

本田財団レポート No.10

分散型システムについて

東京大学教授 石井威望

本田財団レポート

- | | | |
|-------|--|--------|
| No.1 | 「ディスカバリーズ国際シンポジウム ローマ1977」の報告
電気通信大学教授 合田周平 | 昭53.5 |
| No.2 | 異文化間のコミュニケーションの問題をめぐって
東京大学教授 公文俊平 | 昭53.6 |
| No.3 | 生産の時代から交流の時代へ
東京大学教授 木村尚三郎 | 昭53.8 |
| No.4 | 語り言葉としての日本語
劇団四季主宰 浅利慶太 | 昭53.10 |
| No.5 | コミュニケーション技術の未来
電気通信科学財団理事長 白根禮吉 | 昭54.3 |
| No.6 | 「ディスカバリーズ国際シンポジウム パリ1978」の報告
電気通信大学教授 合田周平 | 昭54.4 |
| No.7 | 科学は進歩するのか変化するのか
東京大学助教授 村上陽一郎 | 昭54.4 |
| No.8 | ヨーロッパから見た日本
NHK解説委員室主幹 山室英男 | 昭54.5 |
| No.9 | 最近の国際政治における問題について
京都大学教授 高坂正堯 | 昭54.6 |
| No.10 | 分散型システムについて
東京大学教授 石井威望 | 昭54.9 |

講師略歴

石井威望 (いしい・たけもち)

昭和5年 大阪に生まれる。

昭和29年 東京大学医学部医学科を卒業。

昭和38年 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。

現在 東京大学工学部教授

専攻 システム工学・医用工学

著書 「企業と情報」(筑摩書房)

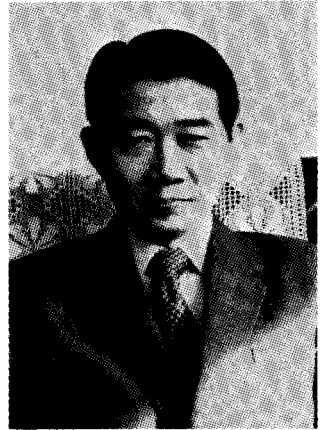
「システムとシュミレーション」(共立出版)

はじめ多くの著書がある。

このレポートは昭和54年6月13日、パレスホテルにおいて行なわれた第7回本田財団懇談会の講演の要旨をまとめたものです。

はじめに

私の専門は「システム」を作ったり、その管理をしたりする研究です。最近の傾向は一口で言いますと、在来の「集中」システムという方向とは正反対の、「分散」システムという方向が強くなってきていることです。システムを作るには、システムの哲学と言いますか何らかの理念があるわけですが、それがちょうど180度変わったのではないか、という気がしております。



集 中

●集中のメリット

なぜ今までシステム作りを考える時に、何はともあれ集中化しようとしていたのかと言いますと、その理由はいわゆるスケールメリット(規模の効果)にあります。何ごとも「大きいことは良いことだ」という高度成長時代における言葉のように、大きな単位でやれば一つ一つのコストは加速度的に安くなるのです。自動車の生産もその通りで、大量に作ることによって一台一台が相対的に安くなります。

システムの中で一番それがハッキリと出るのは機械工業の他に計算機の例があります。大量にまとめてやると計算がどれくらい安くできるかという法則がありまして、それは経験的な法則ですが、「グロッシュの法則」といいます。グロッシュというのは人の名前ですが、その法則は計算機のスピードがたとえば4倍になっても、コストの方はその平方根、即ち2倍にしかならないという法則です。要するにスピードに比例してコストが上がるのではなく、大きくすればするほど相対的には下がってくるというわけです。従って、なるべく速い計算機を作ることになり、めざましい高速度化への挑戦がなされました。私も過去20年くらい、その進歩を身近に体験して参りましたが、とにかく何千倍というオーダーで高速化が行なわれてきました。平方根を取りますと、ひとけたとか2けたとかいうオーダーで安くなるわけですから、ただみたいになった感じがするわけです。

●集中のデメリット

ところが最近ちょっと困ったことに、ラージスケールにすると、大都市でもそうではないかと思いますが、その限界、即ちデメリットが出てくるのです。

計算機の方で言いますと、ハードウェアをかなり大きくしても大丈夫になりましたが、ソフトウェアはいかんせん全部人間が原稿用紙に一つ一つ手で書いているわけです。人間は書き間違ったり、又考え違いをよくしますが、しかしちょっとでも間違えますと、機械はばか正直ですから、間違えた通りにやります。自分が書いたプログラムに人間が自縄自縛になり、四苦八苦してしまうということになります。そういうソフトウェアはだんだん計算機が大きくなり、スピードアップされ、単位時間あたり凄い量になってきますと、益々大きくなってきます。

特に通常OSと言われているオペレーティングシステム（全体を動かし交通整理をするソフトウェア）というものは、益々大きくなり、もう限界だろうと言われていています。これ以上無理をして大きくすると、もう永遠に誤りが訂正できないプログラムができて来るのではないか、というくらいの所までできてしまったのです。私が教えた十年位前の卒業生がちょっと今この問題にぶつかっているところで、もうこの次にプログラムを大きくするには自信がないと言いついています。

分 散

●分散への移行

一方純工学的な方向から言いましても、「大きなことは良いことだ」では通らなくなってきています。むしろ適正規模のものを場所的、空間的に分散しようという方向へ向いてきています。

これはどうしてかと言いますと、たとえば災害などによって大きな集中化されたものが一度で破壊されると、全システムが非常に危険になるわけです。集めれば集めるほど経済的効率は上がりますが、逆にそのセンターが破壊された時に影響を受ける範囲はどんどん広がってきます。もちろん一生懸命に防御するとしても、これにも限度があるわけです。例えば東京で地震が起きたときの防御を考えますと、やはり関西にもセンターがあった方が良いでしょう。そうすると、現実には銀行なんかでも事務センターを二つに分けておこうかとなるわけです。当然分けると先程の規模の効果といいますか、集中によるメリットが失われるわけで、いわば二重投資が行なわれるわけです。従って、そのデメリットを補って余りある程の分散によるメリットが無いとそれは実際にはできない事ですが、最近それがだんだんバランスしてきたという感じではあります。

最近、計算機の場合は先程言いました「グロッシュの法則」を必ずしも適用できないということが判ってきました。電卓はその例でして、昔は簡単な計算でもさうとう大きな計算機でやっていたわけですが、だんだん簡単になって持って歩ける様になり、さうとう複雑なことが電卓のようなものでもでき

るようになって来たのです。そうなってくると、わざわざ計算機のセンターまで行ってやる必要は無いのではないか、又そういう計算は分散してやればいいのか、という考えが出てくるのは当然なことです。

それからコストも電卓のようなものは非常に安くなってきているのです。どうしてこのことが可能になったかといいますと、いわゆる集積回路と言われているものの進歩が予想以上に進み、非常に小さなチップにたくさんの情報とかプログラムが入るようになってきたからです。これはまだ将来進歩が続くだろうと予想されており、小型電卓ぐらいのもので辞書の内容をたくわえたりすることは、たぶん予想以上に早く実現するのではないかとされています。

それが先程の分散の問題と非常に関係がありまして、何も中央(センター)へまで行ってそういう事をやらなくても手元でできるのですから、現場でできるだけの事をやり、どうしてもできないものがあれば中央へ持って行こうということに比重がかかってきたのです。つまり技術的な可能性が急速にできてきたということです。また片方で大規模な技術が主としてハードウェアよりも、ソフトウェアの限界で技術屋が頭をかかえ出し、更に安全性ということにおいても分散した方が良いのではないかということになって来たのです。

従って、最近「スモール・イズ・ビューティフル」という様なこともあり、一般に小型で分散している様なシステムの方が格好いいという様なムードが特に若者の間にありますから、非常に巨大な何かお城の様なシステムとか建造物を作って喜ぶという時期ではなく、一見一寸頼り無いようだけれど性能は非常に良いというパターンの時期に入ってきたのです。

軍事技術的な比喻でいいますと、集中方式というのは昔の大艦巨砲主義だといってよいと思います。大学の大型計算センターで働いている人が、自分たちは「戦艦大和」に乗っているのではないかという心配をしています。逆に小型・分散システムと言うのは、いわば航空機ではないかと思うのです。航空機を戦争の主要兵器に使うという発想の転換は、かつてたいへんな議論的になったのですが、太平洋戦争で大艦主義が失敗し航空機が主力になったという歴史からみますと、分散もこのことになぞらえることができると思います。しかし、まだ分散の威力はそれほど認識されていないし、まだ頼りない飛行機がやっと飛び出した状態であり、ポテンシャルは十分にあるのだけれどこれから優秀な飛行機を、さらに航空母艦や航空編隊を、そして基地及びレーダーを作ると言う状態にして、問題がスタートしたばかりのところなのです。それでも尚大きな流れとして、一応大艦巨砲はあってもいいのだけれどそれよりも戦略的な中心、特にわが国の様な場合にはこういう小さな方向に進むのではないかと思います。

更に物騒な話を申しますと、ICBMという非常に大型な戦略兵器がありますが、それに比べて最近クルーズミサイルという非常に小さな、値段も断然安い、しかし精度は極めて高い(例えばプラスマイナス3m~5mの誤差で目標に当たるといふ)兵器に代ってきています。ICBMの場合には地上

に莫大な設備がいる集中システムなのですが、クルーズミサイルになりますとむしろ数メートルくらいの安い小型ジェットエンジンを持ったミサイルに、それぞれ小さなコンピューターが乗っているだけなのです。型は小さいけれども非常に優秀なコンピューターでして、地上の地図を覚えていて、地図を見ながら飛んでゆくというわけですから、途中どう飛ぼうと関係ないのでして、最後の地図を覚えていますから目的に到達する精度は極めて高いのです。そうすると何も大きな核爆弾なんか持って行く必要なく、破壊したい所にだけ発射すれば良いということになり、百発百中という高い精度になって来ています。

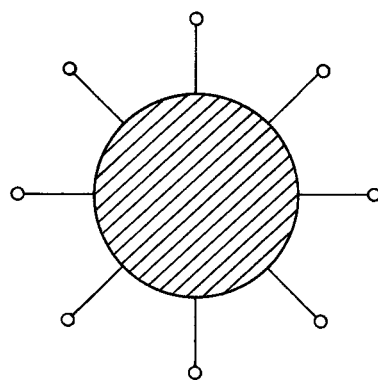
PGM(プレジジョン・ガイドド・ミサイル)というものも全く同じ考え方です。今まで戦車に対しては歩兵の小銃だとか機関銃だとか対戦車砲で戦っていたわけですから常に負けていたのですが、最近のエジプトとイスラエルの戦争以来PGMを歩兵が持ち、それが高確率で戦車に当たり戦術が一変してしまっただけのことです。コストパフォーマンスでみると非常に安いのです。これからはICBMの様な高いものはいらぬということになり、これからの国際的な力関係にもかなり影響してくるのではないかと思います。

従って、分散というものは先程も言いました様に、単に技術の世界でコンピュータシステムが変っただけでなく、大きな影響力を次々に持ち込んで来るのではないかと思います。

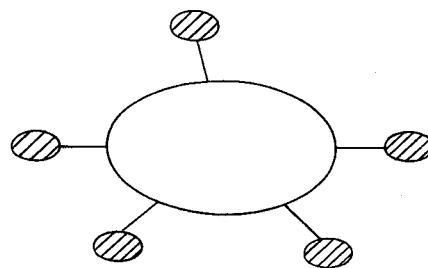
●システムの姿

次にシステムの姿をお話ししますと、システムにはシステムの姿があります。集中システムの場合には我々星型(star arrangement)と申しまして、真中に蝸の頭のような巨大な頭脳があり、手足が伸びてその先にはなるべく小さなものしか置けません。つまり真中(センター)になるべく多くの情報を集め、末端にはなるべく情報を置かないでおこうということで、星型の構造をしているのです。

それに対し分散システムはだいぶ変わってまして、真中にループ状の線があります。それを専門用語でデータハイウェイ(data highway)とかバスライン(bus line)とか呼んでまして、大きな道路(情報伝送路)だと考えてもらえばよいと思います。それにかなり大きな丸がぶら下がっているという状態です。中心がはつき



集中システム(star arrangement)



分散システム(bus line)

りあるわけではなく、ぶら下っているそれぞれが相当な自主性と言いますか力を持っているのです。従って、場合によっては一つだけ切り離しても利用できるという位の力を持っている端末部分が、バスラインを通じてぶら下っており、全体としても調和を保っているという形です。

産業界、たとえば最新鋭の製鉄所などの制御システムではすでに分散の姿を取っており、ちょっと古いのは星型の構造を取っています。今までは真中に大きなコンピュータールームがありまして、配線がむやみやたらと出ており、全部集まってくる所は配線の束だけですごい太さでして、それが権威の一つの象徴だったのです。最近のバスラインとかデータハイウェイでは、細いものが一本走っているだけなのです。将来はこの一本走っているものもグラスファイバー(光ファイバー)となり、そこを非常に速いスピード(大量情報伝送)で光の通信をするような分散型システムになるだろうと思います。

●分散のメリット

最近建設する新しいシステムでは基本的に分散システム方式で設計を始めています。そうすると二重投資の点もありますが、いろいろ良い点が出てきます。たとえば先程のソフトウェアの問題ですが、まず集中システムにおける真中の巨大なソフトウェアを作るのはたいへんです。分散された中程度のものでしたら、かなり楽に作れるということが一つあります。それからもう一つは全体を集めようとする、どうしても画一化しないと集められないのです。従って個々の小さな蛸の足の先は、いやでも「お上」が言うところから従ってあわせなくてはならないのです。システム化というと、それは画一化の押し付けであるといって最近嫌がられます。それは実際やろうとすると、個々の末端に存在する特殊性をなかなか吸収しにくいということです。しかし分散システムにすると個々の特色とかそこでの自主性とかが出ますし、むしろ自由にやってもよろしいという自由度がふえてきます。従って多様性が吸収できるということです。

これからの時代は多様化の時代だと言われていますが、集中システムでは多様化しようと思ってもどうしても限界がありましてそうはいかないのです。全体を画一化した上で規模の効果をストレートに追求していこうという基本的な考え方があったのですが、最近ではようやくそのフェイズを卒業し分散システム化してそれぞれの個性を生かしつつ、かつトータルとして一番良いパフォーマンスにしようということになって来ました。

●分散させるための要件

分散システムが出来たことは、技術的には一つの非常に大きな困難を突破したことになります。それは何かと言いますと、集中システムにおいて真中に集めている場合はメンテナンスが非常にやりやすいわけです。真中に良い

エンジニアを集めておけばそうとうデリケートなことでも動かして行ける。一方、末端には故障するものはあまりありませんから、やりやすいわけです。技術が進まない間はどうしても集中の方向で問題を解決したいということになります。それは信頼性のないものを分散して置いておくと、故障ばかりして修理のために走り廻らなければならず、稼働率も上らないからです。従って分散し得るということは、個々の信頼性が相当上ってきたということです。たとえば開発途上国でこのシステムがかっこう良いからぜひやらせてくれと言っても、そこでの末端のエンジニアの能力が基本的に問題になります。私の個人的な考えですが、わが国の場合はだいたい昭和40年代の前半から中頃にかけて、ようやく必要な人材が量的にも十分育ってきて、分散型を導入してよい時期となりました。

個人の日常生活においても、どんどんシステムの端末を個人で使っています。これは非常に大事な事として、サービスを受ける人がセルフサービスで使うということは、コストの面から非常に楽なのです。たとえば銀行のキャッシュ・ディスペンサー・システムを導入する時に、専門家の間ではうまく行かないのではないかと懸念されていました。それは、やはり窓口の女の子に全部頼んだ方が楽だからです。しかし、予想に反してわが国の場合、現在はまだ7千台ぐらい設置されており、世界で一番たくさん動いているわけで、今や銀行の支店の業務は、あのシステムが無くなったとしてもやって行けないというところまで普及しました。これは要するに人間がそのような端末を自分で操作しながら自分で自分に労働賃金を払うというのが非常に大切なことであり、各個人がそれだけレベルアップしているわけです。

このシステムはどこでもできるかというところではなく、たとえばアメリカでは犯罪が一番の問題となります。それはこのシステムを使うと端末にお金があることがわかっていますから、引き出すところを狙われるのです。この間も2件続けてひどい犯罪が起きたと聞いています。従って治安がいいということは、システムを分散化する時には重要な要因になります。わが国は世界中でもシステムが悪意によってこわされることが最も低い国ですので、防犯産業があまり育ちません。アメリカは非常に多いので、システムの中にその犯罪を防止するのにどうしたらいいかというシステムが全部ついていきます。このシステムを日本に売り込みに来るのですが、全然売れないそうです。キャッシュ・ディスペンサーのカードなどでも、もっと犯罪が起ると予想されていたのですがほとんど起らないのです。親父さんのカードを息子が代わりに使うという程度のほほえましい犯罪ということとして、あまり問題にならないわけなのです。その点は社会構造との関係といたしましうか、分散というのはただ技術水準が高度化しハードウェアができてソフトウェアができれば後はうまく行くかというところではなく、もっと大きな他の問題(たとえば貿易摩擦など)においても社会全体の持っているしくみの違いというものが、わが国の場合には多分にプラスの方に働いていると思います。もちろんこれがいつまで続くかが大問題ですが、従って良い意味で日本のシ

システムは分散化によって効率を急速に上げていますが、治安が悪い外国に輸出した場合には非常にもろいシステムなのです。分散された各部分が攻撃されるケースは非常に多いわけで、全体がシステムダウンすることはないのです。

一番大きな「分散」というのは、人間の頭の中へ知識を分散するシステム、つまり教育、あるいは習熟のことです。私は病院等で実態調査をしています。この面でも日本人的特色が出ています。アメリカでのシステムと人間との関係は知識の分散(それらをファイルの分散と呼んでいます)という点では、たとえばコンピュータの中の知識を端末で使う人が、理解して持っているかどうかという点で非常に低いレベルなのです。日本では操作員の知識が経験時間と共に急速に習熟して行きます。特に専門に端末を操作する者のラーニングカーブは急速に上っていきます。場合によっては無味乾燥な数字の羅列でさえも、全部覚えてしまうのです。毎日やっているとだいたい三年くらいで「アリナミン」のコードは「1 2 3 5」などというように覚えてしまうのです。こうなると端末自身のコストはきわめて安くすみ、操作のスピードも上ります。かえって変なまどろっこしい初心者がやるような器具を作って与えますと、労働者側はむしろいやがるのです。これも私は極めて日本的な特色ではないかと思えます。つまり終身雇用ということで自分の職務を今後長期間行なうという考えで皆やるのですから、意欲がまず違うのです。アメリカのPOSシステムのようなスーパーマーケットなどに入っているシステムは、朝パートタイムでやって来て夕方はやめてしまうかもしれないような、嫌々仕事を行っている者を前提(つまりラーニングゼロ)に考えて設計してあるわけなのです。この辺は調査するまでわからなかったのですが日本の場合にはちょうど日曜大工とプロの大工の道具の様なものでして、プロが使っているものはむしろ非常にシンプルで人間の方が非常によく使いこなしているのです。

これは要するに機械の中にある機械の仕組という知識を人間の脳が吸収したわけです。システムのハードウェアが端末で終わっているのではなく、そこから人間の脳へまでシステムのしくみが分散していったということなのです。こうなるとシステム全体、つまりマン・マシーンシステムは極めて良くなります。違う意味で言いますと、日本人というのは人間と機械の間を分たずに、毎日やっているとだんだん愛着を覚えエモーショナル(emotional)に一種のアニミズム(animism)になり、機械をかわいがったりする傾向になるわけで、それが良い方に表われているのではないかと思えます。従って今後日本でシステムを作る時には、西洋で言えば機械の端末までの分散化でありませんが、さらに一歩進めた人間の脳細胞の中へソフトウェアを分散していくのであり、そこまでも含めることができるのです。最近つくづくこの点を痛感しまして、ぜひ文化人類学の方にも将来いろいろ御指導いただきたいと思っています。

●分散化の問題点

分散化に伴いますメリット、デメリットはいろいろありますが、はっきり申して、最適システムを作る手法というのは集中化については今まで十分開発されていますが、分散化のシステムについてはまだ不十分であり、考え始めた所なのです。実はここへ来る前に、ちょうど分散化の理論に関する論文を読んでいたのですが、今さかんに論文が出ている状況でして、これからようやく分散してもなおかつ重複投資とかのデメリットをカバーして余りあるくらいプラスを出してくる最適システムの本格的設計手法が開発されてくると思います。その意味で先程の航空艦隊がやっとでき、山本五十六元師が霞が浦あたりで演習を始めたところに近い感じなのです。これからのシステムを作る若い者は、分散化の最適化ということテーマに今さかんにやり始めているところです。分散ということは論理的に言うと、幾つかの基本的な問題点を持っています。

—ファイルの分散化に伴う問題—

先ず第一に現在考えられていますのは、プロセスつまり物事を処理する機能と、ファイルつまり物事を憶える記憶の二つに分けると、プロセス自身はまず百パーセント分散化していただろうと言われていています。具体的に言いますと、プロセッサ(CPU)などはどんどん安くなっていますから、分散してよいのです。しかし現在の問題はファイルでして、ファイルというのはいろいろ記録が書いてあるメモリーですが、メモリーを分散化し得るかどうかなのです。もちろんこれも今までの大型で高価なメモリーがたいへん小型化され安くなって、分散化の可能性は広がっていますが、問題は絶えず変化しているメモリーでして、アップデイト(更新)していくのを全て一緒にやらないといけない訳です。初めは同じファイルだったのが変更したことにより、それぞれ違うファイルになってしまう可能性もあるわけで、これは一種の矛盾が起るわけでして、システム全体としては統一性(consistency)がとれなくなります。統一性が無くなるということは、基本的なまとまり(integrity)が存立しなくなってしまうという危険があります。

私は医学部流に「システムの癌」と言っております。我々の正常な細胞システムというのは全部が一つの目的に協調し、決して親元を攻撃するようなふとどきな細胞はいないわけですが、癌が発生しますと、癌細胞はもとの生体とは何の関係もなく増殖を始めますから、結局生体を殺してしまうことになります。それと同じことで、初め全体が統一された同じファイルを持っている状態でも、あちこちで空間的に離れた所と交信していく場合、違う交信をやりますとエラーが発生しやすく、又時間的に同時に更新するという事はむずかしく、こちらが変ってもあちらは元のままだということが瞬間存在することが起るわけですから、こうなるとここの処理とあそこの処理とが

違うことをやり出したりするのです。このことを考えて基本的にどのようにファイルの分散をしていくかということです。

人間の場合のいわゆる60兆個の細胞の遺伝子情報というのは、全部だいたい同じだと言われています。こういう固定情報は分散して間違いなく、まず問題ないんですが、絶えず変更する情報をどうするかというようなことは自然にはあまり良いお手本が無い様で、何とかしなくてはいけないと考えています。しいて挙げれば、自然の中では免疫系統がそういうことをやっているようで、T細胞とかB細胞とかが絶えずパトロールして、変な異種の細胞を見つかりものを見つかりすると、攻撃するようなことをしてバランスをとっているのかもしれないということです。とにかく自他即ち自己かそうじゃないかという、つまり矛盾しているかしていないかということをごどこかで一種の警察システムみたいなものでチェックしていないと分散によってばらばらになってしまい、空中分解とか「癌」が起る可能性があるという点が現在根本的な問題として解決できておりません。適当にだまされシステムを作っているわけなのです。従ってそういったトラブルが起る可能性があり、たまに起っている様です。

—空間性の問題—

第二は本来分散という概念の中には空間性というものが入っています。つまり空間的な構造というのは分散ということばの中に入っています。集中というのは逆に脱空間といえますか、空間を消去して一つの所に全部集めてしまうのです。

情報の面で見えていますと集中では大阪の情報も東京の情報も一つのコンピューターの中に入れてしまいますから、空間性は無くなるわけなのです。ところが分散しますと東京のコンピューターと大阪のコンピューターは全然違うのです。たとえばまずコンピューターの場所も違うし温度も違う、又地震でも起ればまた全然違うということです。集中システムの良い例は新幹線の中央コントロールでして、これは博多まで全部東京駅で行っているわけです。それを分散した時にはどういうことになるかという、プラスの面としては、現在の集中システムですと博多のへんで集中豪雨や地震がありますと全部止まってしまうのです。東京は晴れていて、何ともないのに全体がとにかく一枚板で動いていますから、関係ない所を切り離して東京と名古屋の間は運行するとかがなかなかできないのです。その点、確かに分散しておきますと、場合によっては切り離して行うことができるのです。

しかしマイナスの面として、二つのセンターができた時のリーダーシップの問題があります。つまり民主的になったのはいいのですが、ある種のルールを決めておかないと、先程ファイルの中の矛盾ということを行いました、ファイルがうまくいっていてもなおかつ優先（priority）なりそういうものをどう決めておくかという問題があります。つまりノーマルな時には東京で

あるが、何か問題が起ったらスイッチして大阪がリーダーシップを取るという様にして、今まで無かった特に緊急の場合如何に対処していくかが問題なのです。

それからメンテナンスのプラス面では、切り離してメンテナンスが出来るのです。どこか一つはずしても他は動いているということです。これは非常に良いことで、先程の新幹線でできないことが今後どんどんできます。特に全国に新幹線ネットワークを張る時に、今までの様な集中思想でいいのかどうかというのは大問題でして、たぶんこれからは分散的に地方に作っていくのではないかとされています。

●分散のための通信技術

今までコンピュータとか何とか言いますと大体プロセッシングとメモリが中心でしたが、これから分散をやる時に必要不可欠なのが通信技術です。そのため電々公社がアメリカからねらわれたんだという話ですが、現在電々公社はプロセスの方の技術も強いし、通信の方も強いということです。アメリカはAT&TとIBMとが分業化していますので、そのへんが非常に問題になっております。特に将来を考えますと通信の中で最も大きな力を発揮するのは衛星通信で、その通信網をベースとしたシステムです。目に見えない電波のネットワークが全国に散在する分散的なステーションをコントロールするのです。コントロールと言いますと他人が行っている様ですが、自分でコントロールするということです。実際調べてみますと電話でも何でもそうですが、近い通信が非常に多いと思います。だいたい隣りなんかとのトラブルが起きることが多いのでして、遠方とは一般に少ないのです。ところが集中システムのばかげた所は、たとえば端末の一つが大阪で一つが京都だったとして、センターが東京ですとどういう通信になるかといいますと、まず京都から東京まで流れそれから大阪に帰ることです。横に行けばたった30kmなのに、1200km往復するというばかなことをやるわけです。

このことから分散システムの方が原理的にすぐれていると思われれます。特に新交通システムなんかでも私はCVSという新交通システムを数年間開発していましたが、これの基本的な設計は実は集中システムなのです。昭和45年の設計ですから技術的に言いますと、我々の分野では一つ前の世代の生物みたいなもので古いのです。その点分散システムですと端末が並んでいますので、この次にこれに行くというようにスモッグみたいに急に飛んでくるようなことは絶対にないわけです。ところが集中システムにしますと、中央のセンターのコンピューターの中ではそのことができるようになってそれだけ過剰な性能を持っているということなのです。過剰でも間違いなければ良いのですが、プログラムをちょっと間違えるとここのが遠方へ飛んでいってしまう様な自由度を持っているのです。本質的にそれは過剰であり、又、間違いが多いということです。それを構造的に分散すれば除外しセーブ

できるわけなので、比較的小さいものでも可能ですし（余分な所が必要ありませんから）相当うまくできるということです。このへんは人体なんかでも相当同じ様なことをやっているのです。近い所では必ずしも全部上まで上げないで、たとえば神経の中のアクソンリフレックスと言うものなどがそうで生体では実にうまくやっています。そのことを分散システムではとり入れていこうと考えています。まだ統一的な理論はありませんが、今述べた様に個別的にはいろいろあります。

●分散化の特長

—フェイル・ソフト (fail soft) —

次に分散の特長であるフェイル・ソフトとリカバリーのお話をしたいと思います。

まず第一のフェイル・ソフトですが、今まで言いましたように集中システムの非常に悪い所は特に真中が壊れた時に全体がどんどん死んでしまい生き残れないことです。しかし分散化はフェイル・ソフトリーとって全体が一ぺんにパタンとは死なないでどこかが壊れているが、生きているのはいっぱいあるのです。逆にいえばどこか常に壊れていると考えた方がいいのかもしれませんが、又その考えになって来ているのです。全部が聖人君子で清潔であるわけではなく、たまに変なのがある分布でもって入ってくるのは当然だと考えるのです。しかしそのために全体が止ってしまってはこまるので、そこをローカライズして半分ぐらいダウンしてもかろうじて動いているようにするのです。人間の体は正にそうになっており、少しどこか悪いという方はいっぱいいますが全体としては何とかカバーしながら働いているのです。それが普通であり一病息災は無病息災よりもあまり気が強くななくて、セーブするからむしろ長生きするのです。システムも同じように、どこかに弱い所があって当然で、逆にそれを折り込んだ上でソフトリーに二枚腰に倒れるシステムならいいんだという考え方です。

それは分散型の方がやり易いのです。集中型はどうしてもまん中が壊れると、どうしようもないのです。一般に分散しますとむしろ全部を一ぺんに壊そうとするのは非常にむずかしく、又ちょっとできません。従って本質的に強くなり、信頼性は上るのです。もちろんそのコストはかかりますが、フェイルソフトというのは非常に大事なことで、これも分散と非常に関係があります。

—リカバリー (recovery) —

もう一つ、リカバリーというこれに関連したことがあります。フェイル・ソフトリーの様にいつもどこかが壊れているとすると、回復という問題が非

常に大事になります。ちょうど柔道で言えば受け身の様なものでして、技が対等であってもうっかりすると投げられるかもしれませんが、きれいに受け身をして早く立ち上りもう一回試合をすればいいのではないかということです。やはりこれも分散型の方がしやすいのです。結論的に言いますと、リカバリーがしやすいのは分散型なのです。どうしてかと言いますと集中型に作りますとトラブルが起きた時非常に直しにくく、立上り即ち再スタートが非常にむずかしいのです。

最近では分散型にしてどこかダウンするけれども、なるべくリカバリーの時間を短くしようというようなシステムを初めから組み込んでいます。どのようにして短くするかと言いますと、どこが壊れたかを早く見つけることが第一です。これも分散になっていますと比較的容易に早くわかるわけです。これが集中型で一体になっているともつれ合っていてむずかしいのですが、別々にあちこちに分散しておりますからここだというのがすぐわかるわけです。そこで壊れたところに早く行ってリカバリーをしようとするのですが、これも最近初めからダウンするのが分かっているのならダウンした時にさっと入れかえられる様に、遠隔から自動的に修正できる様に作っておこうという考え方が出て来ました。昔の考え方から言えば、非常に不届きな初めから機械が故障するシステムを作るのかとおこられますが、そうではなく、再生能力の強いシステムを作りたいというのがモダンな考え方なのです。

今まではMTBFをいって、故障が次にいつ起るかということを重視した平均故障間隔というインデックスを使っていたのですが、最近は回復時間を折りこんだアベイラビリティ（availability）つまり稼働率の様なものを中心にしています。これは分母の方に回復の時間が入っており、これが短ければ短い程高くなる様な計算になっております。今まではひっくり返ることばかり考えていたのですが、今やそれを卒業しだんだんソフトなシステムになってきています。従って一見なんだか故障を容認してルーズになった様な考え方もかもしれませんが、非常に隔通性のある現実的なシステムになっている様に思います。

一時、システムは人間疎外であり画一的で押しつけがましいので、導入反対というような労働問題にまでなったのですが、分散型にしますとその点ローカルの多様性を満足していくように、それぞれで自由に吸収して下さいという論理になるわけです。

もう一つ集中型で悪い所は、確かに全体ではメリットを得るのですが末端ではそれがわからない事です。つまり自分は情報を出すだけで自分がプラスになっているのかどうか分らないのです。

又、プライバシーの問題ですが、たとえば病院ですと自分のデータがどこか遠くへ行ってしまう、どう使われているか非常に心配だという人もいます。分散システムではローカルに置いておけば見えるし、自分が使っているわけですから、誰かがそこから出さなければプライバシーは守られるという様な意味でのプラスの面も出てきています。

●システムの信頼性

このようなものも全て入れて考えるのが真のシステムへの信頼性ではないかと私は思います。今まで信頼性と言いますと故障しないということばかり考えていましたが、そうではなく、先程の再生能力とか、人間がそれに対して非常に信頼感を持てるとか、プライバシーも大丈夫だとか、自分で動かせるだとか、そういう広い意味でのシステムへの信頼を高めないと今までの様な画一化されたシステムでは受入れられなくなって来たと思います。特に一般大衆の受入れ（パブリック・アクセプタンス）が無くなって来ていることが、分散型システムへの転換が起こっている大きな時代の背景ではないかという感じがします。

人間とシステム

システムの分散化については、情報システム以外にも多くありましてとめどが無いのですが、最後に一つ人間とシステムということで申しますと、先程の習熟過程なんかもその一つです。要するに人間は「習熟をしたがっている」動物であると定義しますと、集中システムはその習熟本能を拒否している様なところがあります。たぶん西欧型のシステムだと思いますが、下の者は上から押しつけられ、あまり積極性もなく、言われたこときちんと行うような、ドウ・ナッシングが集中システムの基本的なキャラクターと言えるかも知れません。たぶんそのような考え方が背後にあるのではないかと思います。分散型はどちらかと言うとそうではなく、習熟で見られるようにそれぞれの端末を使う人に座標の原点を置いて、その人がどのくらい使うかという時間とか個性とか能力とかに応じて、徐々にシステムの方も変えていくという、多様性を吸収してやろうという考え方でして、人間はドウ・サムシングで何かやるのです。システムがドウ・サムシングをなるべくうまくガイドして行こうということです。初心者には初心者向きにするし、熟練してくれば熟練者向きにするのです。それは多様性ですから個々がどれだけ変わろうが、分散システムであれば局所でそれぞれローカリティーを吸収できるはずですから、人間性との調和ということでも原理的にプラスの方向ではないかと私は思います。

そんな良い事づくめだったらどんどんやろうではないかということになりますが、やはり理論的にまだ解明が不十分であるということと、どちらかと言うとやはり難しいという点が問題です。これはハードウェアといたしましても分散しますから、メンテナンス自身たいへん難しいのです。従って高度なシステムほどO（オペレーション）そしてM（メンテナンス）ということが盛んに言われます。一般にシステムを作る方は特に我国では最近かなり自信があり、又お金もあるのでできるのですが、メンテナンスというのはライフタイムが無限大ですのでちょっとどこかが赤字でもたいへんな累積になり

ますから、これはたいへんな事なのです。従って私は今一番大切なのはメンテナンスだと思います。メンテナンスを分散システムにおいてどうやるかという基本は、コストの問題も含めてこれはドウ・イット・ユアセルフみたいなことが非常に大事ではないかと思います。自分でやってくれば受益者負担ということでその人は一生懸命にやりますし、又、自業自得ですから、その人の能力のままに行うと思います。これは分散システムでなければできないしそれが一つの当面の解決ではないかと私は思います。従って、他人任せでやるのがシステムではなく、分散システムは少なくともローカルでは自分が全部決裁するのです。カフェテリア・スタイルや自動車の運転もそうかも知れませんが、自分で運転し決して運転手など雇わないというのがマイカーの考え方でして、電話も電報と違って自分でかけるのですからそのオペレーターはいらないということです。ゼロックスなんかも、かなり偉い人まで自分で行うということが、最近どんどん進行しております。このように個人化（personalization, privatization）という自分用のシステムがあると、非常にプライベートな感じになります。しかしプライベートだけでは全体の協調がなされませんから、必要に応じて遠くとの通信をやるということになります。しかしそれは必要最小限でよいので、今まで集中のため必要以上に支払っていた通信費も減るわけです。

なんかだいたい日本の文化に以ているのではないかと思います。つまりだましている方がいいのであり、双方が十分に分散したファイルをそれぞれ持っておれば、一を聞いて十を知るということで、少ない通信費で全部わかってしまうという方式が出てくる様に思います。今までは端末は知能ゼロですから、一挙手一投足はかみみたいなことまで全部中央が言ってやるわけです。そして報告が来るとまた言ってやるというように、通信量が膨大になるわけなのです。そんなばかなことはやらないでローカルで全部やってしまい、たとえばGO/STOP、あるいは変なことが起った場合の報告はするけれど、それ以外正常に動いておれば何も言わないという方向に来ていると思います。

先日欧米の人に、日本人の夫は自分の妻に対し毎日愛しているとどうして言わないのかと質問されたことがありましたが、言わないのが日本では非常にノーマルといいましょうか望ましいんであって、要するに分散システム的になっているのではないかと思います。

どうもありがとうございました。