

第19回R&Dシンポジウム パネルディスカッション 「メンテナンスの革新に向けて」

パネリスト：

早稲田大学
創造理工学部 経営システム工学科 教授
高田 祥三 氏

大成建設株式会社 技術センター
土木技術研究所 土木構工法研究室
防災・耐震チーム 主任研究員
堀 倫裕 氏

阪神高速道路株式会社
建設事業本部 建設企画課 課長代理
坂井 康人 氏

日本ヒューレット・パッカード株式会社
執行役員 チーフ・テクノロジー・オフィサー
山口 浩直 氏

東日本旅客鉄道株式会社 JR東日本研究開発センター テクニカルセンター 所長
横山 淳

コーディネーター：

東日本旅客鉄道株式会社 常務取締役 技術企画部長 兼 JR東日本研究開発センター所長
澤本 尚志



1. はじめに

(澤本) このパネルディスカッションでは、先ほど横山所長からお話のあったスマートメンテナンス構想について、専門家の皆さまより、その実現の可能性についてディスカッションを行い、アドバイスをいただきたいと存じます。ディスカッションの前に、横山所長、簡単に今回のテーマをまとめていただけますか。

(横山) 先ほど、スマートメンテナンス構想ということで提案いたしました。まず「データに基づくアセットマネジメント手法の導入」。それから「個々の状態に応じた予防保全」、これはCBM手法と言われているものです。それから現場の方々の業務をサポートする「エキスパートシステム」。この3つを実現したいと考えております。

(澤本) 今回は、この3つの項目について議論を進めていきます。一つ目の「アセットマネジメント」については、本日ご説明いただきましたが、内容的には少し難しくなるかもしれません。また、二つ目の「個々の状態に応じた予防保全」はそれほど難しい話ではないと思います。三つ目の「エキスパートシステム」については、現場の実態に即した形で議論を進めていきたいと思います。

まず、最初にデータに基づくアセットマネジメントについて、大成建設の堀様より、アセットマネジメントに関する研究開発の取組みの状況や、大成建設でのご利用状況などについてお話を伺いたと思いますので、よろしくお願いします。

(堀)ただ今ご紹介にあずかりました大成建設の堀と申します。本日は、土木構造物のアセットマネジメント手法について、最初的话题提供をさせていただきますので、どうぞよろしくお願いいたします。

本日の話題提供

1. AMの歴史と大成建設グループの取組み
2. 確率論的時系列シミュレーション手法の概要
-「どのようなデータがあれば良いか？」を中心に-
3. 簡易な試算例
-「基本手法は至ってシンプル？」を実感していただくために-

本日の話題ですが、最初にアセットマネジメントの歴史と当社グループの取組みを簡単にご紹介いたします。それから、代表的な手法として、確率論的な時系列シミュレーション手法をご紹介し、簡単な試算例を見ていただきたいと思います。手法の詳細を紹介する時間がございませんので、本日は、たったこれだけのデータでここまで分析ができるのだということ、そしてこの方法、実はシンプルなものなのだという点をご紹介したいと思いますので、よろしくお願いいたします。

AMの歴史(概観)

●米国における道路インフラの老朽化:「荒廃するアメリカ」

- 1967年:シルバー橋の落橋
- 1983年:マイアス橋の落橋
- 橋梁インベントリの整備・データ蓄積・BMSの開発

1999年12月:

- ・米国連邦道路局(FHWA)資産管理局「資産管理の手引き」
- アセットマネジメントという語がインフラ分野にも拡大

2003年4月:

- ・国土交通省道路局「道路構造物の今後の管理・更新等のあり方 提言」

2005年11月:

- ・土木学会「アセットマネジメント導入への提言」
- 国内におけるアセットマネジメントの定義

2007年度:

- ・国土交通省道路局「長寿命化修繕計画策定事業補助制度(提言)」の創設

2008年度:

- ・国土交通省都市・地域整備局下水道部「下水道長寿命化支援制度」の創設
- 維持管理の業務への発展なLCC分析等の浸透

2014年施行へ向けたAMの国際規格化(ISO5500X)の検討が実施されつつある

<橋の定義①>
「資産管理とは、物理的な資産を費用効率的な方法で保守・改修・運営するための体系的なプロセスである。
資産管理とは、工学的な原理と最新の業務手法と経済理論とを組み合わせたもので、意思決定のための組織的で体系的なアプローチを可能にするツールを提供してくれる。
これにより短期的及び長期的な計画の両方を扱う枠組みが提供されるのである。」

<橋の定義②>
「道路を資産としてとらえ、道路構造物の状態を客観的に把握・評価し、中長期的な資産の状態を予測するとともに、予算制約の中でいかなるような対策をどこに行うのが最適であるかを考慮して、道路構造物を計画的かつ効率的に管理すること」

<橋の定義③>
「国民の公共財産である社会資本を、国民の利益向上のために、長期的視点に立つて、効率的・効果的に管理・運営する体系化された施設活動、工学、経済学、経営学などの分野における知見を総合的に用いながら、継続して(おぼりつづく)行うものである。」



堀 倫裕 氏

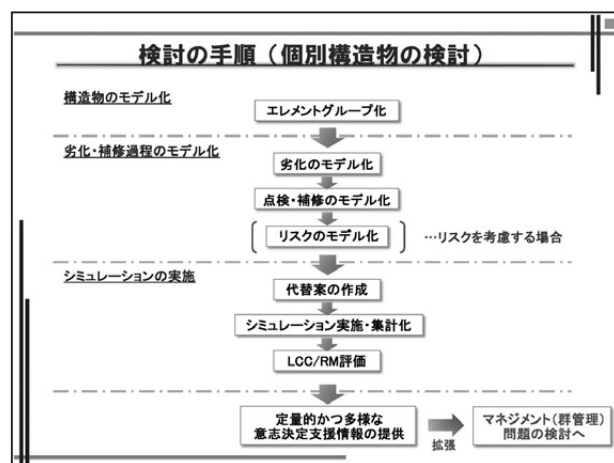
大成建設株式会社 技術センター
土木技術研究所 土木構工法研究室
防災・耐震チーム 主任研究員

1986年、京都大学大学院工学研究科土木工学専攻修了。大成建設株式会社入社後、土木設計部、プロジェクト推進部、原子力本部等を経て、現在、技術センター土木技術研究所土木構工法研究室主任研究員。リスクマネジメント・アセットマネジメントに関する研究と業務に従事。工学博士。技術士(建設部門・総合技術監理部門)。

それでは、アセットマネジメントの歴史をご紹介します。どこまで遡るか、というところですが、基本的には、「荒廃するアメリカ」と呼ばれた80年代の米国に戻るのが早いのではないかと思います。当時米国では、これら大きな落橋事故が発生するなど、道路インフラの老朽化が社会問題になっていました。このような状況を受けて、橋りょう台帳の整備、点検データの整理、BMS(Bridge Management System)の開発などの取組みが始まりました。このような流れの中で、1999年、米国の連邦道路庁の中に資産管理局という組織ができます。ここで「資産管理の手引き」、すなわち「アセットマネジメントの手引き」というものが公表され、それまで主に金融業界などで使われていた、「アセット」という言葉が、インフラの世界にも導入されました。その後日本でも、2003年、そ

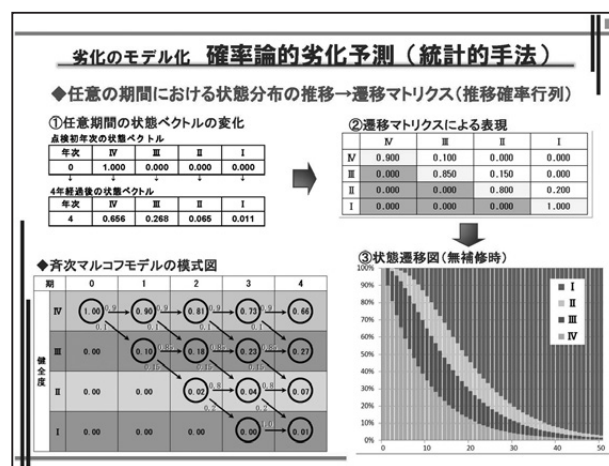
ここでは主に、どのようなデータがあれば良いか、このくらいのデータでもここまでできる、といった点を中心に説明いたします。

まずアセットマネジメント検討の位置づけを簡単にご紹介します。先ほど横山所長からお話がありましたようなデータの採取・処理技術、あるいはデータベースシステムに基づいて、まず、将来の予測を行います。そして、ここから維持管理に関する意思決定支援情報を作成していきます。この分野はかなり範囲が広いので、今回は、図中点線で囲んだ箇所、単体構造物のLCC (Life Cycle Cost) をどう評価するかという部分に絞ってお話いたします。

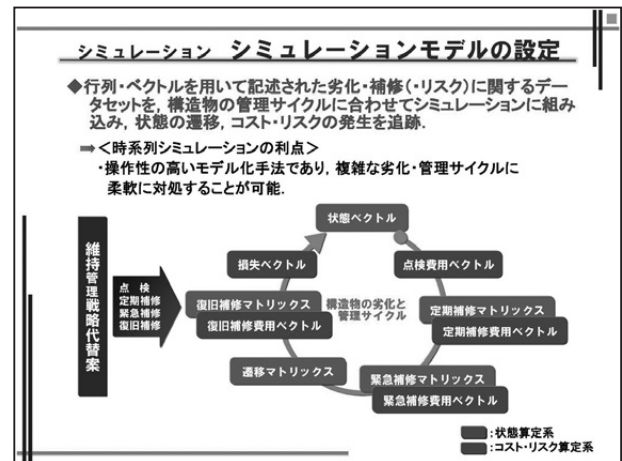
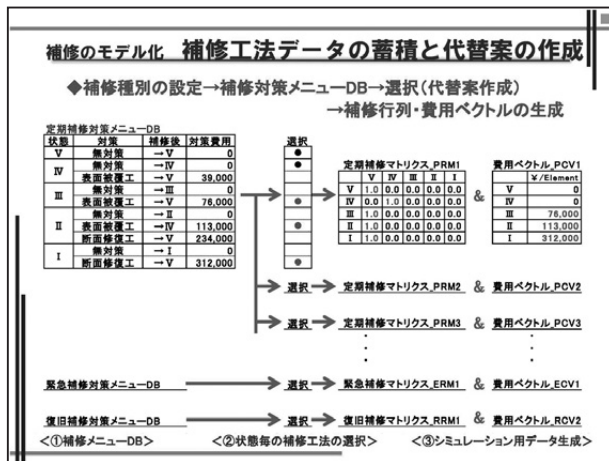


このスライドは検討の手順を示したものです。見ての通りシンプルなもの。最初は、構造物のモデル化です。これは構造物の部品の台帳を整理する、という意味とご理解いただければと思います。その後、最小限のデータとして、劣化とその補修をモデル化します。次のリスクのモデル化については、リスクを考慮する場合だけのオプションということでお考えいただければと思います。そして、これらを基に、シミュレーションを実施して情報を取りまとめます。その後、必要に応じて、予算の検討や、優先順位の検討などのマネジメント問題に、検討を拡張していくことになります。

本日は時間の関係もありますので、劣化のモデル、補修のモデル、それからシミュレーションの簡単な方法、この3点につきましてのご紹介にとどめたいと思います。



まず確率論的劣化予測についてですが、右上にあるような遷移マトリクス、推移確率行列を使った劣化予測がベースとなります。劣化の状態は、図の右下にあるように、健全なIVの状態がだんだん減っていき、Iの状態が増えていく、という形で表されます。この状態推移を右上の行列データで表現する、ということが基本となります。最小限必要なデータは何かといいますと、これは極論ではありますが、最初は健全だと仮定した場合の何年か経過後の一時点での部材の劣化状態、すなわちIからIVまでの健全度ランクの割合となります。この割合さえわかれば、この遷移行列は逆算できます。最小限のデータという意味では、少ないデータだけでも分析に着手できるということを本日は強調したいと思います。



次に補修のモデル化です。これは、もう一つの必須項目となります。右上にありますような補修マトリクスと、費用ベクトルで表現します。「補修でどこまで直ります」という行列系のデータ、それから「そのときいくらお金がかかります」というベクトル系といえましょうか、このような数字の並んだデータを扱うこととなります。その元になるデータもシンプルです。左上を見ていただくと、ある部材について、健全度がどのぐらいのとき、どのような補修方法があり、また、補修後はどこまで健全度が回復するか、あるいは、そのときにどのぐらいの費用がかかるのかというのをまとめています。こういうデータを整備して持っておくことで、一連の検討が可能となります。

以上、必要な最小限データは少ないということをご覧いただきました。これをシミュレーションモデルとして組み合わせて計算し、時系列で追いかけていくことになります。

行列系のデータにより構造物の状態がこう変わりますという情報を、そして、ベクトル系のデータを使ってコスト・リスクの情報を、時間軸に沿って計算していくという流れになります。行列やベクトルというと重々しいものがありますが、掛け算してから、足し算で集計する作業を、まとめてやっているだけとご理解をいただければ十分です。

では実際にどのようなアウトプットが得られるのかを見ていただきながら、全体の流れをつかんでいただきたいと思います。

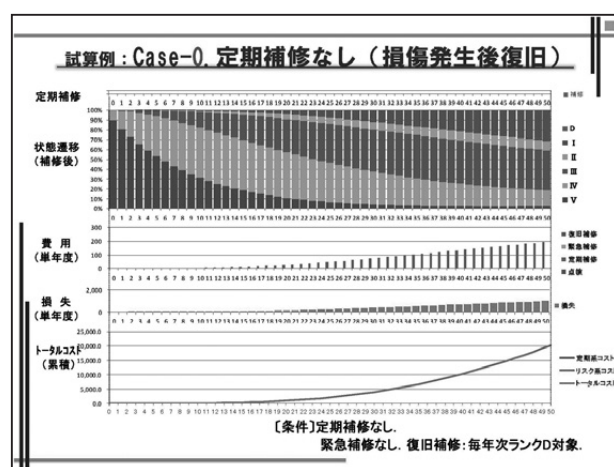
検討ケース（課題設定例と代替案一覧）

◆課題設定例:「リスクを考慮したLCCの観点から見て、最も望ましい点検・補修政策代替案は何か?」に関する意思決定支援情報を作成する。
→ここでは、損傷発生部材のみを復旧補修するCase-0、および定期点検のグレードのみを変化させたCase-1-4の計5ケース試算し、比較・評価。

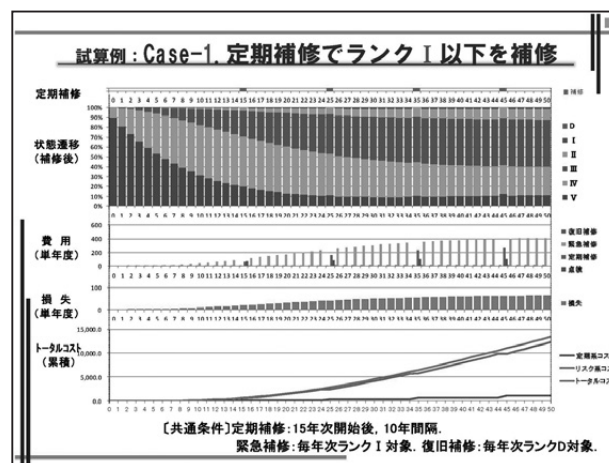
Case	0	1	2	3	4
点検開始年(年次)	—	15	15	15	15
点検間隔(年)	—	10	10	10	10
定期補修	V	—	—	—	—
IV	—	—	—	—	●
III	—	—	—	●	●
II	—	—	●	●	●
I	—	●	●	●	●
緊急補修	V	—	—	—	—
IV	—	—	—	—	—
III	—	—	—	—	—
II	—	—	—	—	—
I	—	—	—	—	—
復旧補修	D	●	●	●	●

・定期補修は、定期点検年のみ実施。
・緊急・復旧補修は、状態に応じて各年実施。
・補修後の回復ランクは、すべて「V」に統一。

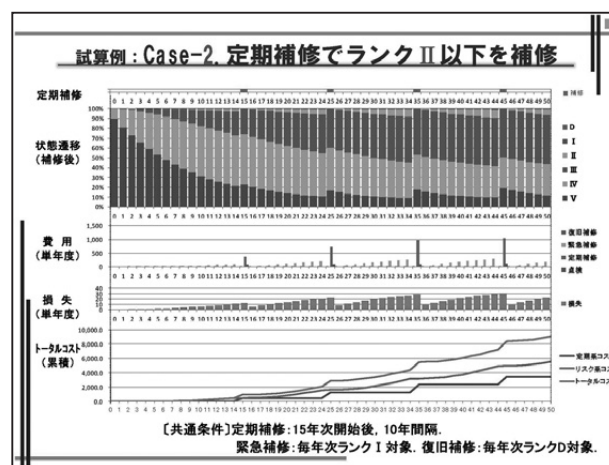
これは、簡単な計算例です。ここではCase0から4までの5つを想定します。ケース0は、定期補修はせず、壊れたらそこだけは直しますという極端なルールです。それからCase1は定期補修をランクIだけ、Case2はランクIとII、Case3はランクIとIIとIIIという形で、グレードを少しずつ上げることをご想定します。これによって、一体どう変わるのか、また、どの辺りの代替案が一番望ましいのかということをご比較検討する例をご紹介します。



これは定期補修をしないケースの計算例です。一番上は状態の推移です。時間とともに、健全なVのところは減っていき、Iのところが増えていきます。この場合、定期補修などがないので、すぐ下の単年度の費用にあるように、事後保全の費用は継続的にどんどん積み上がっていき、状態の悪いIもどんどん増えていくという当然の結果となります。

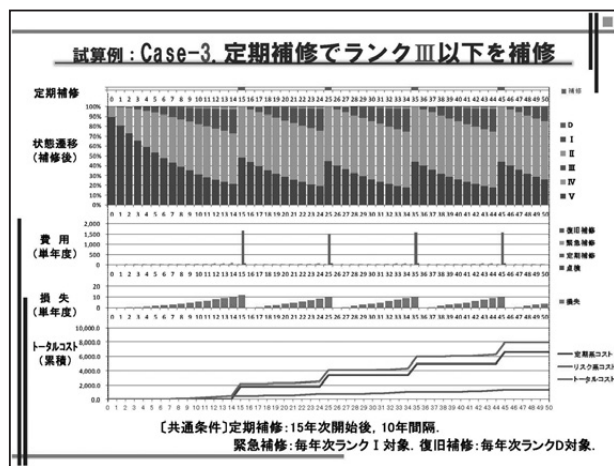


それでは、これを1ランクだけ定期的に点検・補修した場合どのように変化していくかを見ていきます。一番上の、定期補修の箇所に印が付いているところは、補修が実際に行われたことを示します。ですから、この下には、定期点検と補修の費用が入ってきます。この費用は、全体として予防保全系の費用ということになります。それから、その間には、悪くなって事後保全的に直すための費用が発生しています。以降、この単年度費用は、事後保全系なのか、予防保全系なのかということと、それから状態・費用がどのように変化していくかに注目していただきたいと思います。

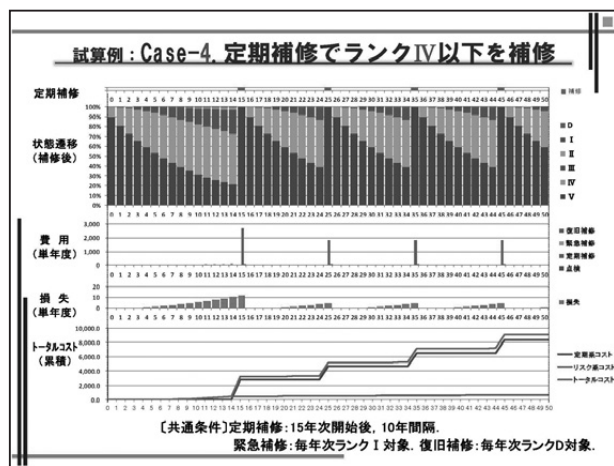


Interpretive article

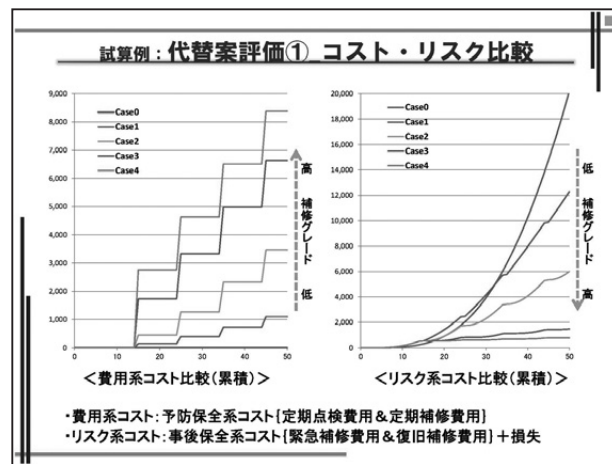
次にランクⅡ以下を補修するケースです。補修により、状態は若干改善しています。状態遷移をみると、かなり安定してきています。しかし、この状態ではまだ事後保全が勝っている状態です。



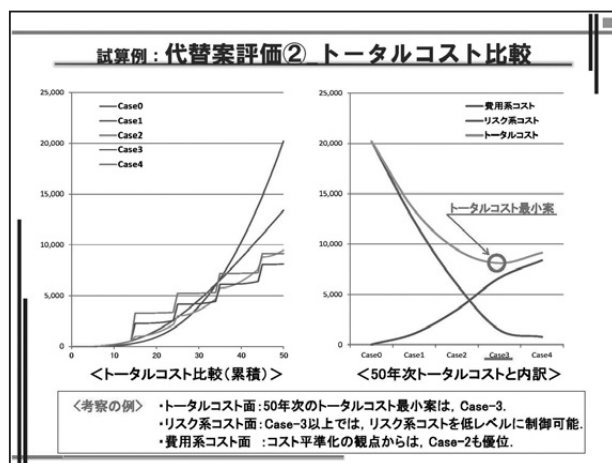
続いてランクⅢ以下を補修するケースです。状態が改善され、費用の内訳も予防保全系が多くを占めるようになってきます。



最後に、さらにもう一つランクを上げますと、これは当然すばらしい状態が実現できますし、費用も予防保全系ばかりが目立つ状態になります。ただ、ここまでくると少し補修のやりすぎではないかという疑問がわいてくるような案となります。



これらの案を比較するために、Case0から4までの累積コストを1つのグラフにまとめて表現するとこのようになります。左側は予防保全系のコスト、右側が事後保全系のコストです。左側を見ていただくと、当然ながら、補修グレードを上げていくと、予防保全の費用はどんどん上がります。また、右側を見ていただくと、事後保全の費用は、どんどん下がります。つまり、トレードオフの関係にあることが分かります。



これを足し合わせたトータルコストを示したグラフが左側です。これだけでは見にくいので、これまでの3枚のグラフのうち、50年次のデータだけを取り出して1枚のグラフにプロットしたものが、右側のグラフとなります。このグラフを見ると、予防保全系の費用については、0からグレードを上げていくとどんどん上がっていく一方、事後保全系の費用はどんどん下がっていくということが分かります。では、トータルコストの最小値がどこに表れるかというと、この場合ではCase3がトータルコスト上、最も望ましいということが分かります。

それから、Case3から4まで過剰に補修グレードを上げても、ほとんど事後保全系の費用は減らずに、予防保全系の費用だけが伸びていくということもわかります。つまり、これ以上の補修はあまり意味がないだろうということも読み取れるかと思います。またCase2は、事後保全と予防保全の折衷案のようなものですが、Case3と比べてもあまり遜色がありません。したがって、コストを平準化するという意味で、累積コストがなだらかに上がっていくような形の案を採用したいときには、有意義なオプションとなる可能性もあります。分析により、このような評価ができるようになります。

簡単なまとめとしまして、まず、アセットマネジメント導入の敷居は決して高いものではないということを再度強調したいと思います。

最初に見ていただきましたとおり、限られたデータでも検討は始められます。それから手法についても、なかなかややこしいと言われることもあります。見かけによらず実は簡単です。それからご説明の時間がなかったのですが、マネジメント上の問題、すなわち優先順位の検討や予算計画の検討についても、連続的に拡張可能です。

簡単なまとめ

以上、駆け足で見てきたように・・・

- ◆アセットマネジメント導入の敷居は高くはない！
 - ・限られたデータでも検討は可能。
 - ・検討手法も見かけによらず平易。

〔複数構造物のマネジメント問題(優先順位の検討・予算案の検討)にも、連続的に拡張可能〕

↓

- ◆まず、導入・実践してみることが重要！
 - ・意思決定の枠組みを予め明確にしておくことで、「真に必要なデータは何か？」が明確になり、効率よくICT技術の体系を構築できる。
 - ・実際の試行・運用を通じて、目的合理的なシステムの改善方策、検討精度向上のための必要データ等が明らかになってくる。

ですから、まずはアセットマネジメントを導入して実践してみることに、これが最も大事であると思います。導入して意思決定の枠組みがあらかじめ明確になっていけば、真に必要なデータは何かということが明確になりますので、効率良くICTの体系を構築できるのではないかと思います。

それから実際の運用を通じて、目的にあったシステムの変え方と言いましようか、改良のための方策や検討精度を向上させるために必要なデータも自然に明らかになっていくのではないかと思います。以上、話題提供のまとめといたします。



高田 祥三 氏

早稲田大学

創造理工学部 経営システム工学科 教授

当シンポジウムの基調講演者。

(澤本) ありがとうございます。お話を伺って、本当に、やる気になればできるのだということを感じました。アセットマネジメントという言葉そのものは、昔からよく聞いてはいたのですが、このアセットマネジメントという言葉の意味は、今、堀様からご説明いただいた手法へ変わってきているということなののでしょうか。高田先生にご意見を伺えればと思います。

(高田) 堀様からのご説明のように、アセットマネジメントという言葉は、近年、実際のデータに基づいて長期的な予測をするという意味になっています。今までは、どちらかというと、将来はだいたいこのようになるだろうという、ある意味で固定的に決めてしまったうえで、管理の方法を考えるというやり方だったのではないかと思います。つまり、状態基準保全で集めた実際の生のデータと、長期的な予測のデータが必ずしもつながってない、という状態だったのではないのでしょうか。最近では、それらをつなげて、統合的に分析していくという流れになっています。このことについては、講演でも少し申し上げましたように、欧米でもいろいろトライが始まっている状況です。

(澤本) なるほど。これまでのデータと予測とをつなげていくという意味で、アセットマネジメントが盛んになっているということですね。では、このような傾向となっている背景には、どのようなものがあるのでしょうか。

(堀) いくつかあると思いますが、社会面と技術面から一つずつ簡単にご紹介したいと思います。まず、社会面では、先ほど冒頭で1980年代の「荒廃するアメリカ」という話題に触れさせていただきましたが、米国のインフラ整備は日本よりも30年ぐらい先行しており、30年後の2010年代には、日本も米国同様の状態になるのではないかと懸念がありました。そして、この2010年代に大変な目に遭わないようにと皆さんが努力をされ、その緊迫感が広がってきて、アセットマネジメントを導入する共通の問題意識が生まれてきたのではないかと思います。つまり限られた予算を使って、膨大な更新需要、それから補修需要に対応していかなければいけないという意識が全体に浸透してきたということだと思います。これがアセットマネジメントの導入の大きな背景としてあるのではないかと思います。

それから技術的な面では、先ほど、少し強調したこともありますが、どうしてもアセットマネジメントといえますと、「机上の計算である」とか、「難しい」とか、あらぬ誤解を受けやすいタイプのものです。やっと最近になって、さまざまな手法が開発され、また、いろいろなところで検討をされてきて、徐々になじんできた、抵抗感が薄れてきたという点もその背景にあると思います。ただ、そうは言っても、まだまだ難しそうだという話もありますので、そこまで敷居が高くないのだという趣旨で、先程はご説明をさせて頂きました。

(澤本) なるほど。昨今のこのコンピュータ技術の発展というよりも、そのような社会的な要求も高まってきたということも背景にあるのでしょうか。

(堀) もちろんコンピュータ技術の発展自体は、短時間で膨大な量の計算を可能にしました。例えば、マネジメントレベルの検討では、費用便益比に基づく優先順位をすべてのプロジェクトにつけながら、年ごとに繰り返し検討していきますので、計算上相当な負荷がかかることは確かです。ですから、もちろんコンピュータの進展、これは大きな要素のひとつだと思います。ただ、それだけでは今のようにならず、やはり社会の問題意識の高まりも大きな影響を及ぼしていると思います。

(澤本) ありがとうございます。それでもこのような手法を実際に導入されている企業は少ないというふうに聞いています。今日は、実際に、それを始められました阪神高速の坂井様から導入例についてご説明いただきたいと思います。

(坂井) ご紹介いただきました阪神高速 坂井と申します。本日はどうぞよろしくお願いいたします。私ども阪神高速では、アセットマネジメントを実務として運用しておりますので、事例なども含めてご紹介させていただきます。



坂井 康人 氏

阪神高速道路株式会社 建設事業本部
建設企画課 課長代理

京都大学大学院工学研究科博士課程修了（博士（工学））。1993年、阪神高速道路公団（現、阪神高速道路株式会社）入社。これまで建設、保全部門に係る予算、企画全般に従事。最近では、阪神高速道路における橋梁マネジメントシステムの開発、ロジックモデルを用いたアセットマネジメントシステムの構築を担当し、実用化。同モデルを道路維持管理業務に適用し、政策評価を実施しているのは国内で唯一の事例である。

本日の話題の、テーマは効率的な維持管理手法の構築です。阪神高速では、本社役員をトップとした経営者層、本社の管理職、そして現場との情報共有にむけて、どのようにマネジメントしているかという点と、これらのツールとして維持管理のロジックモデルというツールを活用している点、そして橋りょうマネジメントシステムとしてまさしく劣化予測を行っている事例があります。本日はこれらの事例をご紹介します。

本日の話題

効率的な維持管理手法の構築

- 阪神高速道路の現状
- 階層的なマネジメントシステム
 - ・本社役員、管理職と現場の情報共有。
- 維持管理ロジックモデル
 - ・維持時管理全般にわたり指標化。
- 橋梁マネジメントシステム
 - ・点検結果に基き劣化予測。投資額の予測。

背景

- ・構造物の高齢化に伴う維持管理費増大の懸念
- ・ますます厳しくなる維持管理費の予算
- ・合理的な社会資本資産の運用と利用の大きな流れ
- ・維持管理の必要性や意義に対する理解を得ることの重要性の高まり（アカウンタビリティ）



高速道路管理者特有の背景

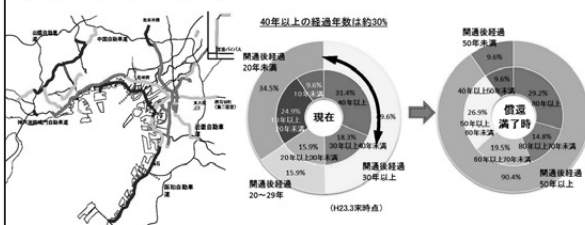
- 民間会社としての経営の合理化、透明化の要求
- 膨大な資産量の効率的な取扱い
- 様々なステークホルダーへの説明責任
- 客観的な数値指標、適正な管理水準の提示
 - ・蓄積されたデータの有効活用
 - ・必要予算の算出、最適補修時期と補修箇所提案

我々阪神高速を取りまく背景ですが、ご存じの通り、今から7年前に、民間会社に移行しました。やはり民間会社ですので、経営の合理化、さらには透明化の要求は大きな課題でした。道路のユーザーであるお客さま、あるいは国、自治体などに対しても説明責任を果たしていく必要があります。さらに、我々は旧道路公団の時代から、膨大な点検データ、あるいは保守データを、偶然にも蓄積しておりました。これらを有効活用していこうというのを背景として取組みが始まっています。

徐々に進化していく構造物の高齢化

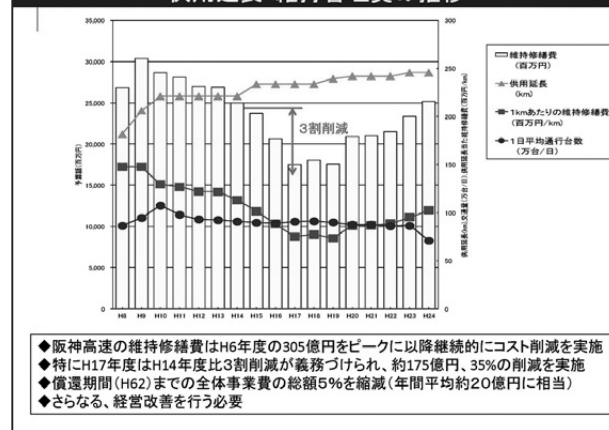
- ・大阪市、神戸市、京都市域における都市高速道路、供用延長254.7km
- ・供用後40年以上を経過した延長は、既に約30%、償還満了時には50年を超える延長は90%に達する。

【阪神高速道路の供用からの経過年数】

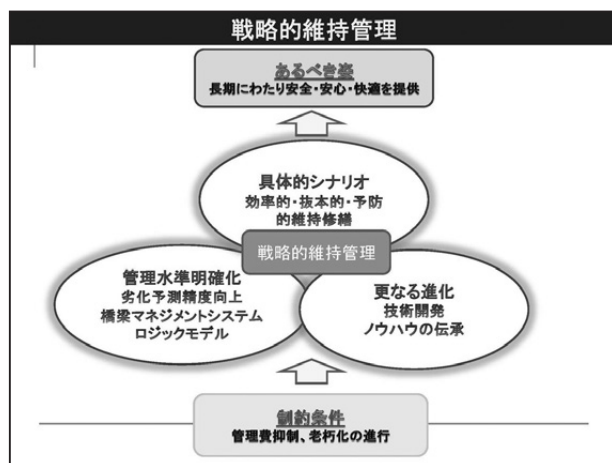


これは阪神高速道路の路線図です。大阪、兵庫、京都エリアを中心に都市高速道路、供用延長は、約250kmあります。ちなみに東京でいいますと、首都高速は約300kmの供用延長を擁しています。下のグラフは、今の道路の現状を示すものです。すでに供用後40年以上経過した延長が、約3割を占めることとなります。さらに、私どもには最終的に2050年には、道路を無料化するというミッションがあります。その償還満了時には、50年を超える延長が約9割にも達する見込みです。

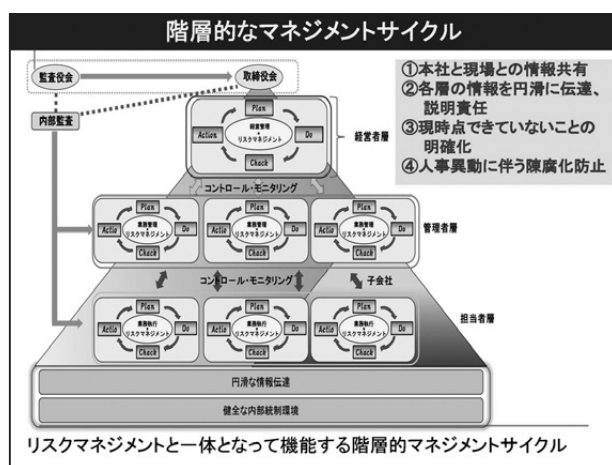
供用延長・維持管理費の推移



これが、維持管理費の予算の推移です。横軸が年次ですが、2005年の道路関係四公団民営化時に、維持管理費を3割削減するという大胆な施策を実施しました。これは既に皆さまにアナウンスしておりますが、結果として、その後構造物が老朽化しており、徐々に維持管理費が増えつつあるという状況です。一方で、経営改善というミッションもあり、償還満了時には、年平均で20億円、毎年5%をコスト削減しなければなりません。



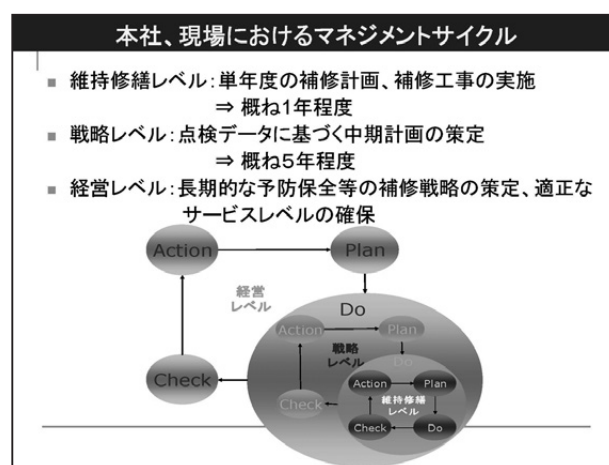
このような背景の中で、具体的な補修のシナリオや、管理水準の明確化を進め、戦略的な維持管理をめざして、このあとご説明いたしますが、橋りょうマネジメントシステム（BMS: Bridge Management System）や、ロジックモデルという支援ツールを活用しています。



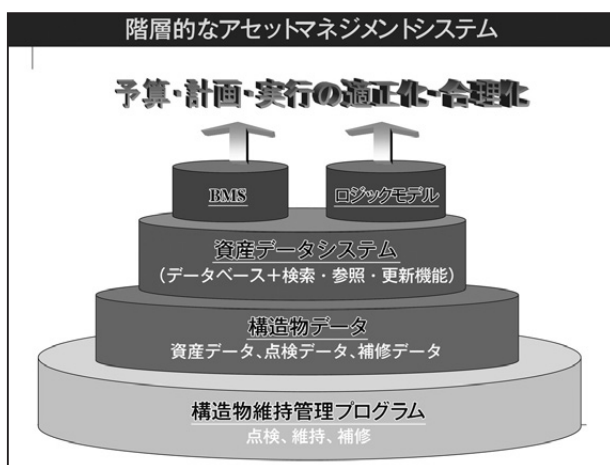
団塊の世代の職員が徐々に少なくなってきておりますので、ノウハウを適切に伝承していかなければいけないという使命もあります。

こういった背景の中で、私どもは階層的なマネジメントを実践しております。この図は、どのように組織をマネジメントしているかを示したものです。上から、トップ、すなわち会長、社長、役員などの経営者層、さらに本社の管理者層、そして現場の事務所などにあたる担当者層を示しています。当社では、これらの階層の間で情報共有を適切に行ったうえで、日々のPDCAサイクルを実施しています。

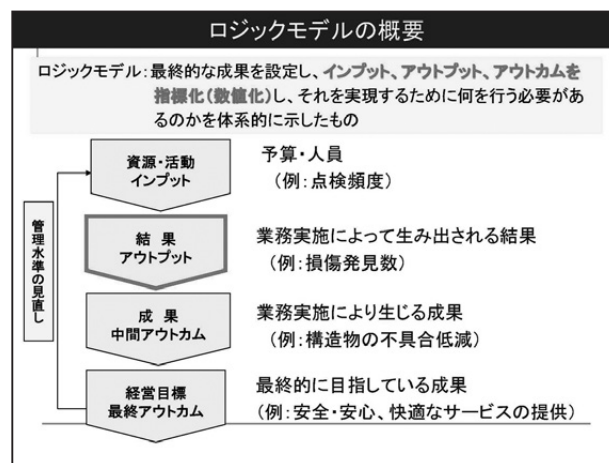
そのほかにも、現時点でできないこと、つまり何が問題になっているかを明確にしていくことも重要です。また、人事異動という言葉を示しています。当社では2年から3年おきに人事異動が行われるのですが、これに伴ってシステムが陳腐化してしまうことのないよう、注意しなければなりません。このようなことに注意しながら、日々のPDCAサイクルによって、本社の経営者層や現場の事務所との間で適切に情報共有するというサイクルを構築していかなければなりません。



これは、先ほどのPDCAサイクルをもう少しブレイクダウンした図です。具体的には、3つのレベルから成り立っています。一つ目が維持修繕レベル、これがまさに現場の事務所でやっている毎年の補修計画の策定や、補修工事を実施しているところになります。二つ目は戦略レベルで、これは本社のレベルで行っている、いわゆる会社の中長期計画を策定するところとなります。三つ目が経営レベルで、これは全体、組織として補修戦略を策定するレベルとなります。当社では補修に関する課題を、これらの適正な管理レベルで検討していくサイクルになっており、現場と本社、ならびに役員ともども一体となって、マネジメントしていく仕組みとなっています。



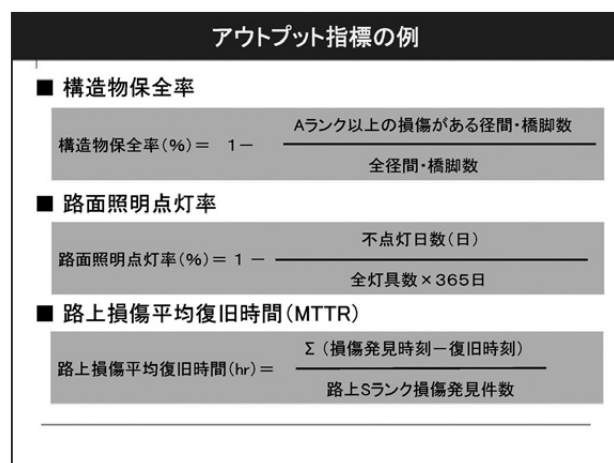
これは、データの重要性について示した図です。当社では、BMS、あるいはロジックモデルという支援ツールを用いてアセットマネジメントを実現していますが、いずれも根幹となるのは、データです。すなわち、現場から上がってくる点検データ、補修データ、あるいは構造物の資産データがこれにあたります。現場のデータがなければ、アセットマネジメントシステムは稼働しない、と言っても過言ありません。



それでは、実際の支援ツールである、ロジックモデルの概要をご紹介します。このモデルは、インプット、アウトプット、アウトカムなどの個々の維持管理に関わる事柄をすべて指標化する、つまり数値で指標化するという考え方です。具体例でいいますと、インプットとは点検頻度です。これは週4回、あるいは月に5回といった点検頻度を指します。このような点検を行うと、おのずと損傷が発見されます。これがアウトプットであり、これも指標として定めています。さらに損傷が発見されれば、必ず補修をしますから、構造物の不具合が低減されることとなります。この影響も、いくら低減されたかを数値として示すことができます。最終的にはアウトカムとして、私ども道路会社が経営目標としております安全、安心、快適な道路サービスの提供をするという点について、道路ユーザーがどのように思っているかを数値化します。具体的には、道路ユーザーのCS調査の結果を点数化しています。

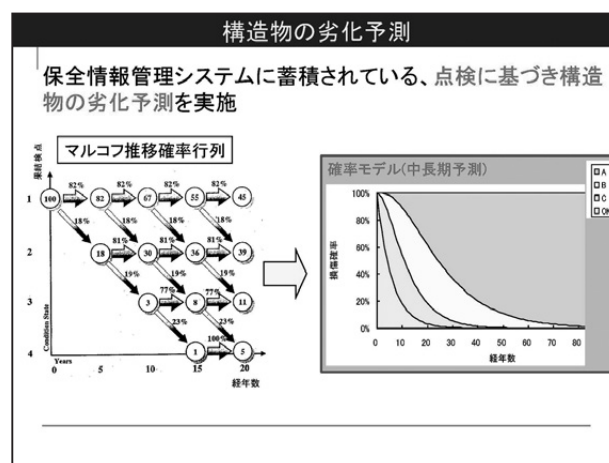
このように、点検から最終のアウトカムまでを指標化し、因果関係を持たせるのがロジックモデルです。

それでは具体例として、アウトプットである損傷の発見件数をどういった指標としているかを参考にご紹介いたします。

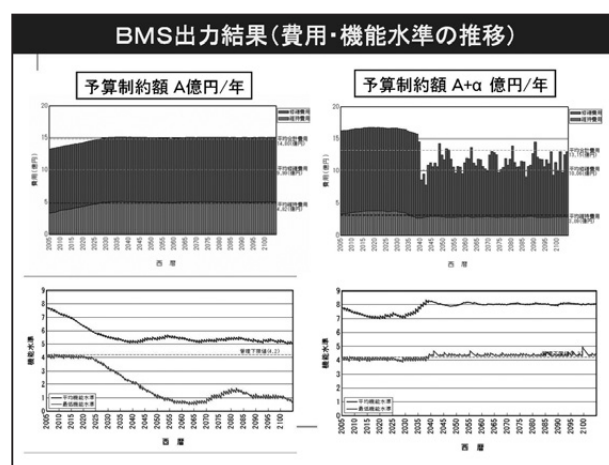


これが、アウトプット指標の一例です。例えば、構造物保全率は、阪神高速全体の土木構造物の健全度をパーセンテージで示したものです。また、路面照明点灯率は、すべての道路照明に対して、年間でどの程度健全に点灯しているか、つまり、不点灯がないかどうかということを指標として定めたものです。さらに路上損傷平均復旧時間として、例えば料金所の機械や、あるいはETC関係の施設について、故障してから何時間で復旧するかということも指標として定めています。

このような指標をすべて整理いたしまして、現場の末端から本社まで、きっちと情報共有すると同時に、当社の阪神高速のホームページなどでも、こういった指標をユーザーに対してもアナウンスする取組みを行っています。

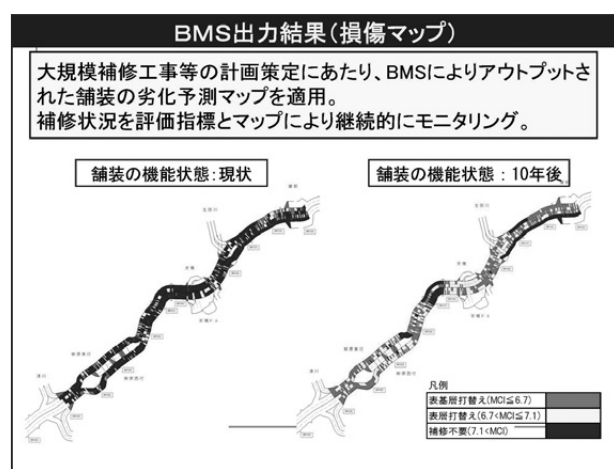


続いて橋りょうマネジメントシステム（BMS）ですが、これは先ほど、堀様からもご紹介がありましたように、我々もこのような点検データに基づく劣化予測を行っていき、中長期的にどのように構造物が劣化していくか、予測するという概念です。



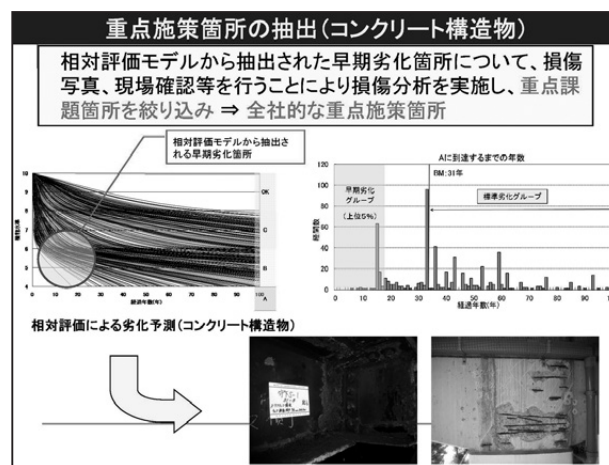
Interpretive article

この概念に基づいて、出力結果として、将来のコスト、あるいは道路の機能がどう推移していくかを示したものがこの図です。予算制約額を、例えば年間10億円とした場合、ある時期から機能が全く保たれなくなるとします。ところがプラスアルファとして予防保全的に、先行投資することで、今後ずっと機能を保つことができることを考えたとき、どのような投資をするのが最適なのかをシミュレーションするのが目的です。

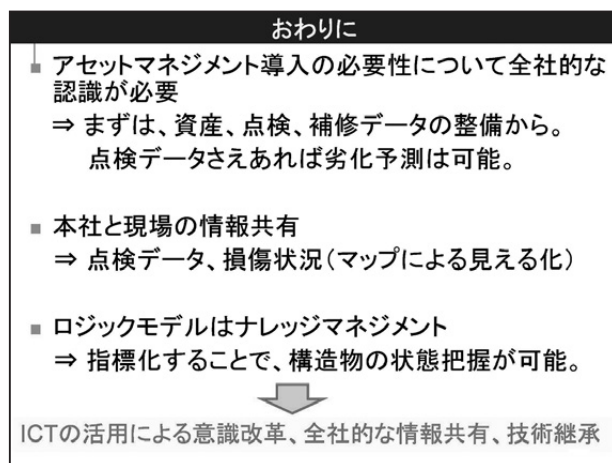


このような劣化予測そのものは簡単ですが、ではこれをいかに経営者層に報告するかが重要となります。これはオリジナルの取組みとなるのですが、当社では図のような損傷マップというものを構築しています。これはある路線のものですが、今、左の現状の図では、ほとんどが健全な状態の色となっていますが、これを補修せずにそのまま放っておくと、右図のように10年後には補修が必要な色に変わっていきます。つまり、このようにいたるところで補修が必要になってくるので、だからこその今この時期に補修をしなければいけないということを経営者層に説明することで、組織としてのマネジメントが可能になります。この図は、実際私が、社長、会長などに説明した資料です。

このようなことを説明するには、数値で表すよりもマッピングをすることによって見える化することが大事だと思います。これを見ることで現場の意識も変わってきますし、会社の経営者層の意識も変わってくるのではないかと思います。



また、最近のICTの発展に伴って、重点施策箇所の抽出も可能になってきています。先ほど、劣化予測曲線をご紹介しましたが、構造物ごとにも劣化を再現することができるシステムもできあがりつつあります。これは、当社のとあるコンクリート桁の例ですが、早期に劣化している桁がどこにあるか、絞り込みを行うためのツールです。コンクリート桁の、どの部位で損傷し、さらにその損傷は今どのような状態なのか。これらの情報を、劣化曲線と写真によって、会社全体で共有していく仕組みをめざしています。



以上が私どものシステムの概念です。まずアセットマネジメント導入については、その必要性についての全社的な認識が必要だと思います。そのためには、やはり大元となる資産、点検、補修のデータを整備することが第一です。データさえあれば、あとはシステムに入力するだけで劣化予測は可能です。何も難しいことはありません。

そしてその情報を、本社と現場がいかに情報共有するかということも重要です。点検データもそうですが、現場の生の情報としてあげるのはもちろんのこと、損傷状況も、先ほどお見せしましたようなマップによる見える化を進めることで、損傷が起こっている箇所を把握することが重要となります。

さらに、ロジックモデルはナレッジマネジメントと書きましたが、日々の維持管理を指標化することで、構造物の状態を把握していくことが可能となります。

本日のテーマである「ICTの活用」によって、本社ならびに現場も含めて、意識改革、あるいは全社的な情報共有が可能となります。

これから技術者が少なくなり、技術継承という課題がある中で、このアセットマネジメントは重要な役割を果たすのではないかと思います。

(澤本) ありがとうございます。いろいろと取り組まれているのですね。道路会社のイメージが大きく変わりました。阪神高速では、基本的にこのようにうまくいっているというのですが、うまく導入できた理由と、どの位前から始めているのかにつきましてお話しいただけますか。

(坂井) やはり民営化前、公団の時代から点検データがかなりあったということが大きなポイントです。1985年頃からシステムを構築しまして、毎年改良しながら点検データを構築していきました。民営化した際に、アセットマネジメントを組織として導入していこうという背景がありまして、実際、システムとして導入し始めたのですが、やはり実務として実際に運用されるまでには6年程度かかったというのが実態です。

(澤本) 1985年頃から、そういうことを意識されてデータベースなどの基盤を整備していたことが大きいということですね。周りの反応につきまして大変うまくいったように聞こえますが、実際にはいかがですか。

(坂井) そうですね。民営化した当時、最初に私がアセットマネジメントの導入について取組みを行おうと動き出しました。しかし最初の2年間は関西風にいいますと、総スカンの状態でした。特に現場から、そのような研究を押し付けないでほしいと言われました。現場は皆技術者でプライドがあり、技術者が持っている現場のノウハウが正しいという声がありまして、やはり総スカンの状態であったというのが実態です。

(澤本) そういうことから想像すると当社でも総スキャンになりそうですね。

(横山) そうですね。これから現場の意見を聞きながら進めていきたいと思います。

(澤本) そうは言っても雰囲気が変わってきたということですが、そのきっかけは何なのでしょう。

(坂井) やはり本社からアセットマネジメントを押し付けるという方法は絶対に駄目で、われわれが現場に出向いて、現場の事務所の方々と密な意見交換をすることが大事だと思います。私も実際に点検車に乗って、どのような点検をしているか見ていきました。現場の意見をとにかく汲み上げることと、先ほど示しましたマップ機能を用いて、どこで損傷が起きているかをマップで示すことで、技術者の感覚に合致するということを理解していただいたことが、やはり大きいです。



横山 淳

東日本旅客鉄道株式会社
JR 東日本研究開発センター
テクニカルセンター 所長

(澤本) これが導入されたメリットとしては、やはり経営トップに対する見える化ということが大きいのでしょうか。

(坂井) そうですね。やはりコストは経営者層が一番重視していることだと思いますから、コストダウンが可能なことを、システムを使って具体的に見える化していくことが重要ではないでしょうか。

(澤本) なるほど。コストダウンについては横山所長からとても高い目標が示されましたけれども、先ほどのヨーロッパの例をもう一度お話しいただけますか。

(横山) 3年ほど前パリにいたときに、アセットマネジメントを中心に勉強しているイノトラックという勉強会に出席いたしました。この勉強会ではアセットマネジメントを導入して軌道関係の補修費用を30%削減しようと取り組みました。実際にはデータ不足や、データ定義の不統一など、さまざまな問題があって、データの扱いに苦労していましたが、高い目標を立てて精力的に取り組んでいることが印象的でした。

(澤本) インフラとして道路と鉄道は似たところがあると思いますが、今後の取組みに際し堀様から、アドバイスがあればよろしくお願いします。

(堀)「アセットマネジメント」と言うと横文字で高尚なものという誤解を受けやすく、立派なものを作ってから導入しようと考えがちです。しかし、これではなかなかうまくいきません。まずはできるものを作って導入する姿勢が最も大切です。先ほど坂井様もおっしゃりましたが、劣化予測などの基本部分は決して難しいものではないので、まず導入してみて、使いながら改良していくという姿勢が重要です。

あとは、高田先生が再三警鐘を鳴らされていますように、メンテナンスフェーズで上がってきたデータをフィードバックしていく仕組みを作っておけば、メンテナンスを行うごとに精度を向上させることができます。そしてどのようなデータがあればもっと精度が上げられるのか、あるいはアセットマネジメントのシステムをどう変えればもっと役に立つのかといった改良方策が自然に見えてくると考えます。

(澤本) ありがとうございます。アセットマネジメントの導入につきまして、いろいろ専門家の方々からお話を伺いました。横山所長、今までのアドバイスを伺っていかがですか。

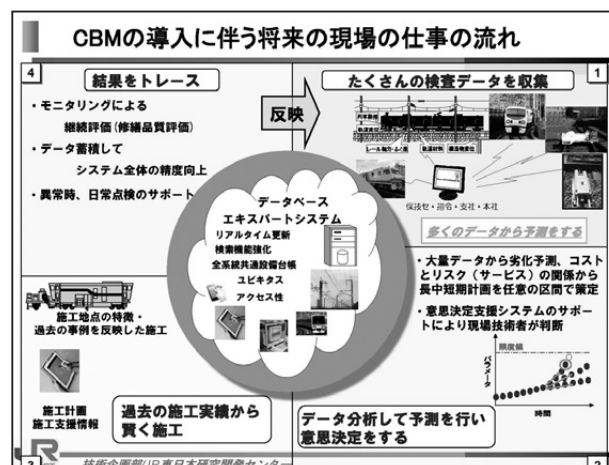
(横山) 少し難しい部分もありますが、まずは始めなければならぬ、ということはよくわかりました。今まであまり考えていなかったような土木構造物など、できることから研究開発などを集中的に進めていきたいと思います。

2. TBMからCBMへ

(澤本) ここからは具体的なメンテナンス手法についての話に移ります。CBM (Condition Based Maintenance) については講演の中にもありましたが、やはりデータ量が勝負です。その意味で今まで当社は多量なデータ収集をするためにモニタリングを盛んに勉強してきました。この辺りの現在の実態について、横山所長からご紹介いただきたいと思います。

(横山) 先ほど講演の中でも触れましたが、営業列車によるデータのモニタリングについて技術開発を進めており、MUE-Trainという当社の試験列車に軌道関係と、電力関係のモニタリング装置を積み込み、試験をしています。軌道関係の材料に関するデータを営業列車で取得するために、床下に材料モニタリング装置を付けていますし、電力関係では非接触型のセンサを用いて架線に関する張力や温度など必要な項目を連続的にモニタリングするための装置を付けており、試験列車を走らせてデータを収集し必要な改良をしています。MUE-Trainの車内ではパソコンの画面に情報が出てきますが、実際の運用になれば、それらの情報が保線技術センター、電力技術センターなどの現場事務所で見えることになります。

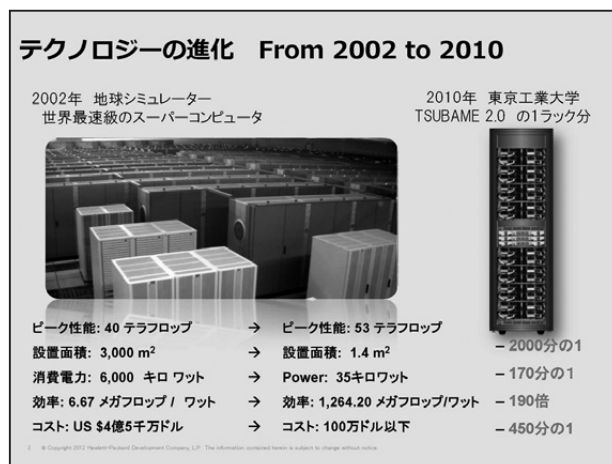
(澤本) 今までは専用の検測車などでの測定を想定したもので、その測定技術の向上に取り組んできたということですが、今度は営業列車に搭載してデータ量を増やす、いわゆるモニタリングをしていく、という取組みが始まっています。それではここでCBMについて、一旦説明は終わっていますが、もう一度この全体像や流れについて横山所長から説明していただけますか。



(横山) PDCAサイクルを回すのはメンテナンスの基本です。右上から1、2、3、4とありますが、まず多量の検査データを収集する、そのデータを分析、予測しながら意思決定する、この意思決定を支援するシステムの構築が必要です。意思決定をして修繕を行い、その結果をトレースして、また次に反映する、この流れが大切だと思います。まずはデータを収集することが基本となるので、モニタリング装置を一刻も早く実用化して、その後のシステム構築を進めて、現場の仕事の流れを変えていきたいと思い、技術開発に取り組んでいます。またデータベースの構築も合わせて必要になりますので、これも進めていきたいと思っています。

(澤本) この図で重要なのは右下の部分で、データを分析して予測を行い、意思決定をするというところです。ここで大量のデータを処理するということで、いわゆるビッグデータ処理、コンピュータ技術が出てきます。本日はその辺りの専門家で、日本ヒューレット・パッカートCTOの山口様から、最近のコンピュータ技術の発展についてご紹介いただきたいと思います。

(山口) 日本ヒューレット・パッカートの山口です。ICTの発展と、それをどう業務に活かしていくかについて、鉄道業務にかかわらず、他業種を含めた事例を用いてご説明いたします。



まずICTというコンピュータ技術の発達状況についての一例です。左側の写真は2002年、世界最速を記録した地球シミュレーターという日本のスーパーコンピュータです。この部屋いっぱいのコンピュータと、2010年に東京工業大学で導入したスーパーコンピュータTSUBAME2.0における1ラックがほぼ同等の速度です。「部屋いっぱい」というのは、ちょうど3,000m²ですが、8年後には1m²という私の目の前の机程度の大きさで同じだけの処理ができているという状況です。これ位コンピュータは発達しています。当然、電力やコストも低減しており、コストは450分の1になりました。これをいかに活用していくかがポイントであると思います。



山口 浩直 氏

日本ヒューレット・パッカート株式会社
執行役員 チーフ・テクノロジー・オフィサー
1983年、横河ヒューレット・パッカート株式会社（現日本ヒューレット・パッカート株式会社）入社。システムエンジニアとして、自動車・製造業のアプリケーション開発、データベース設計、プロジェクトマネジメントに従事。1996年、企業のIT基盤の設計・構築、ITコンサルティングを行うテクノロジーソリューション部、部長に就任。2004年、企業向けのITシステム提案、技術支援組織であるテクニカルセールスサポート統括本部長。2007年、執行役員・ESSNプリセールス統括本部長に就任。2011年より現職、執行役員、チーフ・テクノロジー・オフィサーとしてクラウド、ビッグデータなどの先進ソリューションをリード。

Interpretive article

この写真では、真中の方はプラットフォームから電車に乗ろうとしている一方で、右側の若者は携帯電話をかざして買い物をしています。韓国の地下鉄で実際に1年半位前から行われています。韓国で第2位のスーパーマーケットが一番になるために、店舗を増やすのではお金がかかるので、店舗を増やさずにICT、コンピュータ技術を使って革新を起こそうとしているのです。このようにICTを活用して、革新的で新しいビジネスモデルを用いて利益を伸ばしていくという試みが行われています。



次の写真ですが、これは私の体重計です。毎朝この体重計に乗りますと、無線LANにつながりデータがクラウドに送られ、自分の体重がクラウド上で管理されます。ダイエットの目標値を決めておくと、そのダイエットの目標値に達したとき、メールが送られたりします。このような体重計は今までアナログで、家の中でしか使っていなかったのですが、すべてがネットワーク、デジタル、そしてコンピュータで管理されているということです。スマートテレビ、スマート家電、車、センサなど、ありとあらゆるものがネットワークやコンピュータにつながっていきます。これらのデータをどう活用していくかもこれからのICTの課題です。

世の中の変化 - 教育

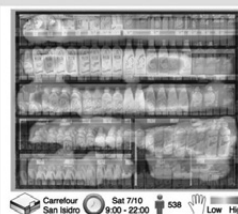


次の写真はご覧のとおりランドセルですが、これに関連して、ICTによる大きな変化が起きています。ランドセルについては年間300億円の市場があるといわれています。しかし実は数年後にこの市場がなくなってしまうかもしれません。もうわかりかと思いますが教科書がなくなり、小学生がタブレットPCで授業を受けるようになります。手提げ1個で授業を受けに行くようになれば、重いランドセルはいらなくなってしまうかもしれません。ICTでこのようなことも変わっていきます。

世の中の変化 - 小売り業界



お客の動きを分析して動線やヒートマップなどのデータを提供し、お客がよく立ち止まる棚や、よく触る、あるいは手に取る商品を分析



各商品の陳列場所の最適化を行い売上向上に寄与

次の事例はスーパーマーケットでの消費者動向を見るものです。消費者行動を分析することによって、どの商品が売れ筋にあるか、あるいは商品をどこに置くと手に取りやすくて売り上げが伸びるかということがわかり、スーパーマーケットの売り上げに貢献するということも起きます。これを人間が手作業でモニタリングするのは大変なことです。ICTの力で大量のデータを集めて分析することが可能になっています。同じようなことがウェブマーケティングでも行われています。皆さま、インターネットショップで買い物したことがあると思いますが、買い物かごに入れても買わなかったことも多々あると思います。実はそれらの行動がすべて分析されていて、その結果によって新しいキャンペーンを展開するということも行われています。

クラウドベースの医療ソリューションで心血管疾患を早期発見

Singtel HealthSTATS[®] wireless BPro[®] - モバイル・ヘルス・モニタリングソリューション

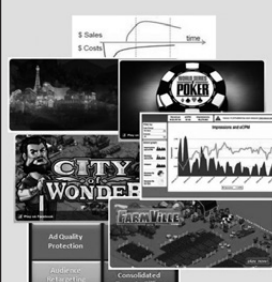
- HealthSTATS ソフトが患者データを血圧、心拍パターンなどのデータに変換
- 無線ネットワーク経由で SingTel のクラウドベースのデータリポジトリに
- HPはセキュアなヘルス・モニタリングアプリ構築やサービスポータルを提供し 医者や患者がネット経由でいつでもデータにアクセス可能に




Health
STAT

次の事例です。これは腕時計に見えますが実は血圧・心拍のセンサです。シンガポールでは心血管疾患の患者がとて多く3割程度の方が亡くなっています。そこで脳梗塞などの早期発見、治療、予防をめざし、このセンサを患者に付けておき、定期的に心拍数や血圧をクラウドに蓄積するようにしておきます。そして何か異常があったときには迅速に情報が伝わることで、医者がすぐに駆け付けて蘇生するということが実際に行われています。患者の命を助けるというところにもICTの力が役立っているという例です。

Web2.0 & Gameへの適用 リアルタイム分析



Challenges

- キャンペーンや営業活動におけるユーザーの動向の理解
- ユーザーエクスペリエンスの向上や変化に対する利益の定量化
- ユーザーの相互作用と関連ブランドの付加価値に対するインパクトの最大化

Solutions

- キャンペーンや営業活動を通じての経験データの取り込みと分析
- ユーザーエクスペリエンスの反復分析による、“In-Time”な変更
- 顧客満足度、ブランド認知度、収益成長、収益性等に関する継続的な測定

Benefits

- キャンペーンや活動における顕著なパフォーマンスの向上
- 顧客満足度、収益性、ロイヤリティの強化
- 旧来のプラットフォームの30%のコストで、50~1,000倍のパフォーマンスを実現する“In-Time”分析

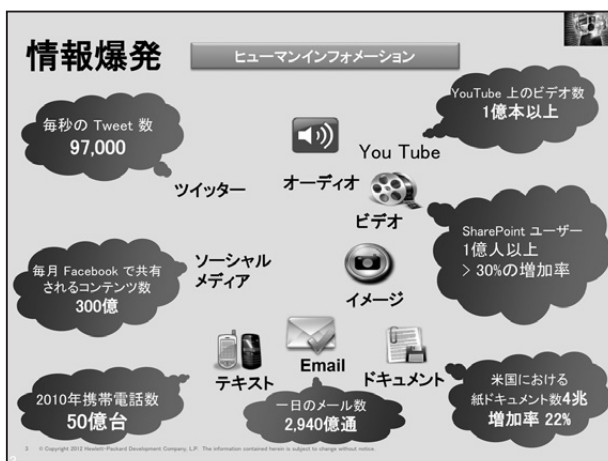
“With over 40 million players, 3TB of new data a day and 230 nodes spread across two clusters Zynga's columnar data warehouse from Vertica is no analytical windup toy.”

Ken Rudin, VP of Analytics, Zynga

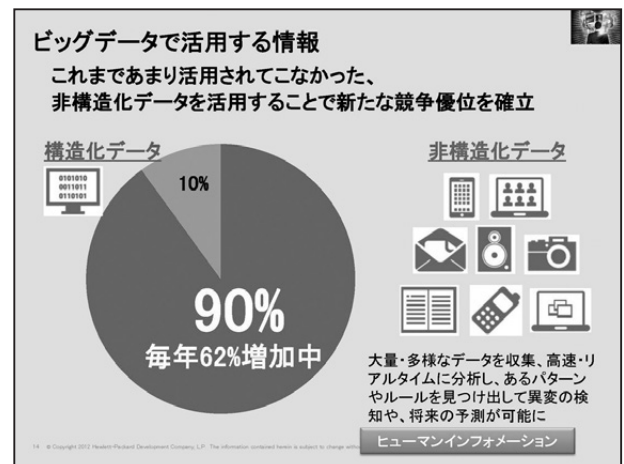
次の例はオンラインゲームですが、これも消費者動向を常にモニタリングしています。従来のデータベースエンジンでは、ユーザーの動向を解析するのに数時間から数日掛かっていたため、例えばある人が退会しそうな場合に、その対策を取るのが数時間後となり間に合いませんでした。しかしコンピュータの計算速度が速くなり、リアルタイムでさまざまなユーザーの動向分析ができることにより、対応可能となりました。ユーザーの満足度やブランド認知力などを収益につなげるため、例えばゲームから離れそうなユーザーがいればキャンペーンを打つ、シナリオを変えるなどの対応が実際にオンラインゲーム上で行われています。



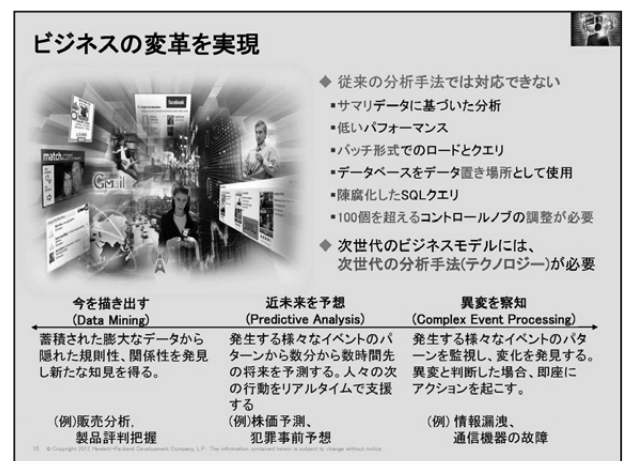
次はエネルギー業界の例です。図の（指に乗っている）小さく四角い物はセンサですが、アメリカシェル石油株式会社が、油田の採掘精度を上げるためにこのセンサを使っています。実は油田を掘ると40%程度が空油田（ドライホール）です。一方、1回油田を掘るのに陸上で1億円から10億円、海上で30億円から100億円程度のお金がかかります。100億円かけて掘ったものが空油田であれば大きなロスになるので、これを防ぐために3次元の地震探査を行っています。このノウハウ自体は30年程前から石油探索に使っていますが、それを多くの地点で観測して得られる1日68テラバイトの大量のデータを迅速に分析することで、石油探索の精度を上げていくということも行っています。



次がツイッターなどのソーシャルネットワークの事例です。図のように人間がツイッターやメール、YouTubeの動画などさまざまな情報を発信していますが、従来のコンピュータはこれらのヒューマンインフォメーションを扱うのが苦手でした。現在では、人間が発信する情報を分析して、新たなビジネスに役立てていくという取り組みが活発に行われています。



ここにありますように従来型の構造型データが全体の10%程度にとどまる一方、世界中にあるデータの90%は、いまお話しした非構造型のメールやソーシャルネットワーク、あるいはYouTubeの動画を含めたものです。またこの非構造型のデータは毎年62%増加しています。これらのデータを活用していくことが課題です。



まとめですが、一点目はソーシャルネットワークも含めた膨大な情報を分析することによって、まず「今を描き出す」ことです。例えば鉄道で何か不具合が発生した場合の原因追求に、さまざま膨大なデータからアプローチすることです。二点目としては「近未来を予測」することです。近未来を予測できると会社の収益が上がる可能性があります。例えば証券会社では株価予想が重要ですが、ある会社に関するツイッターのコメントを分析して、株価を予想します。三点目の「異変を察知」につきましては、何か不具合が起きたとき、あるいは不具合が起きそうな時に、その異変を察知して早めに対応することです。つまりリスクマネジメントにビッグデータを役立てていくことです。以上3点が、ICTの大きな変革点です。

(澤本) ありがとうございます。ICTを用いるとさまざまなことができるということで、特に前もってデータベースとして準備されている構造型データを、非構造型データと一緒に分析できるようになったことはかなり大きな進歩だと思います。メンテナンスにおいても、メンテナンスデータと画像を一緒に処理できるということでしょうか。

(山口) そうですね。例えば工事の現場やトラブル時の動画などを組み合わせて、今までのいろいろな計測データを分析することができるようになってきます。

(澤本) ありがとうございます。坂井様、阪神高速ではこのようなICTを使った技術の導入例などありますでしょうか。

(坂井) そうですね。我々もシステムの高度化の取組みを盛んに行っています。点検データや補修データと補修結果の写真が入っているシステムは一般的だと思いますが、より使いやすくするために、航空写真のある部分の構造状態を見たい場合にはそこをクリックすると拡大写真が出力されるようにしてあります。さらにクリックすると竣工図書が出力され、構造物の図書をさらに見ていくと点検データや補修データが出力される、というようなシステムを導入しています。損傷マップは、現場の損傷箇所をシステムからクリックすればすぐに出力されるようにしてあります。土木構造物だけでなく設備、施設関係にも対応しており、例えばETCの施設のどこが故障しているかもマップ機能でわかります。このように、現場の方々から上がってくる情報をこれらのシステムで見える化しています。

(澤本) ありがとうございます。CBMの話に戻しますが、いわゆる従来の周期やしきい値に基づく検査など、現在のメンテナンスから、モニタリングデータによって個々の劣化状態に応じた検査修繕を行うように変えていく、しかもそれは現場で判断するのですが、このように各現場で判断するような仕組みに変えていくときには、現場の理解は大事ですね。

(坂井) そうですね。やはり現場が理解しないと、新しいシステムの導入は進まないと思います。加えて現場技術者への理解を求めるために、アセットマネジメントやCBMの導入の必要性とそのメリットを本社からどんどん情報発信していくことが必要ではないでしょうか。

(澤本) なるほど。現場の意見や現場に理解してもらおうという話は、このメンバーで進めても限度がありますので、本日会場に来ている現場長の松原所長に今までの感想を伺いたいと思います。

(松原) 新潟保線技術センターの松原です。モニタリングによって高い頻度でさまざまなデータが日々取れることは、とてもすばらしいですし、それに基づいた判断をして施工をすることはメンテナンスの質のレベルアップになるという期待がある一方で、不安もあります。一つ目は我々がいま行っているメンテナンスは設備ごとに定められた検査周期に則って検査・修繕をするという方法ですが、いきなりモニタリングで毎日のように大量のデータが取得されると、そのデータに埋もれてしまうのではないかと思います。二つ目としては、修繕を行う際にはデータの判断はもちろん、補修に使う機械の運用や施工をお願いするパートナー会社社員の要員手配、また他の作業計画との調整、予算などいろいろな制約条件をクリアしながら進める必要があります。CBMなどの手法を導入したときに、いま申し上げた制約条件がクリアされたうえで、我々現場の社員が的確に判断をして施工をしていき、それに

よってメンテナンスの質が上がっていくのだろうかという不安です。

(澤本) 横山所長、回答をお願いします。

(横山) そうですね。大量のデータが現場に行って埋もれてしまうのではないかというのはもっともな懸念だと思います。これから、その現場の意思決定を支援するために、システムを構築したいと申し上げましたが、修繕の機械が一台しかない場合や現場社員の要員手配など、いろいろな制約が現場にはあると思いますので、それらを的確に判断する、あるいは現場で正しく条件設定できるような使いやすいアプリのようなものを設定していきたいと考えていますので、その際は一緒に取り組んでいきたいと思っています。

(澤本) 高田先生はこれらの現場の意見についてどのような感想でしょうか。

(高田) 少し観点が違うかもしれませんが、CBMに関して、センサから得られたデータを見れば、そこにすべての情報があると思うのは間違いだと思います。例えば舌が肥えていない人に味見をさせても、高級な料理を判断できません。その判断をするためには他のいろいろな情報が必要になります。それは設備の構造や機能、過去の運転履歴などで、設備の状態に関する情報に加えてそれらのさまざまな情報を加味して全体として判断しなければならないと思います。その意味でCBMは現場にすべてお任せするというのではなく、むしろ技術部門と現場が一体となってシステムを構築していく必要があると思います。このような観点で仕組みを構築していかないと、実際に動くものにはならないと思います。



松原 崇

東日本旅客鉄道株式会社

新潟支社 新潟保線技術センター 所長

(澤本) ありがとうございます。ここでCBMについてまとめます。

■

CBM(状態基準保全)のまとめ

CBM(状態基準保全)が本格的に導入されると現場における意思決定方法が大きく変化する(メンテナンス哲学の変更)。

(メリット)

- ・安全安定輸送のレベルアップ
- ・メンテナンス経費のコストダウン

(課題)

- ・現場技術者の判断をサポート可能な意思決定支援システムの実用化
- ・メンテナンス哲学の変化に関する現場技術者への理解


技術企画部 / JR東日本研究開発センター

メリットは安全安定輸送のレベルアップ、メンテナンス費用の削減です。一方、課題は現場を支援する意思決定支援システムを実用化しなければならないことと、現場技術者の理解です。これらがポイントになると思います。

3. エキスパートシステム

(澤本) 続きましてエキスパートシステムについて議論を進めていきます。メンテナンスについては今まで、定期的にメンテナンスをするという手法について議論してきましたが、現場の課題はそれだけではありません。突発的にトラブルが起きる、あるいは気象変化によるトラブルが起らないように措置をしなければならないという、現場として喫緊の問題も抱えていると思います。この問題についても、松原所長の隣の、信号分野で現場長をしている河野所長にお聞きしたいと思います。信号分野での現場の悩みを、お願いします。

(河野) 東京信号技術センターの河野です。信号部門では、定常状態監視システムというシステムが、もう20年ほど前から入っており、現場の設備のデータをすべてではないですが、事務所や指令で見ることができます。現場に行かなくても検査ができる、あるいは指令でデータを見て判断することができており、メンテナンスの質は上がりました。しかし、多くのデータが指令や事務所に集まっ

てきますので、一番重要なアラームがそれ以外のものに隠れてしまうという問題もあります。信号部門も含めて設備部門は障害の早期復旧が求められておりますが、障害が起きたときの障害箇所の発見にとっても苦勞しています。その意味で、先ほど横山所長からエキスパートシステムを使ってシステムがサポートするという話がありましたが、具体的にはどうなるのか現場としてはとても関心があります。

(澤本) なるほど。現場はどこの技術職場も世代交代が進んでいるので、経験・ノウハウが若手になかなか伝承できない、講習会などで教育はしているけれども、実際に経験してみないとわからないなどの問題があります。松原所長、加えて何かあればお願いします。

(松原) 世代交代については日々現場でも取り組みをしています。若手社員は、本社や支社の研修で知識は吸収していますし、新潟では設備トレーニングセンターという、いわゆる技能教習所のようなところで基礎的な技能についてはマスターしているのですが、やはり不安があるそうです。その不安というのは大きく分けると3点ありまして、一点目は検査の結果により、施工の依頼や指示をする際、ベテラン社員であれば国鉄の頃からの施工経験に基づいて、適切な施工範囲や材料などを判断できるのですが、若手社員にはノウハウがないことです。二点目は、現場に出たときに、暑い時期であればレールが伸びるのでここを確認する、寒い時期であればレールが縮むのでここを確認する、というポイントをベテラン社員であれば言わなくても分かるのですが、若手社員は経験が浅いので、ベテラン社員が10年経っていなくなったときに、本当に自分ができるのかという不安があるそうです。三点目は異常時の対応です。ベテラン社員であれば信号機が



河野 誉常

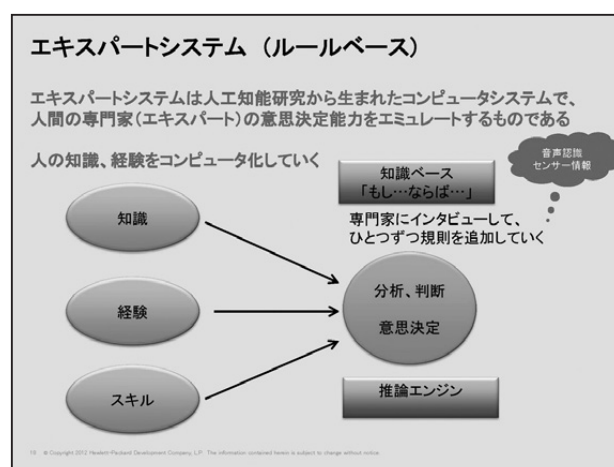
東日本旅客鉄道株式会社

東京支社 東京信号技術センター 所長

赤になっているという情報があれば、レールの傷や絶縁不良などを想定して機材の準備、要員の手配をしますが、若手社員、異常時対応の自信のない社員は、やはり不安に感じるようです。

(澤本) なるほど。松原所長から三点お話をいただきましたが、一点目と二点目は予測・予防保全についてのノウハウの問題で、三点目は河野所長からもありましたように、実際に起こった後のトラブルシューティングのノウハウの問題ということで、大きく2つに分けられると思います。山口様、いまのコンピュータによるエキスパートシステムはさまざまな開発が進んでいると思いますが、この点についていかがですか。

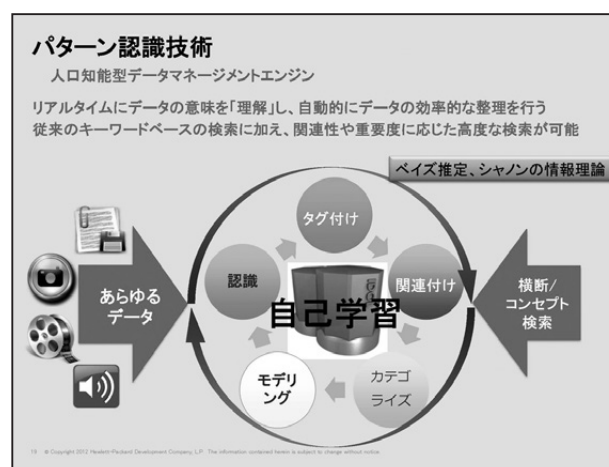
(山口) エキスパートシステムについて整理します。



まずベテラン社員はそれまでの豊富な経験、知識、スキルなどからの確かな判断をする一方で、若い社員は経験が少ないため限られた情報の中で判断しなければならないということです。このようなベテラン社員の判断をいかにコンピュータ化していくかに関して、2つ手法があります。

一つ目は知識ベースというものです。2000年代初頭から研究が盛んだった人工知能のノウハウを使って、「もし何か起きたらこれをしなければならぬ」という形式で判断の支援をします。夏はレールが伸びるからこうである、という単純なケースに加えて、嵐が来る、あるいはここは経年劣化している、など、人間は複合的な情報を判断しています。このような経験豊かなベテランの知識を、知識ベースに植え付けていくことが、エキスパートシステムを構築する1つの手段です。ただ入力作業に多くの時間を要するので、最近は音声認識やセンサ情報を取り入れるということもされています。

二つ目は推論エンジンと呼ばれていますが、パターンマッチングの技術を使って膨大なデータからタグ付けしていくことが行われています。



使っている理論は古くあるベイズ推定やシャノン情報理論です。メールやツイッターなどの膨大な情報に対して、例えば「線路がゆがむ」ということ（文章でも写真でもOKです）を、タグ付けしていくことで、必要なデータをキーワード検索により膨大なナレッジから取得することができます。



イギリスの警察での使用例ですが、過去の調書や監視カメラのデータなどをすべてビッグデータで管理しており、パターンマッチングのロジックを使ってタグ付けしています。そしてある捜査に必要なデータをキーワードで検索し、関連する調書や事例などをベテラン捜査員に代わって見つけ出すことで、犯人の検挙率を高めるということが実際に行われています。

(澤本) ありがとうございます。エキスパートシステムにおいて、松原所長から話のあった予測や予防保全に使えるのが推論エンジンで、トラブルシューティングに使えるのが知識ベースのシステムということだと思いますが、知識ベースのシステムはハードルが高いのでしょうか。

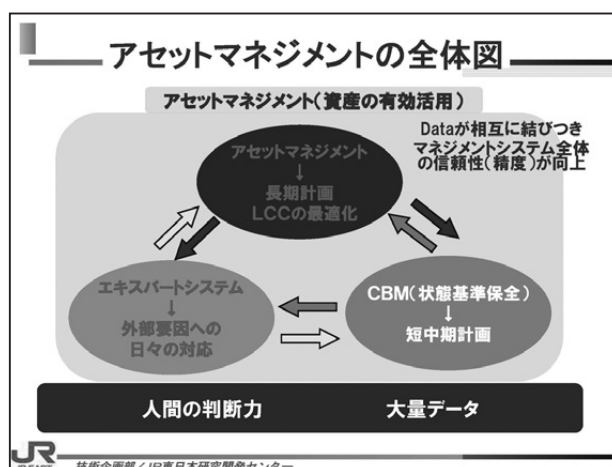
(山口) はい。知識ベースも一時かなり使われていたのですが、知識ベース自体のメンテナンスが必要という課題があります。同じ条件でも時間の経過により異なる処理をしなければならない場合もありますし、新しいトラブルが発生した場合はデータを入れなければなりません。当然、過去のさまざまなトラブル事例を連携して知識ベースにしていくのですが、これもメンテナンスに手がかかるということで、最近では推論エンジンの方がより使われています。

(澤本) ありがとうございます。このようなエキスパートシステムができると、推論エンジンを使うことによって予防保全の施策が提案されるのですが、心配なのは、技術者自身がその提案を鵜呑みにして、結果的に技術者のレベルが低下していくことです。この点について横山所長はどう考えていますか。

(横山) 難しい問題だと思います。PDCAサイクルを回していく必要がありますが、Actionのあとの評価はかなり正確にできますので、その次のActionにつなげやすくなると思います。これを現場社員のモチベーション向上につなげていけるようなシステムにできれば、現場社員もどんどん工夫するようになりますし、サイクル自体の精度も上がっていくと思います。単にデータを大量に取るだけではなく、現場社員のモチベーションを上げるようなシステムが必要で、それによって結果的に施工の質が上がるのではないかと考えています。

4. パネルディスカッションのまとめ

(澤本) ありがとうございます。やはり導入の際には工夫がいるということですね。それでは、アセットマネジメントからCBM、エキスパートシステムと議論を進めてきましたが、高田先生から全体のまとめをお願いします。



(高田) 今回の大きなテーマはアセットマネジメント、CBMそしてエキスパートシステムでした。講演でもお話したとおり、設備が生む価値をいかに最大化するか、あるいはそれに貢献するようなメンテナンスがいかにできるかということを目指し、それに向かって現実には起きているデータに基づいて適切な管理をすることが趣旨だと思います。もちろん個々の言葉の定義や、議論の仕方はさまざまで、必ずしも本日と同じ議論にならない場面もあると思います。しかし今まではその3つの、あるいはCBMとアセットマネジメントの関係が、必ずしも統合されていなかったと思います。そういう意味で今回、堀様や坂井様からご紹介いただいたような実際の現場のデータを活かして、それに基づいて将来を予測し、その予測に基づいてどのようなライフサイクル管理を行っていったらいいかということを経営的な観点から決めていくと同時に、実際のデータに基づいて日々のメンテナンスを行っていくというのは、とても先進的な取り組みだと思います。実際、ヨーロッパで

も同じような方向性で取り組みを始めていますし、我々もそのような方法が一番合理的だと思います。横山所長から、これから取り組みます、と明言していただいていますので、我々としては心強く思いますし、また期待もするところです。特にJR東日本のように現場の技術力もあり、また研究開発部門も持っているところがそれらの力を総合して取り組んでいただけることは、大いに期待できると思っています。ぜひ頑張って実施して頂きたいと思いますし、その結果を我々も勉強させて頂きたいと思っています。

(澤本) ありがとうございます。それでは、以上でパネルディスカッションを終わりにいたします。どうもありがとうございました。



コーディネーター：澤本 尚志

東日本旅客鉄道株式会社 常務取締役

技術企画部長

兼 JR 東日本研究開発センター所長