

コンピュータにおける産業革命

神田泰典 (富士通株式会社)

1. まえがき

近代産業の発展の歴史は 18世紀後半の産業革命より始まっている。コンピュータで代表される情報処理産業は 生まれてから20年足らずであり これからの様に発展してゆくだろうか？

情報処理産業は 現在産業革命の時期にあるといわれている。 だとすれば 産業革命以降の近代産業の歴史は 情報処理産業の将来を考える上で 何か参考にならないだろうか。

2. 現状の認識

SHAREのレポートには こう書いてある。⁽¹⁾

「データ処理業界が直面している 最も危急の問題は アプリケーションのソフトウェア開発過程における生産性の低さであり その結果出来上がった最終製品の品質の悪さである。 今日 アプリケーションの開発は職人芸であり 科学でも技術でもない。 成長の速さと 比較的若い業界だという理由のせいもあって データ処理業界の果している機能や提供しているサービスは 適切に測定したり計画したり管理したりしていない。」

ここで一寸観点をかえて 工業製品の見本として自動車を取りあげ 電子計算機と比較してみよう。

	電子計算機		自動車
		関従者の意見	
設置条件	15~30℃程度 20~80%程度	オペレータや 媒体の条件で限られてしまう	-10~45℃程度 雨雪OK
人間との インタフェース	タイプライタ/キーボード ディスプレイ/キーボード (英数字/カナ)	これで充分わかるはず	ハンドル ペダル メーター
信頼度	MTBF 1週間程度 システムダウンする	寿命が上ってしまうのでこれ以上は無理である うまい方法がない	MTBF 1年程度 システムダウンしない degrade する
保守	メーカー専門保守員	簡単にはいかない 計算機は自動車よりはるかにむずかしい	オーナー ガソリンスタンド 修理業者
競争相手	人間 そろばん, 電卓		電車, 汽車, 飛行機, 自転車, バイク, 馬車, 荷車, 人力車

代替	人間の頭の代替		人間の手足の代替
庶民感情	素晴らしいものらしい 近よりがたい よく解らない	もっとよく理解してほしい	カッコいい 楽しいもの 使ってみたい

コンピュータは競争相手にめぐまれず 線度が低いといわざるを得ない。

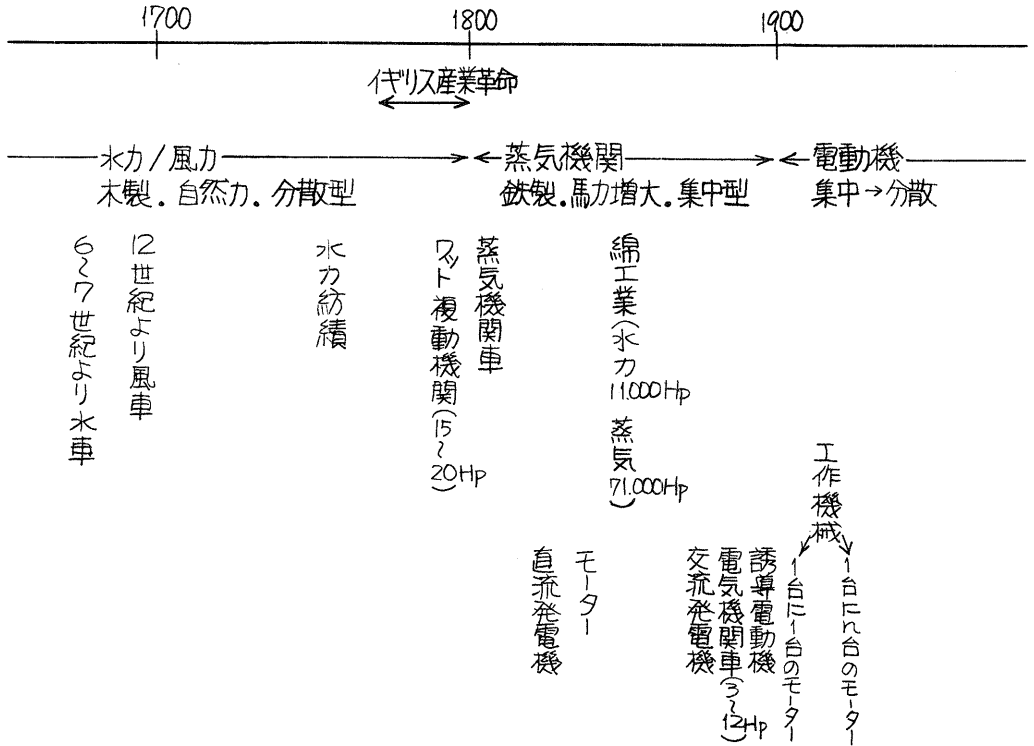
ろ。産業革命をもたらしたもの

産業革命をもたらしたものとして 次の6つがあげられる。⁽²⁾ これをそれぞれコンピュータにあてはめて考えてみると 次の表のようになる。

	電子計算機への対応	問題点 ○なし ×あり
1. 材料の発達 鉄・鋼の製練	メモリ DASD の発達	○
2. エネルギーの発達 水力/風力→蒸気→電気	CPUの発達	△
3. 工作機械の発達	ソフト工学 記述方法・評価	×
4. 市場の拡大	市場の拡大	○
5. 労働力の不足 (熟練工不足)	プロクラマ不足	×
6. 輸送手段 貯蔵手段	データ通信 データベース の発達	○

この中で 材料の発達, 市場の拡大, 輸送/貯蔵手段については良い様であるので 本稿では他の3つについて問題を取り上げ 考えねばならない点について述べる。

4. エネルギーの進歩



エンジン

- 工場システム (保安)
- 動力分配制御系
 - ベルト
 - アーリー
 - 動力ロス
- 工作機械
 - 旋盤, フライス盤
 - 治工具
- 製造機械

CPU

- OS (RMS)
- スーパーバイザ
 - タスク管理 (ジョブ管理)
 - データ管理
 - OS オーバーヘッド
- 言語プロセッサ
 - FORTRAN, COBOL, PL/I
 - ユーティリティ, アセンブラ
- アプリケーション

工場のシステム と OS (オペレーティングシステム) の対比

・集中型の問題点

(各機械を自由に配置出来ない。流れ作業に適合しにくい。
保安上問題が多い。

工作機械では 1900年ごろから 工作機1台ずつに専用のモーターが付き 1920年ごろからは モーターが1個の部品として設計され 1台の工作機に何台ものモーターが使用されるようになった。

現在ではモーターは 普通の部品と同様に扱われる様になっており 他の部品に比較して特別高いという意識はなくなって来ている。

・コンピュータにおける今後の動向

1) CPUのコストは極端に下って ひとつの部品として考えられるようになる。CPUは他の部品と同列に扱える。稼働率はあまり気にしなくてもよいし 都合のよいところに好きなだけのCPUが使える。

・カードリーダー/ラインプリンタ/ディスクコントローラ の価格はあまり下る見込みはないので 追いついてくる。

・現在でも入出力装置が一寸遊んでいても気にならない。

2) CPU能力の derating の思想の導入

自動車はただ走るだけなら30Hpもあれば良いものを100Hpくらいのエンジンが付いている。これは運転性能の良さ(加速 etc) や調子が落ちてきたときのマージン等のために必要である。コンピュータについてももし必要とされる能力の3~10倍くらいのCPUの能力を持っていれば運用の自由もきくし障害時でもあわてなくてすむ。

現在では ほとんどぎりぎりで使用しているので 一寸したトラブルもシステム全体に ひびいてくることになる。電子部品でも信頼度を確保するためには derating の考え方が使われている。物理現象はもともと自由にコントロール出来ないのだから 或る程度コントロールしてそれに余裕を充分持たせている。この様にしておくと予期できない事が発生しても この余裕で救うことが出来る。そういう意味で 現在のコンピュータはCPU能力を使いすぎであり 保守もうまく出来ないし機械のいたみもひどいということになる。

また コンピュータシステムの考え方は 本来論理的な観点から出ているので 不確定なものは本来無いものだ という考え方が支配的であるが 論理の世界にも不確定性原理をとり入れた方がよい。

測定誤差×測定時間=一定 なら
残存システムバグ×デバグ時間=一定

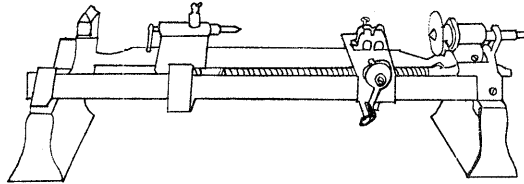
すなわち 大きなシステムが完全に枯れるのは時間がかかる。だからデバグ時間の限度を考え 若干のバグが有っても使えるように考えてゆくことが必要である。

5. 工作機械の発展

工作機械の発展をもたらしたものとして次の4つがあげられる。⁽²⁾

- ・正確なねじ山 → 命令の step による組立て
- ・真平面 → 論理の不変性
- ・精密測定法 → ?
- ・工具の剛性 → ハードの信頼度

工作機械は平面上にとりつけられたねじの上に工具が付いており、ねじの回転数で正確に寸法を出しながら、すり減らない工具で加工してゆけば正確な製品が出来る。精密測定法でその寸法を設計図通りかどうか調べる。



モズレイの1797年ごろのねじ切り旋盤

電子計算機の世界では処理する対象が情報であるから、真平面、正確なねじ山、工具の剛性は現状でもかなりの程度は満たされているのではないかと思えるが、工作機械の精密測定法に対応する部分が電子計算機では未発達のようなものである。

工作機械で加工する時は設計図面で加工すべきものが正確に書かれ、またそれを検査するための測定法が必要であった。

1770年ごろでは内径28インチの蒸気シリンダーを作って半インチのくるいがあったが、1830年代には1/16インチの精度で組み立てられるようになった。1850年代にはアメリカ標準局で1インチが正確に定められた。(それまではアメリカ中でいろいろ違った1インチがあった)

そして容易に正確に測定ができるマイクロメータ、限界ゲージ、ゲージブロックの様な測定器が開発された。

コンピュータシステムの世界では設計図に当るものがあまり明確でなく、記述方法や測定方法、評価方法が未発達であり、何を作りたいのか、どうであればよいのかについて強かに開発して行かねばいけないようである。

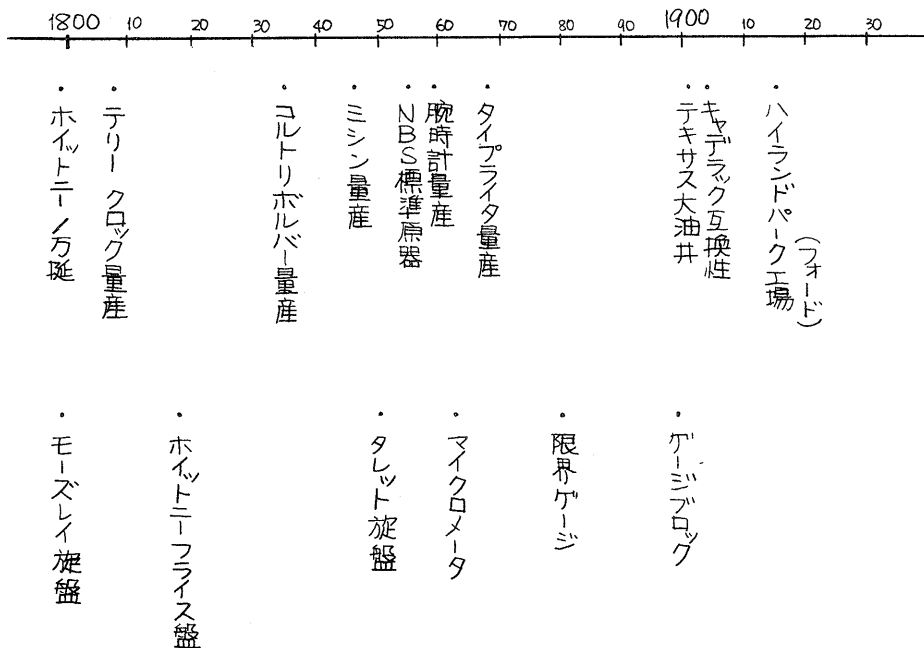
図面がない	作るものがはっきりしない	記述方法の確立
測定器がない	どんなものができたのか はっきりしない	検査方法の確立
評価基準がない	これでよいのか悪いのか はっきりしない	評価法の確立

工作機械に関連して 工業製品の大切な物の考え方として 互換性 (interchangeability) による製造法がある。これは 機械の部品が部品どうし互に他のものと交換可能なように一定の許容誤差の範囲内で一定寸法を持つようにして手あたりしだいに選んだ 一組の部品を組み立てれば完成品が出来るという製造法である。(コンピュータでいう互換性—compatibility—とは違う。 compatibility は両立性という昔からある言葉の方がよい様である。)

1798年ホイットニーが3年間で1万挺のマスケット銃を単から受注した時 工作機械工具を1年かかって作った。 2年たっても全然納入されないのが問題になりかけた時 10挺分の部品を机の上につみ上げ 目の前で10挺の銃に組み立ててみせて 皆を驚かせたそうである。

それまでは 組み立てる時に部品をけずったりして 1挺ずつ組み立てていたのであり 組み立ては大変な工数がかかるし 銃が故障しても簡単には部品の交換が出来なかった。 1811年になってもイギリスでは 20万挺ものマスケット銃が むさむさ修理できないため放置してあったということである。

コンピュータシステムに於いては システムごとの開発が大変であり また現在でもメンテナンスにかかる工数は増える一方で お先真暗といった感じであるので 何とか外部インタフェースを正確に定義して サブシステム/モジュール レベルで部品化を計るとか工夫はないものだろうか。



6. 労働力不足

産業革命は19世紀イギリスから始まり ヨーロッパに及び 後半にはアメリカで近代産業として花開いた。

イギリスの行き方⁽²⁾ (今までになかったものを考える)

手工業、家内工業が残存するなかで 綿紡績や製鉄など一部を基盤としながら徐々に拡大した。

関心は省カ化より 今までになかったものを作る方向に向いていた。

アメリカの行き方 (省カ化)

中世以来のギルドの伝統がなく 市場の拡大に応じて物資を供給するためには 機械制工場生産が必要であった。

1854年にはアメリカだけが ドア、家具、くつ、すき、くわ、くぎ、ボルトナット、ビスケット、カギ、時計、小銃などが機械制工場生産であった。

アメリカへの大量移民は農業に従事するので 市場拡大になるだけだった。

慢性労働力不足 熟練工不足

→ 省カ化 互換性製造方式の発達

1851年 ロンドン大博覧会(オ1回万博)において アメリカの小銃の量産方式が認識され 全面的にイギリスに 技術導入された。1880年イギリスでは アメリカより輸入された特別に設計された150台もの機械を用いて 手先きの器用さをやめて 未熟練工により大量の兵器を安く作ることが出来るようになった。

ソフトウェア作成方法については 現在もあまり良い見通しが無い。しかし 人の少なかったアメリカでの省カ化を見るにつけコンピュータ分野でもプログラマーの不足が 省カ化の大きな原動力として 期待出来るであろう。プログラマーが容易に得られる間は それがあだになって 省カ化に向かわないと推論出来るさうだし 思い当たるふしも多い。

別の意味で古代の奴隷制の意味を考えると興味深い。⁽³⁾

奴隷 — かりうじて生きてゆけるだけのもの以外は全部王様に取り上げられる。生産性を上げる動機はなく むしろ増やすとかえってあとで困る。

王様 — どうしたら生産性が上がるか 自分では知らない。

奴隷が集められなくなってきた はじめて牛馬を使ったり水力，風力を使って機械を使用する技術が 発達して来た。
人間がたくさん居るのは どうも良くないシグナルである様だ。

ここで大量生産工場として有名な フォードの自動車の流れ作業システムについて考えたい。これは人間のやらなければならない事と機械で出来ることとを分けた 最も進んだ分業形態である。コンピュータへの対応については現状とのギャップがあまりにも大きいが ソフトウェア工学の分業の考え方として とり入れるべきであろう。

それまで： 熟練工がみづから仕事の段取りを工夫し 一人で多くの種類の仕事をこなした。
大量生産工場： 仕事はあらかじめ定められ 極端に分割される。

- ・単純な作業の反復。
- ・不熟練工が中心。
- ・作業のやり方は 画一的に決められる。
- ・個々の労働者は 全体のごく一部分しか関与しない。

原則

- * 工場中に製品を計画的に順序よく連続的に進めてゆく。
- * 機械工のところに仕事を組織的に供給する。
- * すべての作業を分析して構成要素に分解し 適切な労働者と機械の分業を作り出す。

フォード ハイランド パーク工場の 実験 (1913)

マグネット組立	ロット生産	20分
	コンベヤーシステム	5分

シヤーシー組立	従来の方法	14時間
	コンベヤーシステム	1時間半

モデルT型フォード	1909年	1台	950ドル	1万台/年
	1916年	1台	360ドル	53万台/年

フォードは工場を公開したので 他社にも流れ作業システムは すぐ採用された。

7. まとめ

コンピュータは人間が作り出した道具のうちでは 今までの道具と違って いる部分が多く 従来のやり方の延長でとらえる事はむずかしい。

しかし現状では 良い競争相手にもめぐまれません 物の考え方も自分中心で まだまだ幼い産業であるように感ずる。 ユーザ団体からの素朴な要求に対しても 耳を貸す準備が出来ているとは言い難い。

一方ハードウェアのテクノロジーは かなりのレベルに達し CPUの低コスト化, メモリ/ファイルの低コスト化等条件がそろって来ており ところで得られたゲインを何にふり向けるかが 今後の問題になる。 しかし昔のハードウェアが高価であった時のイメージが 容易に捨てきれず ハードウェアの適切な使い方が出来ないでいる。

CPUに関しては ミニコンやマイコンの出現により 今までの慣習にとらわれないアプローチが始まっている。 また 大型システムにも強い影響を与えつつあり もっと上手に使う方向に向うだろう。

しかし前途がはっきりしないのは 工作機械や互換性(interchangeability)による製造去や流れ作業システムに対応する部分である。

現在のコンピュータシステムの作成は あまりにも自由度がありすぎ 正確に規定もされておらず 作成者にもいたずらにその創造性を要求している。

人間が関与している系に於いては 人間の習慣 の強さが わざわいとなって その変化がゆっくりしており 今後どのように対応してゆくかが 大きな課題である。

「問題点が解決されない限り 1980-85年の情報処理産業の発展は 制限されそうだし もっと大変なことには ユーザの要求に答えられなくなりそうだ」ということである⁽¹⁾ という警告を まじめに受けとめる必要がある。

8. 謝辞

いつも御指導いただいている開発事業部 山田部長, 方式部 井上部長 および 討論いただいた杉本氏に 深謝いたします。

参考文献

- (1) T.A.Dolotta 他 : Data Processing in 1980-1985 Wiley-Interscience (1976)
- (2) 内田星美 : 産業技術史入門 日本経済新聞社 (1974)
- (3) S.リリー : 人類と機械の歴史 岩波書店 (1968)
伊藤新一 他訳