

研究ノート

メンテナンスの読書ノート

齊藤了文

Memorandum on reading "maintenance"

Norifumi SAITO

Abstract

In this paper I explain some aspects of reading maintenance. The points discussed are complexity, individualization, heritage of engineering knowledge, and dynamic maintenance.

Key words: maintenance, accidents, complex system

抄 録

ここでは、メンテナンスに関わる資料を幾つか引用し、整理する。その上でできるだけ統一的な仕方、社会科学的、哲学的な問題領域を提示することを試みる。

システムの一生のうちで生誕の問題に現代は注目されている。また、廃棄も問題にされている。人工物を使い続けるということは、実は中心の問題であるはずだが、日常的で特に注目されていない。この営みを取り上げる。

キーワード：メンテナンス、事故、複雑なシステム

目 次

1. メンテナンスと複雑なシステム
2. 産業事故
3. 都市基盤・原発・船舶
4. 情報システム
5. 環境対策技術
6. メンテナンスを行う組織
7. 組織のメンテナンス
8. メンテナンスの考え方
9. まとめ

1. メンテナンスと複雑なシステム

メンテナンスの基本は次の3つがあげられる。

- ① 診断・検査
- ② 保全・修理
- ③ 更新・取替え

メンテナンスの中心と見なされるのは、②保全・修理である。しかしこれだけでは、事故やトラブルがあった場合に後追いで行うことと同じである。それなら、何が起こるかわかっていないと、行き当たりばったりになってしまう。メンテナンスの最初のイメージはこれだった。経験的にすぎず、特に面白い仕事だとも思えない。

「壊れたものを直す」これが狭義のメンテナンスであり、発生主義あるいは随時修理主義のメンテナンスと呼べるものである。家電製品や家屋などの多くは、現在もこの方法でメンテナンスをしていると見てよいであろう¹⁾。」

つまり、人工物は長期間存在し、時間的存在であるために劣化し、変化する。そのような人工物を使っていこうとすると、まず、①診断・検査が重要になる。人間でも定期健康診断をやるのと同じである。問題点を探って、そこを良くしようというのが基本だ。工学的な言い方では、劣化の進み具合の把握をすることがまず必要となる。

もちろん、人間でも腫瘍がどうなっているかは、手術して開いてみるまでは本当のことが分からないことも多い。しかし、それでは身体に対して負担が大きい。だから、CTスキャンのような非侵襲的な手段が求められる。工学的な言葉で言えば、非破壊検査である。

1) p.39『鉄道とメンテナンス』(山之内秀一郎編 交通新聞社)

このような、診断、検査が、扱おうとしている複雑なシステムに対してはまず必要になる。その上で、どのように予防をすればいいかを考え出さなければならない。

事故やトラブルが起ってからでは、その修理のコストは、修理している間は必要な機能が使えないという時間的遅れなども生じて大きなものとなる。鉄道やコンピュータの故障はその典型である。だとすると、できるだけ予防ができる方が望ましい。自動車でもエンジンオイルの補充をすることも、エンジンが焼きつくのに比べるとそれにかかるコストは大違いである。

問題は、この診断や検査が複雑なシステムでは難しいというところにある。原発でも、東電のトラブル隠しがあった後、シュラウドのクラックの長さを測る非破壊検査の信頼性が高くなかったのが、原発が長期間止まる事になり、2003年の夏には関東で大規模停電が心配されるような事態にまでなった。もともと、非破壊検査は、いわば逆問題とも言われる問題であって²⁾、数学的に一般的な解が得られないことは分かっている。にもかかわらず、診断や検査をしなければならない。診断は根本的な複雑さと直面する。

修理すべき機械が複雑なら、専門家にまかせるしかない。しかも、経験や知識の積み重ねがなければいけないために、機械化などの手段がとりにくく、人間に任せるしかなく、3Kと言われる職場になってしまう。保線をする人が一つの典型である。

メンテナンスに適した人は、差し当たり経験を積んだ職人、技術者だ。素人は分からない。どこに傷があるか分からない。その傷の意味も分からない。これは、熟練した医者ならレントゲン写真を見て肺ガンが分かるのに、医学生にはなかなか見分けがつかないのに似ている。また、メンテナンスは個別性の大きい、複雑なものを扱っている。庭の松の手入れは腕のいい植木職人でないと難しい。状態を見極めた上で、どう対処するかが難しい。都市基盤のメンテナンスにも同じ問題がある。個別的で複雑なものの扱いは熟練者に任されてきた。

また、診断のあとの②保全や修理という対処にも、一般的な予測の難しさに加えて経年機の個性を扱うという複雑さの問題が含まれている。（人間の老化では人によってどこに悪い部分が出るかが違うこともあり、対処は難しい。）診断によって初期値は明らかになるかもしれない。しかし、ここにどのような法則が関係するかを発見するのは簡単ではない。もちろん、成熟した分野ならある程度は見通しがつく。ただ、初期値と法則が分かっても、非線形の法則だったりすると、そこから将来を予測することが難しいのは、天気の数値予報の難しさと同じである。

2) 拙論「逆問題と認識論」pp.34-37『数学セミナー』2001.2

複雑なシステムの内部状態の確定と、複雑なシステムの振る舞いの将来予測は、実際上非常に難しい課題である。これらの情報を精緻に集めるにはコストもかかり、実際上誰も持っていないことが重要な問題となる。(これは、企業や行政が情報を囲い込んで見えなくしているという問題とは違っている。)例えば、鉄道の線路に関しては、長いために人間がすべてくまなく検査することは実際上不可能という問題がある。これは、飛行機の機体の隅々まで毎日検査できないのと同じことだ。だから、人的資源、時間的資源をうまく使うために、重点領域を決めて、検査をする。

寿命がある程度予測できる磨耗や潤滑油の減少に関しては、予測を行い定期的に検査をすることで対処できる。それに対して、エレクトロニクスに関しては、故障を事前に予想することが難しいという問題を含んでいる。その場合には、常にモニターして管理をしたり、信頼性分析をすることによって対処している。

以上は、予測し評価する問題に関わる。その後、修理するという「行動」によって生じる問題もある。

メンテナンスにおいて点検したり交換したりすることも人間の手で行い、限られた時間、資源の下で行うことによって、それなりのリスクが生じた。(クラックをなくすために溶接すると、それによって周りの材料が劣化することもある。)飛行機では、修理ミスによって大きな事故が起こることもあった。つまり、飛行機では安全率が小さいために、小さな問題が大きな事故につながる。

また、診断や検査の後、部品の③取替が行われる。プレハブ方式は、現場での施工不良を防ぐことができる。工場の中では、品質管理がやりやすい。コピー機のカートリッジ交換と同じ考えである。

航空機のメンテナンスに関して、次のようなことが言われている。

「ディスクがエンジンに取りつけられたあとは、航空会社が点検をします。事故機のディスクは、ユナイテッド航空が760飛行回数に1回の割合で点検していました。NTSBは、目に見える亀裂があったのに、点検時に発見されなかった、と結論づけています。これはディスクの検査方法にも問題があるし、巨大なディスクを使うことの難しさもあります。その他にも、ファン・ブレードが差し込んであるディスクのリム(外周部)が回転するときに、表面が乱反射するという問題があります。点検時にこうした反射が傷のように見えることがあり、それを一つひとつチェックしなければならないので、ディスクのリムをチェックするだけで、かなり時間を喰ってしまいます。今回のような欠陥は、内部にできていたのだから、本当は内部をよく点検しなければいけないのです。また、点検を何

度も繰り返すというのも問題で、その度に何らかの欠陥が見逃される可能性が出てきます。

NTSBが一つ期待しているのは、こうした点検の回数を減らそうということです。その代わりに新しい部品と交換するのです。点検だと人的要因の絡んだ問題がいつも出てきます。点検者は十分に睡眠をとったのか、証明は十分されていたのかなどという問題です。言いだすときりがありません。正直言って、リベットの列を全部チェックしていったり、ファン・ディスクに亀裂がないかを1平方インチごとに調べるといのは、恐ろしく手間のかかる作業ですよ³⁾。」

まず、取り替えるということは部品の代替可能性を前提している。古いアメリカンシステムは、代替可能性がポイントだった。また、最近では電子部品が使われることも多くなり、その場合には一定のモジュールをすべて交換することが行われる。これによって、機械のメンテナンスの場合には詳細な機能の把握が行なわれてきたが、ブラックボックス化が進むことにもなってきた。

まとめると、①メンテナンスにおける診断、保全、更新のどの段階においても複雑性がポイントとなっており、②経年化した人工物の個性もあって（自動車でも使っている人の「くせ」がつく）、メンテナンスには一般理論より個別的技術が大きな位置を占めることが分かる。このため同じ人工物に同じ人や組織が長くつきあうということは、飛行機でも行われ、また橋守というシステムも提案されている。

2. 産業事故

2003年9月3日新日本製鉄名古屋製鉄所コークス炉でガスホルダーが爆発。2003年9月8日ブリジストン栃木工場でゴム練り工程から出火、火災が発生。2003年9月26日、十勝沖地震の影響で出光興産北海道製油所の原油タンクから火の手が上がった。このように生産現場を脅かす大災害がこのところ多発している。

経済産業省は産業事故対応会議を設置し、その結果が「産業事故災害防止対策関係省庁連絡会議中間とりまとめについて⁴⁾」として2003年12月15日に発表された。

近年、産業事故は増加傾向にある。

総務省消防庁の調査によると、危険物施設の火災・漏洩事故は平成6年（火災・漏洩事故件数：287件）頃を境に増加傾向に転じ、平成12年に過去最多の

3) p.188-190『ブラック・ボックス』ニコラス・フェイス 原書房

4) <http://www.jisha.or.jp/topics/040106/>

511件を記録した。その後もほぼ横ばいの状況である。特に石油コンビナート区域内で発生した危険物施設の事故件数の推移を見ると、平成3年の32件から平成14年には68件となり、顕著な増加傾向を示している。

厚生労働省の調査によると、労働災害による死亡者数は長期的には減少傾向にあるものの平成15年は10月末日現在で1,225人と前年同期の1,211人から増加に転じ、特に爆発・火災によるものが35人と、前年同期の8人に比べ、大幅に増加している。また、一度に3人以上の労働者が死傷する重大災害（交通事故を除く。）は、発生件数が71件から88件へ、死亡者数が29件から34件へと増加しており、中でも爆発・火災によるものは発生件数が14件から25件へ、死亡者数が3人から25人と、前年より大幅に増加している。

経済産業省の調査によると、電気事業及びガス事業に係る事故件数はほぼ横ばいで推移しているが、高圧ガス災害については平成10年（89件）から一貫して増加傾向にあり、平成14年は137件と、過去最高の件数となっている。

このように、分野ごとに多少の差異は見られるものの、産業事故は幅広い分野において近年増加傾向にあり、関係機関等の中で連携して、迅速・的確に対策を講ずることが必要な状況となっている。

以上が、「中間とりまとめ」に載っている産業事故の増加傾向である。そして、関係団体にヒヤリングを行い、産業災害防止上の論点を次のように述べている。まず、経営トップの取組みがうまく行われていないという点がある。次に、安全確保に関する体制がうまく作られていないという点がある。これは、保安関係の業務がアウトソーシングされていることに由来している。第三に、危険性の洗い出しをやっていない場合がある。業界内で事故情報や優良企業の事例等を共有することがやられていないことがあった。

しかも、個別の問題として、次のような点がさらに指摘されている。

○近年の新規採用人員の絞り込み等により、製造現場での安全確保に関する技能伝承が確実に行われなくなり、一方で事故防止対策を自らの体験等に基づき実践してきたベテラン労働者が退職の時期を迎えていること等から、安全確保に必要な知識・技能の取得レベルが相対的に低下しているおそれがあること。

○事故が多発していた昭和40年代からみると事故災害の発生件数が減少し、危険を直接経験することが相対的に少なくなった結果、若年労働者等を中心に、個々の従業員の危険に対する感受性が低下し、安全手順無視の事例が見られること。？

○自動化・省力化の進展等に伴って定常作業がブラックボックス化し、製造現場の従業員が現場作業に接する機会が少なくなっており、工事等の非定常作業の熟度が落ちているおそれがあること。特に、下請け業務の増加と相まって、非定常作業中の事故が多くなっていること。

○設備の維持管理について、科学的な裏付けによらない経験則的な合理化の積み重ねにより、安全確保に係る許容範囲を逸脱し、安全性が損なわれることが懸念されること。

○大規模・複雑な施設では、その位置、髓設備等の状況から、人的手段により火災等の早期覚知、初期消火等を行うことが困難な場合が多く、災害発生時に被害が拡大する事例が散見されること。

つまり、安全に関わる知識や情報の伝承がうまくいっていないという指摘である。これは、災害が減ったためにかえって非定常状態が生じたときの備えがおろそかになってしまったということも含んでいる。

2002年の製造業従業者数は約1222万人で、ピーク時の1992年の約1569万人と比べて、10年で20%以上減少している。製造業全体で設備の維持補修投資額はここ10年ぐらいは1兆から1兆4000億円程度である程度安定している。ただ、設備年齢は2001年の米国の平均設備年齢が7.9年であるのに対して、同年の日本は12.0年と約4年の差がある⁵⁾。

『日経ビジネス』において、現場力は落ちているかというアンケートを工場長227人に行ったところ、「落ちている」と答えた人は54.2%で、「落ちていない」は40.1%だった⁶⁾。

維持管理がおろそかになったために、産業事故が増加したという単純な因果関係があるのではないが、メンテナンスがらみの問題に焦点を当てる時代になってきたのかもしれない。

3. 都市基盤・原発・船舶

America in Ruins: the Decaying Infrastructure『荒廃するアメリカ』（Duke University 1983）において、アメリカで道路舗装の損傷が大きくクローズアップされ、80億ドルもかけて、舗装の供用性を高めるための研究が行われることになった。

ここでの提示されている一つのポイントは、減価償却方式の問題だ。「伝統的に使われ

5) この段落の情報は、「D&M特集 崩れゆく生産現場」D&M 2004.2 no.593, p.77f. による。

6) 『日経ビジネス』2004年3月8日号p.31

てきた投資の減価償却方式は必ずしも、公共事業の価値を正確に計算する方法とは限らない。たとえば施設の中には、鑄鉄製水道本管などのように100年あるいはそれ以上にもわたって十分機能を果たすことができるものもあるし、現に多くの都市でそのような例がたくさんみられる。つまりこうした場合、施設への投資の価値がゼロになったと仮に計算したとしても、実際には依然価値がある国民や地域の資産でありつづけるのである⁷⁾。」

アメリカでの最近のニューヨークの停電や一昔前に橋の保守管理をやらなかったことによる橋の崩壊などは、大きな問題であった。このような問題をどのように解決するのか。

まず、都市基盤の維持更新費用の見積を概観しよう。

「高齢者対策と並んで今後、深刻になるのは、これまで整備した都市施設をどう維持するかだ。

大阪市の場合、下水道管の48%が1965年度以前に埋没されている。管の寿命は約50年。単純計算では、2015年度までに半数が耐用年数を超えることになる。施設の維持更新費用は、学校の校舎や道路にも及び、爆発的に増える。

東京はそれ以上だ。都の推計では、都が管理する道路、橋、上下水道、都営地下鉄、都営住宅の老朽化に伴う維持更新費は、2030年度までに総額44兆円にのぼる。ピークは2022年から26年の5年間。そのころには都の投資経費の70%以上を充てなければならない計算だ。

東京の都市施設の多くが人口急増の高度成長期に集中整備された。二十三区の下水道管の51%が1966年からの20年間にできている。再び集中投資しなければならない時が、人口減少が本格化する時代と重なる。

東京も大阪も、増える大都市のコストを賄えるだけの収入を確保できるだろうか。人口減は、経済活動の規模を縮め、都市から生まれる税金を細らせる可能性がある。このままでは、大都市財政の危機はさらに深刻化する⁸⁾。」

ワシントンの水道管については、「1972年に配水本管の35%が、取り替えや清掃や補強を必要としていた。これが1980年になると、なんとこれら配水本管の50%以上が取り替えを必要とする状況にまでなったのである⁹⁾。」ただ、この問題は、水道事業が一般財源でまかなわれているためであって、利用者負担という方法ではもっとましになるとも言われている。

7) p.44 『荒廃するアメリカ』 Pat Choate & Susan Walter 訳 社会資本研究会

8) 読売新聞2003.12.14 「人口減社会」

9) p.92 『荒廃するアメリカ』

「わが国では、高度経済成長期に多くの道路構造物が建設されてきた。橋梁とトンネルとに限れば、それらの全数の約40%と約25%がこの期間に建設された。その結果、建設後50年以上の橋梁は10年後に現在の約4倍、20年後に約17倍に達する。またトンネルは10年後に現在の約3倍、20年後に約12倍に達する。

国が直轄で管理する道路に含まれる橋梁は、今日、約19,000橋に上る。これらの更新はピーク時に年間800橋にもなるといわれる。過去に行われた架け替えの実績や単価を参考にすれば、年間に約5,600億円の費用を要する。これは、直轄国道の維持・修繕にかかっている現予算の約2.6倍に相当する¹⁰⁾。」

将来の必要性は確実に予測されるにもかかわらず、将来を見据えたメンテナンス問題の対処はまだまだ遅れている。

「これまでのわが国における道路整備は、周知のとおり、主として新規の道路建設には力点がおかれてきた。その結果、道路の維持管理費は、対前年度比を一つの目安に予算化されてきた。このことは、道路整備事業のなかの維持管理業務が将来を見通した長期的視点に立って戦略的に計画されてこなかったことを意味する。たとえば、道路構造物の欠陥は日常の点検業務で発見されるが、その修復は劣化が顕著な箇所を重点的に対症療法的になされたにすぎない。その結果、点検要領の作成、点検結果のデータベース化、維持管理技術の開発などは個々に行われ、統一的な枠組みや総合的マネジメントの仕組みは考えられてこなかった¹¹⁾。」

また鉄道鋼橋を取り上げても、メンテナンスが重要であることがわかる。

「戦後の1947（昭和22）年から1948（昭和23）年に実施した鋼橋の実態調査では、全鋼橋60万トンの約15%に当たる9.2万トンが、耐久性に問題のある弱小桁であった。さらに、これらの弱小桁の約30%が、ほぼ5年以内に取替えられた。こうして、戦争中のようにまったく保守改良されないと、鋼橋の耐久性は極端に悪化することが実証された。さらに、鋼橋は比較的簡単に補修・補強でき、補修・補強が延命化の大きな手段であることも物語っている¹²⁾。」

「昭和初期や第二次世界大戦の弱小桁に対する溶接補強の実施が、溶接構造への転換を促す大きなきっかけを与えた。溶接構造での最大の研究テーマは品質であり、よい品質の確

10) p.35 「道路構造物の新しい維持管理手法 “アセットマネジメント”」 堂垣正博、藤井久矢、山口高広、中藪勲、原田潤【技苑】第116号（2003）

11) p.35 「道路構造物の新しい維持管理手法 “アセットマネジメント”」

12) p.178 「鉄道土木構造物の耐久性」 仁杉巖監修 山海堂（2002）

保のために、溶接性に優れた鋼材や溶接棒の開発のみならず、技量の高い溶接工の養成、非破壊検査などにも精力的に取り組んでいる。このことは荷重条件の厳しい鉄道鋼橋の耐久性保持に大きく寄与している¹³⁾。]

「鋼橋の耐久性に影響を与える因子は、欠食を生じるような腐食や疲労以外に、高力ボルトの遅れ破壊、ピンやシューの磨耗、火災、架道橋で発生する自動車などによる衝突、水害や地震などの自然災害による損傷がある。

耐久性を評価するには、点検・調査によって損傷部の損傷度評価を実施して判断する必要がある。その結果、あるレベル以下の低い評価が与えられれば、補修または補強を実施することになる。鋼橋の大きな特徴は、比較的簡単な補修または補強によって、もともとあった耐久性に復元が可能である点である¹⁴⁾。]

また、鋼橋以外にもコンクリートにおける技術的研究も進める必要がある。

「小樽の百年のコンクリートや横浜の築港コンクリートなどのように100年を超える期間を経てもなお健全な様相を保つコンクリートが存在する。しかし、新幹線のトンネル剥落事故のような施工欠陥、あるいは過酷環境によってコンクリートの耐久性の低下が問題になっているケースもある。

コンクリートの代表的な劣化メカニズムをみると、塩害：塩化物イオンの侵入、中性化：炭酸ガスの浸透、乾燥収縮：水分の移動、溶出：カルシウムイオンが溶け出す、化学的劣化：酸などの侵入、などのように物質の移動に伴う現象であることがわかる。つまり、劣化進行状況の評価を行うためには、この劣化因子の移動現象を把握することが重要になる。

従来の物質移動評価手法には、理論式や経験式による評価とがあったが、簡易的な式や既往の材料を対象としたものが多いため、複合劣化や新材料の評価、あるいは補修効果の評価など詳細な検討については困難な面があった。コンクリート構造物の維持管理においては、劣化速度の評価、最適補修時期の選定、余寿命算出などが重要であり、これらの評価を行うためには、詳細な評価手法が望まれていた¹⁵⁾。]

原子力発電

「1970年から1972年にかけて運転を開始した初期の原子力発電所は、運転開始から既に

13) p.178 『鉄道土木構造物の耐久性』

14) p.155 『鉄道土木構造物の耐久性』仁杉巖監修 山海堂(2002)

15) p.98 鹿島技術研究所「コンクリート劣化の解析・予測システムを開発」『メンテナンス』2003、Spring(季刊 No.17, 通巻236号)

30年が経過しており、国内では4基が30年を超えて運転している。

さらに今後5年間で国内の13基が30年を超えて運転することになる¹⁶⁾。」

「一般に原子力発電所の機器数は30,000以上あるといわれる。このような機器の大部分が補修や取替が可能であり、適切な保全を実施することにより、恒久的な設備健全性の確保が可能である。

問題は、補修や取替の困難な機器がどれくらい存在するか、それらの機器のどの部分に経年変化のモードがあるか、このような経年変化のモードを把握し、必要な場合補修や取替を可能とするような技術開発が可能か、といった技術的課題の解決ができるかどうかである¹⁷⁾。」

船 舶

人工物を使っていくということにはメンテナンスをすることも含んでいる。特に、航海中の船など、大洋に浮かんで外部からの援助が受け難いものがそうである。その意味で、船舶においては古くから以下のようにメンテナンスが位置づけられてきている。

機関士は「火夫や石炭夫の仕事が絶え間ないものだったと同様、四六時中、機関を管理していなければならなかったのである。そしてその機関が破損した場合には、利用できる限られた手段で、彼らが船上で補修しなければならなかった。工作機械は無く、あるのは基本的にはスパナ、ハンマー、たがね、そして良く備わっている船でハンドドリル、など、手動の道具だけであった。

船の安全と乗っている人たちの命は、機関スタッフたちがいかに主機関を回転させ続けられるか、あるいは万一故障したときにいかに再び動くようにできるか、その彼らの技術にしばしば委ねられた。この厳しい北大西洋の水域は、特に冬場には、船が漂ってなどいようなものなら、飲み込んでしまおうとしていたのである。帆装はまだ当時の船には取り付けられていたが、多くの場合、ほとんど推進の手段にはならなかった。特に、日ごろ使っていないために水夫や甲板部士官たちがそれを扱う技術に未熟だったし、その機能に不案内でもあったからである。蒸気推進の商船が増えてきたことと、機関士に与えられる責任が高度になってきたことにより、英国では1862年の商業海運法 (Merchant Shipping Act) で、100公称馬力以上の外航蒸気船には資格を持った2人の機関士、すなわち一等機関士ひとりと二等機関士ひとりを、乗せることが義務づけられている。資格を認められた専門

16) p. 70「原子力発電所の高経年化対策について」松村洋『メンテナンス』2003、Spring(季刊No. 17、通巻236号)

17) ibid.

職としての船舶機関士の時代がやって来ていたのである¹⁸⁾。]

船は大洋で推進機関が故障すると（無線機のない時代は）大変だった。したがって、19世紀の終わりごろまでは蒸気機関の故障やスクリューの破損時のフェイル・セーフとして帆を備えていた。しかし、帆はだんだんと船員にとっても縁遠いものとなってきたために、機関のメンテナンスが航海の使命を決することになった。外からの助けがない状態で、人工物を動かし続けることは、命に関わることだった。宇宙船地球号での生き残りも同じ問題が存する。

さて、航海においても経年化に伴う個性がポイントになる。

「新造時の状態、航海歴、船齢ともほとんど同一の船であっても、経年劣化の程度が著しく異なることはよく経験することである。これが、保守管理の良否によるものであることは、身近な自動車の例からも推察できる。事実、最近になって、保守管理の悪さが主原因と考えられる一連の大型バルカーの重大事故が発生した。重大事故を起こしたものの多くが、Substandard 船と呼ばれる保守管理の劣悪な船であった。こうした事故を防ぎ、船を安全に長持ちさせるにはどうしたら良いのであろうか。常に船の健康状態を監視し、関連したデータを蓄積し、必要に応じて適切な処置が採れるようにしておくことが不可欠であり、これを可能にするのが、船の保守管理システムとも呼ぶべきものであろう¹⁹⁾。」

大規模な人工物を使っていく、運転する場合に、メンテナンスは基本的に重要である。形あるものは必ず壊れる。10年1日の如く人工物を使い続けると、思わぬトラブルに巻き込まれることになる。

4. 情報システム

情報システムも、開発、運用（保守）、再開発というようなライフサイクルを持っている。このライフサイクルの中では、システム開発は脚光を浴びる仕事だが、現実にはシステム保守が重要な意味を持ち、長期的にみるとコストもかかる。開発期間は平均的には2～3年ぐらいかかるが、保守期間は思ったよりも長く、一般的に10年間ぐらいは続くことになる²⁰⁾。

まず、情報システムのメンテナンス費用を概観しよう。

18) p.23『豪華客船スピード競争の物語』デニス・グリフィス 成山堂書店（1998）

19) p.1『船のメンテナンス技術（改訂版）』船のメンテナンス研究会 編著 成山堂書店（1999）

20) p.55『システム設計の考え方』上野淳三、広田直俊、白井伸児（株）ディー・アート（2003）

「1985年には、コンピュータ関連情報技術装置の購入費用は、サービス産業における設備投資の16%におよぶ4240億ドル。15年前は、これが6%だった。1991年時点で、情報機器への年間支払い額は1000億ドルを超える。そして設備投資は、氷山の一角にすぎない。箱が届いてから要する支出のおかげで、コストは少なくとも三倍にふくれあがる。ハードウェアの運用とメンテナンスは、本体の価格と同じくらいの費用がかかる。ソフト購入開発も、ほぼ同程度の費用を要する²¹⁾。」

多くの日本企業では、年間のIT予算の6～7割が既存システムの保守・運用費になっているのが実態だ²²⁾。

ただ、情報システムは機械のような人工物とは少し違っている。

「プログラムは、顧客用に配布されたからといって、変化が止まるものではない。配布後の変更はプログラムメンテナンスと呼ばれるが、その処理過程はハードウェアメンテナンスとは根本的に異なっている。

コンピュータシステムのハードウェアメンテナンスには三つの作業がある。劣化したコンポーネントの交換、クリーニングおよび注油、それにデザイン上の欠陥を修正するエンジニアリングチェンジである（すべてとは言えないが、ほとんどのエンジニアリングチェンジは、アーキテクチャの欠陥というより、むしろ実現もしくはインプリメンテーション段階の欠陥を修正するものだから、利用者の側から見えない）。

プログラムメンテナンスの場合、クリーニングや注油、劣化物の修理などは関係ない。主として、デザイン上の欠陥を修正する変更である。こうした変更には、ハードウェアよりもはるかに頻繁に機能追加が行われる。そして、それは通常利用者が見て分かるものである²³⁾。」

「アプリケーション・ソフトは、古くなったからといって腐ることはない。ほとんど場所も取らない。しかも、一度つくったシステムを廃棄するとなると、他のシステムにどのような影響が生じるかを細かく調べる必要がある。システム部門が「腐るわけなし、そんな手間をかけるくらいなら放っておこう」と、システムのビルド&ビルドを続けてきたのも不思議ではない²⁴⁾。」

「長年、追加開発を繰り返しながら同じものを使い続けるなか、いわゆるプログラムの

21) p.32 『そのコンピュータが使えない理由』Thomas K. Landauer アスキー出版局（1997）

22) 『日経コンピュータ』2002年10月7日号特集「不良IT資産を洗い出せ」

23) p.110f. 『人月の神話』フレデリック・P・ブルックス, Jr. アジソンウェスレイ（1996）

24) p.48 『日経コンピュータ』2004年2月9日号

スパゲティ化が進行している。その結果、ちょっとした機能を追加するために、その数倍の工数をかけて他のプログラムへの影響を調べなければならない、といった状況が起きている。こうした事態が起こると、システム部門は新規開発ではなく保守・運用に忙殺されることになる²⁵⁾。」

「プログラミングとは、コンピュータに事細かく具体的に指示を出すことですが、ただ漫然とプログラミングすると、コンピュータは正しく動いても、そのプログラムを見ても何を記述しているのかがよくわかりません。これでは他人がこのプログラムを保守することは、大変難しいし、作成者さえ時が経つとわからなくなってしまいます²⁶⁾。」

もちろん、「たとえ継ぎはぎだらけのシステムでも、長年利用しているうちに、障害が発生しにくい、いわゆる「枯れたシステム」になって、働いている例は多い。しかし、システムの内容に変更を加えると問題が生じる。欧米の先進的企業では、これらの組織間の取引も含めたチェックを、さらにモニタリングのレベルに高めて、ビジネスリスクの目標管理としてのパフォーマンス管理のダッシュボード（赤、黄、緑シグナルで、複雑な係数をグラフィカルに示すコンクピット）化等により環境変化へのタイムリーな対応がとられ始めている。

これらの課題を解決しうるのは、従来のがが国の強みである現場のマネジメントだけでは不可能であり、コーポレートガバナンスを担う関係者（ステークホルダー）の関与が不可欠である。なぜならば、各個別組織の最適化の考え方では、組織間をまたぐチェックやモニタリングは無駄な作業と映り、そのようなニーズ自体が生まれてこないからだ。また、実際に業務を信頼できる担当者が行っているときに、なぜ、わざわざ規定やガイドラインを作成し、その作業内容やコントロールの状況にかかわるルールを詳細に文書化する必要があるのかと疑問が呈せられることも多い²⁷⁾。」

情報システムにおいて、単にバグをとるだけでなく、新しい機能を追加することによって、今までのシステムを使い続けることが起こる。このような更新が情報システムでのメンテナンスを考える場合のポイントとなる。

「プログラムの棚卸しやデータベースの再構築と言った作業も、当然時間とコストがかかる。だがこうした作業は、システムそのものの効率化にはあまり関係がない。そのため、プロジェクトに予算を確保するのが難しいうえに、利用部門の協力が得にくい。再構築の

25) p.54『日経コンピュータ』2004年2月9日号

26) p.71『システム設計の考え方』

27) p.125『システムリスクに挑む』先端リスク研究会編（社）金融財政事情研究会（2003）

機会を利用すれば、こういった問題をある程度まで避けることができる²⁸⁾。]

「[保守・運用が大変]、[ブラックボックス化している]——。こういった問題を知りながら、企業は老朽化したプログラムをなかなか捨てることができない。最大の理由は、わずかとはいえシステムを使わざるを得ない理由があるからだ。

生命保険会社が運用するシステムは、その典型例である。生命保険の中には、契約が満了するまでに20年あるいは30年という商品が存在する。新規販売をやめたとしても、保険の契約者がいる限り、システムを停止させることはできない。そのため、生命保険のような商品を管理するシステムは、長期間にわたって運用せざるを得ない。

その極端な例が、日本生命が1975年に吸収した琉球生命のシステムである。当初は10万件を越す契約をこのシステムで管理していたが、最後の年には数十人の契約者しか残っていなかった。しかし生命保険商品は企業によって内容が微妙に違うため、商品を管理するシステムを一本化することができなかった。最終的に琉球生命の保険をシステムの利用をやめることができたのは、最後の契約者が契約満期を迎えた2003年6月を過ぎてからのことだった。

生保のように長期間にわたってシステムを運用していると、保守・運用に不備が起り、トラブルにつながることもある。昨年12月には、明治生命、安田生命、富国生命、朝日生命で10～25年以上にわたって運用してきたシステムの仕様に漏れや不具合があり、1000万～数億円単位で保険契約者に対する未払いがあることが判明した²⁹⁾。]

5. 環境対策技術

リサイクルをやって、今まで使われていた部品を使うことが行われている。たとえば、自動車の座席のモータを使って車椅子をつくることも行われている。

問題は、中古モータのキズを見つけにくいということや、設計の限界や制約が分かり難いということがある。このようなコストがあると、中古モータが安く手に入っても、コスト的に見合わないことがある。設計思想の確認が重要である。

もちろん、部品が標準化されていれば、ある程度は使いやすく、キズも見つけやすい。リユースにおいては、古いというだけの問題ではすまない。計測、選別することがまず重要である。それでも規格化、標準化されたものは使いやすい。

28) p.67『日経コンピュータ』2004年2月9日号

29) p.56『日経コンピュータ』2004年2月9日号

ものづくりは、純化することができる。つまり、純粋な扱いやすい材料を使って製品をつくるのが信頼性、安全性に大きな意味を持っている。できるだけ問題を含まない材料を使うことが求められる。逆に、半導体では表面での少量の不純物が大きな効果を発してきた。いわゆる純化は、品質管理の一つの基本である。

しかし、メンテナンスでは、現在あるシステムを使う必要がある。革命で全く変えてしまふのではなく、現在あるシステムを使いつつ、それをうまく動かす、そしてそれを改良することが求められる。これは、リサイクルの難しさと同じである。不純物をうまく取り除く方法があるか、さもなければ不純物を含んだまま質の良くないものをつくるか、という二者択一だったりする。

実際、ソフトウェアにおいても、それをリユースすることが難しいといわれている。これはプログラムが部品として使うには余りにも個性がありすぎることに由来している。情報システムそれ自身は、劣化といった素材の問題はない。にもかかわらず、リユースが容易ではない。

基本は、有用なものとそうでないものが混在していること、つまりエントロピーの増大である。これに対する対処はコストがかかる。

「1976年には10万2000トンだったダストの発生量が、89年には100万トン。10倍の増加です。その解決や回収を、メーカーサイドの人が担っていないところが問題。だから、豊島事件や廃車の野積み事件が起ってしまうのです。

また、行政も、部品・部材の高性能化、複合化についてはお金を注ぎ、育成してきた。FRP、タルク、樹脂、不分解の塗料など、同一車種に様々な材料が使われています。ところが、それを処理する逆の技術をまったく作り上げてこなかったのです³⁰⁾」

新開発は、いろいろやっている。それに対して、分解し、解体する技術はあまりやっていない。おそらく、他人がやった仕事の後始末はやりたくないのかもしれない。さらに、素材の面でも多様なものの混在を扱うのが難しいのかもしれない。

メルセデスのやり方と、そこに含まれているメッセージが次のように記されている。

「今までのシステムからすると、鉄屑やスクラップは商社が買い占める。それ以外は、解体業者などの静脈産業が担っている。メーカーは商社とは交渉しても、それ以外とは関わりたがらない。行政もまた監視と規制だけで、だれもが育成という価値観を持っていないんですね。

30) p.254「メルセデス・ベンツに乗るとのこと」赤池学・金谷年展 日経ビジネス人文庫(2000)

僕はこう思います。環境対策技術は、各メーカーが持っている。それを閉ざした系列のなかだけでやっていて、社会的に公開していない。社会化は利益につながらないという短絡的な視点しか持っていないんです。メルセデスは、そこが違う。環境技術が社会化され、現象になった方が、将来ノウハウをライセンスとして売る時にもメリットがある。技術と投資のグランドデザインが確立されているんですね。そういう長期的なスタンスで見ていくことが必要だと思うんです³¹⁾。]

「日本の場合、エコグッズという商品をアセンブリしているだけ。例えば、廃車についてもメーカーが無料回収を行ったとする。でも、単なる無料回収では、結果として価格に転嫁され、ユーザーの負担が増えるだけ。メルセデスは、この部分を産業にせよと言っているんだと思います³²⁾。」

「廃棄物をめぐる状況については、日本同様ドイツも深刻な事態を迎えています。旧西ドイツ地域だけを見ても、廃車台数は年間200万台に上ります。これらが解体され、破砕されてできるシュレッダーダストの量は50万トン。そのうち40万トンがスクラップ業者やシュレッダー業者によって処理され、廃棄物処分場に捨てられています。受動的安全性、低燃費実現のための車体の軽量化、室内の快適性を求める最近のモデルでは、プラスチック部分の比率が特に高まっています。必然的にシュレッダーダストの量は今後ますます増大していくでしょう。また、ダストに含まれる炭化水素やP C Bといった有害物質の問題もある。なかには、オイル類や他のサービス液、重金属が含まれていることもあり、土壌や大気を汚染する有害廃棄物でもあるのです。ブランデンベルク州のシェーンブルクには、かなり大きなゴミ処理場があります。その周辺では、メタンガスが発生したり、土壌温度の異常上昇や水質汚染が起きています。緑の党や地方自治体が、こうした処分場づくりに反対するのも当然です。結果、新しい処理場を作れず、こうした場所に捨て続けることになる。問題はますます拡大しているのです³³⁾。」

廃棄物の中にも有用な金属などは含まれている。ただ混在した中から有用なものを選別することは、多くのエネルギーやコストを必要とする。

自動車も含めて、廃棄物問題は既存不適格からはじめることになる。しかし、すべてを全くなしにして、新たに始めることはできない。既存不適格を意識しつつ、問題の解決に進まねばならない。

31) p.255 「メルセデス・ベンツに乗るということ」

32) p.256 「メルセデス・ベンツに乗るということ」

33) p.240f. 「メルセデス・ベンツに乗るということ」

6. メンテナンスを行う組織

雑誌『メンテナンス』の編集部が保全部活動についてアンケートを行った。その結果を紹介する。まず、保全部活動に満足できない理由は何であろうかという問いを立て、「貴社の保全部が抱えている問題は何だと思えますか」（複数可）という形で質問した。その結果出てきた問題ベスト3として「教育・研修・技能の継承」「忙しすぎる」「社内の評価・待遇」があった。

「設備保全部は、常時、自己啓発や技能の修練など学習・教育の必要に迫られている部署であることが特徴である。それがままならない保全部マンのいらだちが教育への不満として数字に見えるのではないだろうか³⁴⁾。」

この場合に、教育での問題点は何だと思えるかを尋ねると、講師や教材、外部セミナーがないことに問題を感じていることが分かる。しかし、「学習意欲がない」という意見も10%と保全部の雰囲気が見え隠れする。

さらに、「現場への負担しわ寄せが多い」「予算が毎年不足する」「時間がとり難い」「系統的に教育を行う時間的余裕がない」「人材がいない」「人員全体の高齢化」などの意見があった。すなわち、時間も無い、予算もない、人材もいない、の「3ない現象」が実情である³⁵⁾。」

システム保守の仕事は単に面倒な仕事ではない。

「1. システム効果の確認——次の開発へのフィードバック

SEはシステムを開発しても、システムを利用することはないので、自分が開発したシステムがどのように使われ、効果が上がっているのかどうかということや、問題点などをなかなか知ることができません。そのため、開発だけに従事し、結果のフィードバックがなければ、いつまでたっても本当にユーザ部門に役立つシステムを作ることができません。日常的にシステム保守に従事していれば、現場でシステムがどのように使われ、どこに問題があるかなど実態がよく理解でき、この経験を新しいシステム開発に従事する場合に、生かすことができるのです。

2. 優れたシステムの学習及び業務知識の吸収——次の開発への準備

他人が開発したシステムの保守を担当するのは、一般に気が進まないものですが、この場合、優れたシステム（画面設計やデータの更新方法など）を学習できます。逆に、どの

34) p.62f.「緊急アンケート 保全部2003年」編集部『メンテナンス』2003、Spring(季刊No.17、通巻236号)

35) p.62f.「緊急アンケート 保全部2003年」

ようなシステムがユーザからクレームが多いのかも知ることができます。

さらに、SEにとって、業務知識の吸収は欠くことができませんが、ユーザに説明を受けただけでは業務が現実にもどのように動いているかなどは、よくわかりません。ましてや、BR（ビジネスルール）やマニュアルなどを見ても十分には理解できないでしょう。システム保守を担当する過程でシステムや業務の内容を身体で会得できるのです³⁶⁾。」

「技術が変わると人間の作業も変わりますが、メンテナンスも実際の作業はなくならなくても、サポートする情報系や判断系が変わってくると思います。

昔の職人の勤を働かせるのは現在ではメンテナンスだけだと言われています。でも勤を働かせるバックグラウンドには40年も必要です。データベースは蓄積されたものが100年を超えているのです。人間の一生では見きれないものが蓄積されています。いままでの人間系がもっていたノウハウをデータにして長年蓄積していくことによって将来素晴らしい創造も可能になっていくかもしれません³⁷⁾。」

さて、人間同士のコミュニケーションを常に必要とする仕事は、管理が難しい。単純に分業の割り振りができず、たとえ分けてもその後のコミュニケーションや教育というフィードバックが必要になるために、効率がどの程度上がるか分からない。

「人と月とが交換可能になるのは、多くの作業の間でコミュニケーション（意思疎通）を図らなくても、仕事が分担できる場合だけである。これは小麦を刈り取るとか、綿を摘むとかいうことには当てはまるが、どうがんばってもシステムプログラム開発には当てはまらない³⁸⁾。」

「プロジェクトにn人の要員がいる場合、各二人のコミュニケーションについては、 $(n^2 - n) / 2$ 通りのインターフェースがあり、潜在的には、調整を必要とするグループの総数は約 2^n 通りとなる。組織の目的は、必要になるコミュニケーションと調整作業の量を減らすことだから、組織は、上記のようなコミュニケーション問題に対する根本的な取り組みが必要なのだ。

コミュニケーションを不要にする手段は、作業の分割と機能の専門化である。組織が木構造のようにになっているのは、作業の分割と専門化が適用された際、詳細なコミュニケーションの必要性を減少させたいことを反映している。

36) p.56『システム設計の考え方』

37) p.9『メンテナンスとITのシステムは人間の力で構築するもの』疋田彰宏『メンテナンス』2003、Spring（季刊No.17、通巻236号）

38) p.14『人月の神話』

事実、木構造組織はまさに権限と責任の構造として登場した。「二君に仕えず」という原則から、権限の構造は木構造になる。しかし、コミュニケーションの構造はそれほど制限されたものではない。木構造はコミュニケーション構造とは類似点がほとんど感じられない。コミュニケーションはネットワーク構造なのだ。多くのエンジニアリング研究組織では、組織体系が木構造では適切さを欠くケースが多いので、スタッフグループ、特別チーム、委員会、あるいはマトリックス型の組織まで生み出した³⁹⁾。」

SEのような知的労働者は、上司が部下に仕事を命令するだけではすまない。部下の仕事の専門的内容の詳細を上司が把握しきれてはいない。そのため、上司も含めたプロジェクトの成員でのコミュニケーションがなければ、仕事の全体的調和と進展は望めない。そしてこれがまた問題となる。

7. 組織のメンテナンス

研究開発でも、経路依存性が存在する。組織においては慣性力が大きいために、なかなか変わろうとはしない。

リスクにどう対処するのか問題である。そのためまず、リスクをリーズン、ペローの理解に沿って考える。つまり、active errorsではなく、latent errorsの問題と考える。実際にミスを起こしたものはいる。しかし、その人が問題ではない。「目に見えるエラーは、医療現場の直接従事者の段階で起き、その影響は直接的で身近なものを受け止められる。」その意味では、最も結果に対して鋭敏なものである。「目に見えないエラーは、現場第一線の従事者が直接コントロールできる範囲にないものが多く、たとえば、不適切な施設設計や機材配置、機材器具の保全整備の不良、経営陣の間違った意思決定、運営組織の不適切といったものがあげられる。」これらは、間接的で結果に敏感に反応するものとはいえない。目に見えるエラーは、パイロットが飛行機を墜落させるようなものであり、目に見えないエラーは、前もってわからない設計からくる不完全な機能のために飛行機が操縦不能のきりもみ状態を起こして墜落するようなものといえるだろう⁴⁰⁾。」

リスクは、自然災害や事故が起こるときの問題には限られない。保険をかけるだけの問題ではない。

複雑なシステムを問題の起こりにくいものに仕上げるのが、リスクのマネジメントと

39) p. 73『人月の神話』

40) p. 67『人は誰でも間違える』米国医療の質委員会/医学研究所 日本評論社(2000)

しては重要になる。實際上、開発時に、変更を含んだメンテナンスの問題を考えておくことが重要である。

「経験豊富なSEは、一般の人が重要だと考える「正常時のフロー」に関しては、すでに十分な資料ができている場合、ポイントを押さえて後はさらりと流す。逆に、あやふやな部分、エラーや不慮の事態が発生した場合に対する処理をどうするのか、そこをしつこいほどに詰めていくのだ。

たとえば、フローの一つ一つをとりあげ、「もしこのファイルに書き込みができなかった場合はどうなるか」「途中で異状終了した場合、再起動するとどうなるか」「通信先ホストが無応答だった場合はどうなるか」など、エラー処理や再起動後の動作などを確認するのである。

このような、万一の場合に備えた設計は非常に手間がかかるように感じるかもしれないが、システムが稼動した後に、その効力を大いに発揮することになる。

設計の良くないシステムでは、万一トラブルが発生した際に次のような処置が必要となり、復旧のための準備作業が膨大になる⁴¹⁾。」

このとき、問題の明示化が必要になる。そして、危機的な状況ではいろいろな問題に気づくことも多い。

その意味で、外からの目も必要かもしれない。逸脱の日常化がおこっているからである。

「行動様式の小さな変更がやがて職場の規範と仕事の範囲を決めていき、さらなる逸脱が全員に受け入れられるようになるというのである。逸脱が受け入れられるようになると、エラーの兆候になる事象が起きても見過ごされたり、適当に解釈されるようになって誰も気づかぬうちに問題が集積されてエラーを招く可能性が生まれるのである⁴²⁾。」

「異状事象は、それらがまれにしか起きないがゆえに把握されやすく報告することも容易である。一方、よくある出来事は「正常な」状態での出来事として見なされる。たとえば、よく故障を起こす設計の悪い医療器具の不調は通常のリスクと見なされ、臨床医がうまく使いこなす方法を考えるべきものとされてしまうことがある⁴³⁾。」

「事故というのは起きてはじめて慌てたり、後悔するわけで、起きる前は事故への備えはただ面倒なことと思われがちです。自宅で傍らに消火器を置いてラーメンをつくる人はいないと思いますが、それは「そんなの大げさすぎる」「どうせ火事にならないだろう」

41) p.120 『SEの持つべき「思想」』秋月昭彦、瓜生聖 すばる舎（2003）

42) p.68 『人は誰でも間違える』

43) p.120f. 『人は誰でも間違える』

と思っているからです。じつは事故を起こした現場の感覚にしても、いまの引越しや料理の話と本質的には変わらないのです。

事故を防ぐには結局、いつも大事をとってばかばかしいと思えることでもきちんとやっていくことしかかかということではないでしょうか。運び手が足りなければ人を呼んできてタンスを運ぶべきだし、料理のときにはそばに消火器を置くように徹底するというような愚直なことをやらなければならないということなのです。

ところが、それでも事故は起こります。人間のやることなので必ず落ち度があるからです。愚直にやれば事故を減らすことができるけれど、それでも完全になくすことはできない。事故というのは特別な現象ではなく、後から事故に至るプロセスを分析してみると、起こるべくして起きているだけです。要するに、事前にそういうことが起こるかもしれないという想像力の欠如に問題があるということです。

もっとも、想像力がないからといって、事故を起こした関係者をことさら責めるのも酷な気がします。おそらく彼らはそれまでは同じような方法で事故を起こさずに工事をしていたのでしょう。事故というのは起きなければ「起きないもの」とだれもが思い込んでしまします。起こったときにはじめて「やっぱり起こったか」となるわけで、事故防止のための日頃の努力は、ほとんど評価されることがありません。

火事が起きないと「私の町には消防署なんかいないんじゃないか」と言い出す人がいます。火事がないというのは、消防署の人が日夜点検して、「ここの調理場は危ない」「消火栓をつけておきなさい」「ここに物を置いてはいけない」と努力している賜物なのですが、それを「火事がないから消防署はいらない」というのは本末転倒もいいたるところです。

同じような理屈で、犯罪がないのに警察がいるのかという話もあります。なにかのマイナスを防止するところに人員や予算を割いておくと、効果があがればあがるほど無駄だとしてその機関に対する風当たりが強くなるのが常です。その人たちががんばっているからマイナスを防ぐことができているというのが普通の人にはなかなか見えないし、わからないということだと思えます。事故防止には事故や災害の防止の努力を重く見て評価しないといけないのです⁴⁴⁾。

「製造現場では、時として事故が発生する場合があるが、その原因は、作業量とリソースのギャップから生み出される場合が多い。このような状況にもかかわらず、事故への対処を安全管理の視点からのみで考え、チェックの二重化や作業工程の緻密化などですませ

44) p. 70f. 「事故にはいろいろ背景がある」松田芳夫『失敗に学ぶものづくり』畑村洋太郎編 講談社 (2003)

ようすると、担当者の作業量はますます増加し、作業量とリソースのギャップはさらに増大し、結果として事故の発生しやすい環境となってしまう。これを悪魔のサイクルという。このような悪循環から脱却するには、それぞれ専門担当の立場からのみではなく、すべてのマネジメントの観点から、リスクを把握しその原因と拡大の可能性を検討するリスクマネジメントシステムの構築が必要となる⁴⁵⁾。]

リスクのマネジメントは難しいが、それでも既存の組織を前提とした問題設定となっている。ここで更に経時的な観点が必要となる。

だからこそ、メンテナンスにおいては、現状に合わせて制度を変えることが必要になる。しかし、改革、変革は基本的に難しい。

「実際に火事が起こったところから遡って考えるのが逆演算です。その際には、消防の設備がうまく動かなかった場合、通報がうまくできなかった場合、消火器が作動しなかった場合など様々なことを想定して検討するので、順演算では考えが及ばない抜けを防ぐことができるのです。

日本の多くの企業は、かつて「CQ」(quality controlの略。品質管理のための活動のこと)など愚直な活動を続けることで業績を伸ばしてきました。しかしながら、このようにうまくいくやり方しか見ず、それをマニュアルとして定めてそこからはずれることを許さないがんじがらめの運営を行ってきたからこそ、想定外の問題が起こったときに対処できずに失敗の被害をいたずらに拡大させているという現実があります。

先ほども述べたように、安心をつくるためには愚直な活動は絶対に必要で、それをきちんと評価すべきです。ただし、失敗を防ぐにはそれだけではだめで、それと同時に逆演算によって愚直にやり続けていることに抜けがないかを絶えずチェックしていくことも求められているのです⁴⁶⁾。]

マニュアルがなぜダメになるのか。これは、開かれたシステムだからだろう。複雑性があれば、もともと確定しがたいということもありうる。

「年を重ねると自己改革は難しくなる。プロゆえの落とし穴もある。成功体験者にとっては技術変更を行うことは、初心者より難しい場合もある。それでも、改革を実施する勇気と実行力が求められる⁴⁷⁾。]

花王の社長、後藤卓也は組織を常に少しずつ変化させつつ維持していくことについて次

45) p.4 「リスクマネジメント的事象」野口和彦『日本機械学会誌』2004.1 Vol.107 No.1022

46) p.94 (万代典彦に対する) 畑村洋太郎のコメント『失敗に学ぶものづくり』畑村洋太郎編 講談社 (2003)

47) p.4 「リスクマネジメント的事象」野口和彦『日本機械学会誌』2004.1 Vol.107 No.1022

のように語っている。

「ある新聞社のインタビュー記事では「凡を極めて非凡に」という見出しをつけていただきましたが、なるほど、私が社員に口を酸っぱくして言い続けていることは、「基本を守れ」ということです。しかし、基本をきちんと守り続けることは、意外とたいへんなのかもしれませんが⁴⁸⁾。」

「ただ、誤解していただきたくないのは、基本を守ることと、旧套をひたすら墨守することはまったく別のことだということです。伝統ある企業にはありがちなことですが、新しいチャレンジを退け、これまでのやり方だけを続けていれば安泰だという保守的な空気は、花王にはありません。

花王の社風には、「健全な危機意識」と「現状不満足」があります。企業が存続していくためにはつねに改革をしていかななくてはならないという精神が、歴代の経営者には受け継がれています。

というのも、これもトイレタリーという主力商品の性格からくるものですが、現代的な生活が全国津々浦々まで浸透し、人口も増加しないという状況の下、トイレタリー商品の国内消費量はとうに頭打ちで、市場として極端に拡大することは望めません。その限られたパイの中でライバル会社と熾烈なシェア争いを続けていかななくてはならない。

油断をすると、すぐに蹴落とされてしまいます。「このままではいけない」という危機意識がつねになれば、会社が存続していきません⁴⁹⁾。」

「フロッピーディスクも、磁気テープなどの素材についてのノウハウや技術があり、品質的にはいちばんよいものをつくる自信がありました。

I T関連事業は今後も成長する分野ですし、技術力もあるのだから、成功間違いなしと考えていたのですが、そうはうまくいきませんでした。

失敗の原因は、われわれが持っていたのはフロッピーディスクという一商品のノウハウだけで、それに関連するパソコンなどのハード本体などとは無縁だったことです。ですから、通信事業全体が今後どのような方向に進むのか、消費者はなにを求めているのかなどについて、十分に把握することができず、従って商品開発も大手の総合電機メーカーの後追いをするしかありませんでした。

さらに、それをどうやって消費者に届けるかという流通のノウハウもない。われわれが

48) p.39「マーケットという妖怪に非難されても非カリスマ経営でいく」花王社長 後藤卓也『文藝春秋 On Business』1月臨時増刊号2004

49) p.41f.「マーケットという妖怪に非難されても非カリスマ経営でいく」

得意とするトイレタリー商品は、スーパーやコンビニで販売されますが、フロッピーディスクは電機店など、別の流通経路を持っています。

結局、大手ソフトウェア会社の下請け的な仕事にとどまるばかりで、事業としての展開がまるで見えてきません。そこで、私が社長に就任したとき、この分野からの撤退を決断しました⁵⁰⁾。]

以上が花王のやり方である。これは考え方としてはトヨタ生産方式に似た面を持っている。

「トヨタ自動車でのトヨタ生産方式（TPS）の開発は、1950年前後から始まり1975年前後頃には一応の完成をみているが、トヨタでのTPS開発の動機は彼我の市場規模の大差を認めたくえでのビッグ3への追いつきにあった。この大きなハンディキャップを克服するため、トヨタでの生産は、ビッグ3での少種多量生産に比べ、「多種少量生産のもとで、いかに効率よく生産を行うか」に心血を注いだ。そのため、付加価値を生む作業以外は、すべてムダと考え、ムダの徹底的排除を絶えざる改善活動を通じて行っていく。TPSには、この改善・改革活動を挑戦的、継続的に行っていくための「改善を促進する仕組みと、それに必要な道具立て」があり、これがTPSの特徴となっている⁵¹⁾。」

このような考え方は組織のダイナミックなメンテナンスというべきものである。

「そのような自然な進化に逆らう力の一つが時間の切迫である。新しいモデルがデザインの工程に入るのは、その前の型の製品が販売されるよりも前であるという場合がある。さらに、その製品を使ったお客さんの体験を集めてフィードバックするための仕組みはめったに存在しない。もう一つの力として、特色あるものを作ろうとか、目立とうとか、それ以前に発売された製品とは異なるものをつくろうという志向がある。ただ一つのよい製品に固執したり、自然な進化がゆっくりと完成の域に達するのに満足しているような企業はほとんどない。やはり「最新の改良型」モデルが出てきてくれなくては困るのであって、普通、それ以前のモデルを出発点としていないような新しい特徴を組み込んだものとなるのである。たいていの場合、この結果は消費者にとっての大迷惑ということになる。

まだ問題はあある。個性の主張というやっかいなものである。デザイナーは、自分がそれにかかわったという証拠とか印とかサインとでもいうものを残さなければならない。さらに、もしもいくつかのメーカーが同じ製品を作るとしたら、そのどれもが他のものとはっきり違うように作らないといけない。デザイナーとメーカー共通にかけられている呪いと

50) p.42f. 「マーケットという妖怪に非難されても非カリスマ経営でいく」

51) p.186f. 『MOT入門』早稲田大学ビジネススクール 日本能率協会マネジメントセンター（2002）

でもいうものがこの個性の主張である。このおかげでよいアイデアや技術革新が生まれることもある。しかし、セールスの世界では別である。もしもあるメーカーが完璧な製品を作ったとしても、それ以外のメーカーはわざわざ自分のところでも技術革新を進めたり、他社の製品との違いをきわだたせるためにその完璧な製品を変更——たいていは、改悪になるのだが——しなくてはならない。現状がこうだとしたら、どうして自然なデザインなどが働く余地があるだろうか？あるわけがない⁵²⁾。」

ものづくりにおいて、革新的というキーワードを省いて考えることが、実は重要になる。

8. メンテナンスの考え方

「システムの“一生”すなわちライフサイクルは家屋と共通する点が多い。どちらも①導入期、②成長期、③成熟期、④衰退期の四つにわけて考えることができる。

①の導入期は、システムの開発から導入までを指す。家にたとえると設計して建築し、その家に入居して住み始めるまでである。

②の成長期には、「本番稼動した後のシステムに必要な機能が不足していた」といった予期せぬトラブルなどでプログラムの修整に追われるものの、日々の改良の成果が目に見えて表れる。ただし、導入期にきちんと対応していないと、成長期に大混乱して状況を収束させるのに苦勞することがある。「処理性能が計画を下回る」といった、稼動した後でないと分からない問題点もこの時期に発生する。

成長期を家にたとえるなら、不具合や不便な点を見つけ、日々改善する時期である。住んでいる人間に家屋を合わせると同時に、住人のほうも家屋にだんだん慣れ親しんでいく。

そして、③の成熟期を迎える。システムは完成度の高いものになる。家も同様に、住み慣れた我が家になる。

やがて世の中の変化に伴い、以前のままではシステムは業務に対応できなくなる。④の衰退期である。この時期には、修整などのメンテナンス作業が増えてくる。場合によっては、システムを廃棄せざるを得なくなる。

家屋も衰退期には老朽化し、補修工事をして、また別の補修工事が必要になる。建て替えたほうがかえってよい場合もある。家が建っている土地の環境の変化によって、取り壊さなければならないこともありうる⁵³⁾。」

52) p.232『誰のためのデザイン?』D. A. ノーマン 新曜社 (1990)

53) p.68『日経コンピュータ』2004年2月9日号

イノベーションの考え方は、多様性を基にして、多数を競わせることによって、良いものが生き残ることを目指している。起業を容易にすると、雇用が促進される。システムの生誕に注目がいつている。しかし、問題は、そのような企業も失敗することがある。いわば企業の廃棄物処理が必要になる。進化と自然選択を目指すことはいい。しかし、そのコストも当然存在する。

全体を変更することに関しては、リーダーシップ、主体性を前面に出しやすい。しかし、維持しつつ発展することに関しては難しい。いわば、組織の自己治癒力や免疫力に頼ることは、誰かの政治力、リーダーシップでの問題とは違っている。これは、上部の命令が単に行き届くことだけというように考えられる。すると、たいした問題ではないように感じられる。

メンテナンスの考え方は、いいものを長く使うという考え方だ。ウィリアムバーグ橋は保守をしていなかったために、後で問題が生じたときにその修理が大変になった。実際、「多くの州や自治体は、当面の経常支出をまかなったり、予算収支のつじつまを合わせるため、必要な維持・管理を先に延ばすなど、“安易な”選択に頼ってしまった。そのため、今やわれわれは、これら維持・管理を遅らせてきた当然の帰結に対処せざるを得なくなっている。すなわち、修繕するか、建てなおすか、それとも放棄するかを選択を迫られているのである⁵⁴⁾。」これは、同じシステムを使い続けるという問題になっている。ここでは改修や短期の改定がポイントになっている。だから、維持のために資金の使用を認めないと、財政的に緊迫した地方では、維持管理が極めて不十分になってしまう。

まず重要になるのは、メンテナンスが継続的で忍耐を要する仕事だということだ。そのため、制度で支えることが重要になる。ただ、そうはいつでもあらゆるリスクをすべて扱うということは、コスト面も実務面も過大になる。そのために、選別してメンテナンスをする仕組みが必要だ。メンテナンスにおいて、常に新品に取り替えるのでないとすると、キズやクラックといったリスクを評価することが重要になる。

「* 故障状態は、外からでも見えるし聞こえる。

- * 異常状態は、分解や診断技術の活用によって見えてくるが、異常の程度によって診断する機器は異なり、早期に発見しようとするほど機器の価格は高くなる。
- * 正常状態は、稼動中に設備の駆動源のエネルギーを監視することによって、設定・維持管理できることが分かってきた。

54) p.87『荒廃するアメリカ』

それぞれの設備の状態に応じた診断技術によって、急所を押さえた“ツボ療法”が可能となる。特に大切なことは、設備の生まれの良し悪しによって正常化への取組みが変わるということであり、生産条件の確認だけで済む場合、見直し改善が必要な場合、条件の再設定が必要な場合などがある。加工組立業界においては、製品を構成する部品の持つリスクによって管理レベルが定められる。

たとえば、自動車のアクスル関係の部品は「重要保安部品」として扱い、加工する設備の状態は常時監視の対象となる。

その理由はこの系の部品の欠陥は、人命に関わる夫安全な方向に発現するからであり、加工する設備の状態監視は絶対必要条件である。

これを怠ると経営を著しく圧迫するばかりか企業の命取りになる危険性さえもはらんでいる⁵⁵⁾。]

「設計・製造規格の必要性和重要性は自明の理であり、議論の余地はない。しかし、設計は使用経験と加速試験のデータに基づく予測行為であり、予測（外挿）には限度がある。また、設計・製造の過程では、人の失敗行為などの技術の落ち度が生ずる。そして、予測の限度と技術の落ち度によって、機能不全と材料の損傷に至る。これを救済するのがメンテナンスである。メンテナンスでは設計・製造規格の予測結果を、使用の途中で実際に確認する。予測どおりでない場合、予測の限度と技術の落度の原因を究明し、予測の修正を図る。これは使用の途中における設計・製造の見直し・やり直しにはかならない。そして、メンテナンスの情報は設計・製造へフィードバックされる。メンテナンスを確実に実行するために、メンテナンス規格が必要である⁵⁶⁾。]

原子炉を一つの典型とすると、大きな機械では、使っているうちに材料の劣化、損傷が起こる。この場合に、どのようにメンテナンスを行うかが問題である。

「欧米では、メンテナンス規格の制定と実行の結果、規格によるメンテナンス計画（メンテナンスプログラム）の画一的な規定が、合理性を損なうことに気付いた。具体的な例としては、規格の検査対象部位と実際の材料の損傷部位の間に相関がなく、頻度の高い検査をしている部位では何も起きず、検査をしない部位で損傷が起きているのである。検査をしない部位で損傷が起きた場合、その部位を規格の検査対象部位に追加するという検査強化が繰り返されてきた。しかし、この行き着く先は全部位の全範囲を高頻度で検査する

55) p.128f. OASIM「メインテナンス・エッセイ」No.17【メインテナンス】2003、Spring（季刊No.17、通巻236号）

56) p.866「リスクベースメンテナンス 序論」小林英男、酒井信介『日本機械学会誌』vol.106、No.1020（2003）

という論外の話しかない。そこで限られた資源と時間の制約のもとで、合理的なメンテナンス計画の策定が課題となった。その結果がリスクを指標とするリスクベースメンテナンス (Risk-Based Maintenance; R B M) の開発であり、R B Mの目的は合理的なメンテナンス計画の策定にほかならない⁵⁷⁾。」

リスクに対処するときには、そのリスクを評価することがまず重要である。限定された時間や資源の下で行為しなければならない。だからこそ、リスクの評価が必要とされる。

次の問題は、メンテナンスがやりやすい設計を目指すということである。その一つの方法が汎用化である。

「大きなシステムを受注する際にも汎用性を考慮することは後々のコスト削減につながる。

たとえば、現時点では一日一回しか実行されないバッチシステムでも、何らかの事情で一日二回、あるいは週に1回というスパンに変更せざるを得なくなる場合がある。このときに一日一回であることを前提としたシステムになっていたら、たかがバッチの実行頻度を変更するだけで別途開発費用が発生してしまうだろう。しかし、最初から「一日数回、指定した時刻に実行する」という仕様にしておけば、手元で指定時刻を変更するだけでいいので、追加開発費用が発生することはない。ただし、あまりにも汎用性を持たせすぎると、最初の開発費用が膨らむ場合もあるので注意が必要だ⁵⁸⁾。」

人間も汎用性と同じだ。何でもできる人は、コストがかかる。

「設計の際には後々に発生するであろう運用上の変更を想定する推察力が重要になってくる。固定観念を取り払い「先の先」を見越すのは難しいことではあるが、変化の激しいこの社会で長期間利用できるシステムを作成するには、こうした技能が必要とされるのだ⁵⁹⁾。」

次の問題は、知識の継承である。

「プログラムは、自分の実力を示すために書くのではない。手間を省くために書くのだ。自分以外の人がこれを使うことはないか、ほかの用途に使用することはないか、いつか修正を行う可能性はないか——こういった「次」を考えることが、S Eに求められるのだ⁶⁰⁾。」

57) p. 867 「リスクベースメンテナンス 序論」

58) p. 134 【SEの持つべき「思想」】

59) p. 134 【SEの持つべき「思想」】

60) p. 129 【SEの持つべき「思想」】

「FTPプログラムの場合でいえば、「変更が起りうる部分」を定数として、プログラムの先頭部分などの分かりやすい場所に置かなくてはならない。こうしておけば、自分以外の人がプログラムを見たときにも最初に目に入る。さらにコメントで「この変数は何に使っている」ということが書かれていれば、修正の任を受けた人は、まずその部分を修正してみるだろう⁶¹⁾。」

「他人に分かりやすいドキュメントを書くことのメリットは大きい。一つは、いつまでも自分が面倒を見なくても済むということだ。システム開発を請け負う場合、設計やコーディングなど実際に作りこみを行う際に、最も高い技術レベルが要求される。何もないところから何かを生み出すのは常に大変なものだ。そして、次に高い技術を必要とするのが機能を拡張するときである。それに比べると、運用や保守といった作業はそれほど高い技術がなくてもできるものだ。従って、ドキュメントを作成して適切な人にボタンタッチした方が、会社としても、SEとしての自分にもプラスになるのである⁶²⁾。」

「技術は作業チームの「メンバーの一員」として認識されなければならない。技術が担当者の作業負荷を何らかのかたちで変えるものになれば、チーム構成員相互の作業のかかわり方にも変更が起きる。数人の人たちにモニターされてきたあるプロセスに技術を導入することによって、さらに少ない人数で同じ業務を遂行できることになる。ということは、それまで数人で分かちあってきた作業分担の質と性格が変わり、エラーを発見して修復する能力にも影響を与えることになる⁶³⁾。」

最終的にはメンテナンスフリーを目指すことも要請される。ただこれは、実際上は難しい。

「制作を請け負う会社からすると、動き続けるシステムは「手離れ」の良さ、つまりメンテナンスフリーにつながり、これがコスト削減の一助となる。

動き続けられないシステムは、どうしても人間の手でメンテナンスしなければならない。通常、システムを制作・販売する会社は保守契約を顧客側と結び、一定額の料金を徴収する。これは「何かトラブルがあったらフォローします」という保険的な意味合いがあり、トラブルやメンテナンス作業が発生しなかったとしても返金する必要はないので、保守契約料金は会社にとっては固定収入となる。固定収入ならば、コストの低い方が利益は増加することになる。

61) p.129 「SEの持つべき「思想」」

62) p.138f. 「SEの持つべき「思想」」

63) p.77 「人は誰でも間違える」

もちろん、安定して動き続けるシステムに対しては顧客の信頼が大きくなるので、顧客満足度も高くなる。そうすれば、次のビジネスにつながるということも、動き続けるシステムを追求する理由の一つである⁶⁴⁾。」

まず、今までの論点を少しまとめる。

メンテナンスは個別性の強い人工物を診断することからはじまる。大量生産したものであっても、使い方によって（ジーンズの破れ具合のような）個性が出てくる。しかし、人工物の詳細は全て設計者の意図の下にあるとすると、メンテナンスは頭を使うのではなく、ただの下働きという位置づけになることもある。このために、メンテナンスはあまり評価されなかった。新しいものをつくる人は偉い（発明の対価として200億円ももらえるかもしれない）が、それを維持する人はその偉さを実現するために働いているに過ぎないと思われている。

問題は、人工物の設計において、複雑なシステムの挙動を（環境も変化するのに）予め予測できないという点にある。ロボットの研究の進展でも同じだったが、環境やユーザとのインタラクションをうまく行えることが重要だ。ただ、構造物などは動かないので人間が調整し、メンテナンスする必要が生じる。この場合には、組織的対応も必要だ。

人工物では多くの場合、製造時が一番よい状態なので、その状態を「目的」にして、そこへ向かうような改良、修理が求められる。人工物は時間とともに劣化することが基本である。

ただ、情報システムは少し違う。これは単純には劣化しない。しかし、銀行の勘定システムの場合のように、多くの機能を付け加えることが要請されることがある。今まで売っていなかった金融商品売る場合には、それに対応したシステムが必要になる。つまり、現状に合わせて変更することは常に求められる。これは、広い意味でのメンテナンスと呼ぶことができるであろう。

次に、医療と対比して考えてみる。

医療が人間のメンテナンスをするときに、薬によって副作用が生じるのと同じことが、情報システムのメンテナンスでも起こる。改良を目指した修理は、複雑なシステムの場合には難しい問題を提起することになる。（レールを削る場合も同じことが起こる。）

医療においては、病気があって、その診断が行われ、治療がされる。これと同じ流れが人工物でも生じる。故障が起こったために、検査が行われ、そして修理がされる。

64) p.117f. 『SEの持つべき「思想」』

この対で考えると、診断ができないと治療ができない。診断は一瞬の判断で決めるのは難しい。家庭医のように家族の状況も含めて知っていることが必要になるかもしれない。

また、順序が重要だということになると、知識や情報が完備しないと機能しない。リスク・マネジメントもある程度技術や内容の成熟がないと、なかなか難しい。

それに対して、予防医学ということも言われる。健康増進、ヘルス・プロモーションである。これは、疾病指向の医療に対して、患者中心医療だと言われる。慢性病にどう立ち向かうかということがここで念頭に置かれている。

工学的には慢性病である劣化や疲労の問題は、解決の易しい問題ではないが、ある程度分かって対処が行われている。それに基づいて、予防保全などが行われる。

予防保全に金を出すことがどのように正当化できるのか。経済理論として、イノベーションによって新しいリスクにチャレンジすると、そこにお金の稼げる場所が出てくる。この論点は分かる。しかし、維持管理、メンテナンスはどのような意味があるのか。

ものづくりにおいて、商品の陳腐化のみに注目してもいけないだろう。人工物は時間的存在だ。多分、財産的価値は会計上は下がるのだろう。しかし、それを適切に維持することが良いことには違いないだろう。

大阪駅高架橋の地盤沈下に対して、今後の不同沈下を防止するアンダーピニングという方法が使われた。大阪駅を放棄する案や沈下を放置して支障があるたびに対処することは選択されなかった。そして、この事実上日本で初めてのアンダーピニングはその後のノウハウで生かされることになった⁶⁵⁾。

9. まとめ

メンテナンスの問題は、第一に複雑性が基本であった。診断においても、保全（予測問題）においても、改良においても複雑なシステムをどう扱うかが重要だった。

第二に、長期間存続する人工物では、個性化が問題になる。環境や使用条件によって変わる（大量生産として同じものをつくるのと、メンテナンスは違っている）。家庭医のように、昔からの付き合いによって問題が分かることになる。これは、知識の伝承をどうするかということにも関わってくる。いわば機械的に対応できず、人間が関与せざるをえない。そのために3Kと言われる職場にならざるをえない。また、下水や道路を考えると、

65) pp.48-60『鉄路の安全を守る』仁杉巖監修 山海堂 (1998)

現在使ってるそのもの（その特殊な個体）を修理することが必要になる。すると使いつつ修理して欲しいという大きな要求が出るが、これらを止めずに修理することは難しい。

第三に、メンテナンスは閉鎖系の生き残りでも重要（船の場合）だが、それ以上に開放系においても、ダイナミックにメンテナンスすることが重要になる。これは、情報系に特徴的に現れる。将来を見据えたメンテナンスである。

第四に、製造物責任法や品確法がある。この法律の要請することは、人工物を作って、渡して、それで終わり、にはならないということである。メーカー、エンジニアの責任はそれ以上にわたる。いわば作ることが長期化すると表現できるであろうし、それを国民から要請されているともいえる。

以上の論点から考察すべき問題が見えてくる。最初の問題は、保守においても技術の継承やコミュニケーションが必要となるということだ。（この点は、研究開発では特に取り上げられる問題とも思えない。）一つのポイントは、1人では大規模システムは作れないということである。もう一つのポイントは、作った人が長期間存続するシステムを常に保守できるわけではないことだ。（いわば、ハコモノをつくって終わりにするというのは、全くダメだろう。1年で使いきりの予算制度の問題なのか、バランスシートがないことが問題なのか。）

しかも、人工物の個別性、特殊性がメンテナンスで重要になると、そこにおいて知識を持ってそれは人工物にサンクすることになる。その後不利な条件を押し付けられるホールドアップ問題を（人工物を所有している大企業から）押し付けられないためにも、ノウハウを知財で保護することが重要になる。

そして第二の問題は、メンテナンスというのは長期にわたる問題が集積しているために、それに対する対処法があってもその効果は遅くに発現する。フィードバックが遅いため、実験や観察がやりにくい。さらに、組織に関しても工学に関しても、現行の法や規制が大きく関わっている。これらの整合性がないために、既存不適格が残ることになったりする。

このような困難な状況があるために、メンテナンスの問題は難しい。

第三の問題は、メンテナンスが、他人の作ったものを修理するだけで、オリジナリティもない、と見られやすいことにある。しかし、医療と対比しよう。ウイルスという敵を見つけてそれをやっつける方法を探ろうという感染症対策は、實際上ターゲットが分かりやすく問題解決に取り掛かりやすい（もちろん、解決できないこともある）。それに対して、慢性病、生活習慣病を発見し、それを治療するのは難しい。今日酒を飲むのをやめれば良くなるかと言われても答えられないし、飲んだらそれでダメとも言えない。

工学に話を戻すと、非破壊検査をすることによって、検査体制の研究開発を進めることが一つの方向である。このような個別撃破に加えて、全体としてどのように慢性病に対処するかは、システムのマネジメントといったことが必要とされる。これは、資金の手当てなども含んでいて、単純に工学内部の問題ではないが、エンジニアが関わらなくていいわけでもない。このような方向での技術革新が必要になる。ただ、これは現代に言われている新製品をつくることや、そのための制度設計（知財など）とは違った方向である。

第四の問題は、サステナビリティとの対比である。都市のサステナビリティと言われるものは、環境との調和という論点が大きい。しかし、メンテナンスの側面にも注目すべきだと思われる。家の周りの樹を刈り込むとか、落ち葉を集めるということも含めて考える必要がある。これらは、非常に難しい仕事ではないにしても、面倒で必要な仕事になっている。

—2004. 7. 14受稿—