返送する。これと同時に受取つたメッセージを1410の方に転送する。

イベント・プログラムによる処理を要する場合は、選手名が1311から取出された直後に、

プロセスが引継がれる。それが終われば、再びコントロール・プログラムに戻る。

1440-1448 のイベント・プログラムには、出場順表やコース番号表を受取つて、新に選手名簿を1311 内に作るもの、飛込みや体操のように得点計算を行うものと、陸上や水泳のフラッシュを編集するものがある。

イベント・プログラムは陸上と水泳のフラッシュ作成のプログラム以外はすべて1 つのメッセージを受ける毎に1311 からコアに読込まれて処理を行う。

1440-1440-1448 のレポート送信プログラムは、1410 で作成されたレポートを、カードから読取つて、一先ず1311 に入れ、優先順位に従つて特定の競技場または全競技場に送信する働きがある。カードから読んでそのまま送信しないのは、カード読取りの速度に比べて電話線の伝送速度が遅いためである。

1410 のコントロール・プログラムは1448-1440 から不規則に送られてくるメッセージ(通常1 回線からの3 メッセージが一度に来る)を1301 中の回線別に割当てられたスペースに入れ、その電話線からのエンド・メッセージがくると、コントロール・メッセージを解読し、その1 組のメッセージを処理するイベント・プログラムを1301 から読込んでプロセスをやらせる。

イベント・プログラムには試合の組合せ表、スタート・リスト、成績表等を作成するプログラムがあり、その数は170 である。

種目が異なつても、同様に処理されるものは、もちろん同一のプログラムで行う。

大きなプログラムは2 つに分割してあつて、前半が終わると、後半はコア内の同じ区域に読込まれて、プロセスが行なわれる。

1440 から入力データを転送したいときは1410 に信号が送られ、それによつて進行中のイベント・プログラムは瞬時中断する。そこで先に述べたように、コントロール・プログラムは1440 よりメッセージを引取つて1301 に書く。

これらの外に、1410 で国別メダル獲得表を作成するプログラムと、オンラインで1311 と1301 中の選手と役員名を変更するルーチンや、磁気ディスク内の中味を任意に変更できるためのプログラムがあつた。大会が始まつてから、ディスク内の名前の追加・変更は数十回行われている。

なお、オフラインのプログラムとしては、参加国登録表と選手登録表作成のプログラム、選手名簿を磁気ディスク・ファイルに読み込ませるもの、各種プログラム読込ルーチンがあつた。イベント・プログラム中の44ケは記録全集のページを編集するためのものでオンラインのコントロール・プログラムとは別のコントロール・プログラムの支配下にあつた。

イベント・プログラムのテストは幾つかの段階(test phaseまたは test level)に分けて行なわれた。その初期において、コントロール・プログラム完成前に、データの受信・送信をカード読取装置と印刷装置でシミュレートするために、1440/1448 コントロー

ル・プログラム・シミュレーターと1410コントロール・プログラム・シミュレーターが制作された。

## 6. 事故に対する予備と切換

リアルタイムのシステムのデザインにおいて極めて重要なことは、万が一何らかの理由でシステムの一部が動かなくなつたとき予備(back-up)の装置に直ちに切換え(switchover)運転をごく短時間しか中断しないようにして、業務の進行に影響を与えないことである。

オリンピック・システムでは、このためかなりデラックスな方法を採用している。もちろんこの方法は経済性やその他の点から必ずしもどのシステムにも適応できるものではない。

オリンピック・データセンター内の1448-1440-1410は、2系列あつて同時に2つとも動かすことができるが、1系列に支障があれば、直ちに他系列に全部のデータ処理を移す。この切換えが容易であるのは1301型磁気ディスク記憶装置を2つの系列の1410が共用しているためである(shared fileの利用)。一方の1410によつて書かれたデータは他の1410で読出すことができる。

1410のコアの中には、各回線からのデータの有無、プロセス中か否か等の情報を有するゼネラル・コントロール・テーブルがあり、その写しが1301に入っている。一方の1410から他方の1410に作業が切換つたときは、1301の中のゼネラル・コントロール・テーブルを見て切換前の状況を知り、入力データを1つも失うことなく引継ぎを行うことができる。

また各1410には、入出力装置(カード読取穿孔装置、印刷装置、磁気ディスク記憶装置磁気テープ装置)が各々2台ずつあつて、通常は2台共使用しているが、1台が故障しても他の1台で全作業ができるようになつている。

1440/1448に付属した2台の1311ファイルの予備として、1410で穿孔される入力データカードを他の1440/1448に読込ませてその1311を更新した。

また1440-1440-1448レポート送信システムも、1311のディスク・バックを他のシステムに持運べば、直ちに切換え継続ができるようになつている。

競技場におかれた入出力装置にも予備が考えられており、電話回線も同様である。

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](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えます。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](mailto: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>