

2.3 節 行動の優先順位付け

マネジメントの範囲が全国ネットワークから地域ネットワーク、そして構造物レベルに範囲を狭めるにつれ、管理職の実施権は小さくなり、細部への注意は大きくなる。事例 5 では、合衆国大統領は、社会と経済の全体的発展という目的には共感的だった。これに続く手紙では、連邦道路局長??? Chief Highway Administrator FHWA??? (後に運輸省長官) の R. スレーターはより明確に制約を次のように定義した。「必要性が利用可能な資金をはるかに超えている。」

事例 5 上級ネットワーク管理者の見解

1993<誤植 1963→1993>年 10 月 6 日の書簡で (図 E5.1), W. J. クリントン大統領は、アメリカは 21 世紀も強大な国家として存在するために、橋梁と高速道路の巨大なネットワークに本気で取り組まなければならないと述べた。

すぐその後の書簡で (1993 年 10 月 23 日, 図 E5.2), FHWA の局長, 後に運輸省長官の R. スレーターは、誠意はあっても、金銭は「本質的に限られている。」
とい、た?

ホワイトハウス
ワシントン

文が読、こい、た

1993 年 10 月 6 日

ボジダ S. ヤネフ殿

副総監 ?

橋梁検査/研究開発

ニューヨーク交通局

4 階

レクター・ストリート 2 番地

ニューヨーク市, ニューヨーク州 10006

親愛なるヤネフ様:

ニューヨーク市の社会基盤に関するあなたの思慮深い手紙に感謝します。アメリカが 21 世紀も強大な国家として存在するためには、巨大な橋梁と高速道路のネットワークの問題に本気で取り組まなければならないとのあなたの考えに賛成です。私はあなたの手紙をさらなる再検討のために運輸省に送りました。将来の大きな挑戦に直面するときに、あなたの考えを心に留めているでしょう。

誠実に

図 E5.1 合衆国大統領 W. J. クリントンによる書簡.

合衆国運輸省
連邦道路局

局長室 S. W. 7 番ストリート 400 番地
ワシントン D. C. 20590
1993 年 10 月 21 日
参照 : HPD-1

ボジダ S. ヤネフ 専門技術者

副総監

橋梁検査/研究開発

ニューヨーク交通局

ニューヨーク市, ニューヨーク州 10006

? どの部長さんか? 省長?

親愛なるヤネフ様 :

これは、ニューヨーク市の主要橋梁の状態に関する 8 月 27 日のあなたから大統領への手紙に対する追加の返事です。10 月 6 日の返事の後、大統領は我々にあなたの懸念について再検討するように求めました。

大統領は、我々が次の世紀も強大な国家として存在するためには、我々の高速道路と橋梁のネットワークは極めて重要であると述べました。1991 年の総合陸上輸送効率化法 (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991, ISTEA) はあなたもご存知のことと私も思いますが、これにより高速道路と橋梁の必要性に取り組むことができます。一方で、我々は、エネルギー効率がよく環境にやさしい方法で国家に資する National Intermodal Transportation Network 全国総合交通ネットワーク???を整備しています。

同時に、社会基盤に関して言えば、連邦政府もニューヨーク市を悩ましているのと同じ問題に直面しています。一般的に、必要性は対処するために利用できる手段を超えています。国レベルでは、ISTEA により高速道路と橋梁プロジェクトに新たな資金を計上することができますが、それでも必要性は利用可能な資金を大幅を超えています。よって、資源

はできるだけ公平に分配しなければなりません。

道路橋更新・修繕プログラムの現在の取り決め式の下では、ニューヨーク州はある州、~~つまり~~ペンシルバニア州を除いて、毎年他の州よりも多くの資金を受け取っており、時にはペンシルバニア州よりも多く受け取っています。(1994 会計年度における割り当ては、254,496,994 ドルになります。)

加えて、ニューヨーク州は積極的に自由裁量の橋梁資金を求めてきました。1994 会計年度を通して 27 億ドルになる自由裁量の橋梁配分額のうち、ニューヨーク州は 382,710,361 ドルもしくは全体に対して 14.1%を受け取りました。ニューヨーク州に配分された額のうち、計 322,414,703 ドルがニューヨーク市の橋梁(ブルックリン橋、イースト・トレモント橋、マンハッタン橋、クイーンズボロ橋、ユニバーシティ・ハイツ橋)のためのものです。よって、ニューヨーク市の橋梁プロジェクトは、当該期間中に全国に配分された全自由裁量橋梁資金のうち、12%近くを受け取ったのです。1994 会計年度において、最近我々は、ブルックリン橋の改修と D ランプの拡幅に 12,776,000 ドルの配分を公表しました。

明らかに、資金が無限であれば、われわれはもっとできるでしょう。しかしながら、我々はニューヨーク市が主要橋梁を重要な交通結節点として、来る世代への価値ある歴史的遺産として保つ支援をすることを誇りに思っております。

誠実に

ロドニー E. スレーター
局長

図 E5.2 連邦道路局局長 R. スレーターによる書簡。

(引用した書簡の出所である) 地域ネットワークと個別のプロジェクトについて、選択肢は、危険な橋を閉鎖することか、限られた資源をハザード軽減に使うことに限られる(10.3 節)。NCHRP Synthesis 331 (2004) は以下のように詳細に述べた。

STIP (Statewide Transportation Improvement Program, 全州交通改良プログラム) に関するプロジェクトの優先順位を後押しする鍵となる要因は、安全性、交通レベル(例えば、平均日交通量)、長期計画との一貫性、費用対効果、既設施設の状態である。STIP の進展は、設計の完了状態に関するプロジェクト進展プロセスに密接に関係している。しかし、SHA (State Highway Agency, 州高速道路機関???) が特定のプロジェクトを請負 letting 契約???) プログラムに含めるために選択するには異なる方法が多くある。この決断に影響を与える幾つかの支配的な要因があるように思われる。要因には、

どうですか?

決定の理由
という

か

プロジェクトの引渡状態, FHWA からの意見をもって SHA の地区, 地域, 部門により
確立されたプロジェクト優先順位といったものがある. ??? 原文の文法が不明. 「,
and」は1センテンスか2センテンスか???

技術者に管理されたプロジェクトと政治家により協議された予算で, 橋梁マネジメント
は, 構造工学と交通マネジメントの決断を支援する客観的評価を与えることを期待されて
いる. 国レベルでは, 社会基盤の必要性の評価には重要な影響をもたらす. 全米橋梁台帳
(NBI) によると, 合衆国の 65 万近い高速道路橋とカルバートの 40% は, 構造的に不十分
か, 機能的に陳腐化している (付録 14). 横断橋は三つに一つが不十分な橋の上にかかっ
ている. 平均年間改修更新支出は国全体 (合衆国) で 70 億米ドルに達する. BRIME (2002)
はヨーロッパ連合域内の全国高速道路ネットワークに含まれる橋について次のように報告
した.

全国ネットワークの橋の価値は…フランスで 120 億ユーロ, 英国で 230 億, スペイン
で 41 億, ドイツで 300 億と推定される. …高い利用度は混雑を引き起こし, その費用
は毎年 1200 億ユーロと現在推定されている. …英国の国有橋梁にかかる維持管理と補
修の年間支出はほぼ 1.800 億ユーロ程度であり, フランスで 0.500 億, ノルウェーで 0.300
億, スペインで 0.130 億ユーロである.

このような批判的評価には最新の解析及び技術ツールを用いなければならない. しかし,
National Commission Report 全米委員会報告書??? (2004, 339 頁) は, マネジメント
には地域的な必要性と大域的な政策とを調整する想像力もまた使わなければならないと提
言した. 制約がきつすぎて厳密な最適化ができない場合, 妥協の為の系統的な代替案が,
限られた資源を配分するために必要とされている. 最適化は優先順位付けの形をとる.

全ての資源配分は対立する制約の下で最適化される. Picon (1992, 38 頁) は, 18 世紀
フランスの交通社会基盤の構築により領土の管理を行い, 結果として統治側の行政と土地
所有者との利害を調整しなければならなかった. 地域の政策と優先順位は多様のままであ
る. 付録 11 は, 合衆国における橋梁マネジメントの優先項目に対応するために, 連邦道路
局により採られた段階の概要を述べている.

付録 15 は, 総合交通資産マネジメントの用語と傾向について述べている. 構造物レベル
の橋梁マネジメントは, 「残存耐用年数」, 「サービスレベル」, そして社会基盤の「劣化」
の推定は全て不確定性に困難な問題があることを即座に教えてくれる (10 章参照). 少な
からぬ余裕度と集中的な研究進展が, アセット・マネジメントの目標を達成するために必要
とされている.

世界中の工学分野の学協会は, 社会基盤マネジメントの需要に対して, ASCE (1993,
1997), PIARC (1996), 国際構造工学会 (IABSE, 2000) のような数多くの会議を実施

55

道路網の overpass

1.839 億ユーロ? 230 億ユーロ? 大き過ぎるか? それより損失

図を
可

120 億ユーロ
前文と
24? 25?
分思い

することで対応してきた。この主題について、会議やシンポジウムが定期的に行われており、とりわけ国際橋梁維持管理・安全学会 (International Association for Bridge Maintenance and Safety, IABMAS) によるものがある。他には、エコー・ナショナル・デ・ポン・ゼ・シヨセ (ENPC, 1994), Harding ら (1990, 1993, 1997, 2000a, 2005), Forde (1999), Vincentsen と Jensen (1998), Das ら (1999), Frangopol (1998, 1999a, b), Frangopol and Furuta (2001), Miyamoto and Frangopol (2001), Miyamoto ら (2005), TRC (2000, 2003) がある。NCHRP と FHWA の TRB は、この分野の重要な進展を全て扱う報告書の、最も包括的で継続的に拡張されている書庫を整備してきた。

Xanthakos (1994), Barker and Puckett (1997), Taly (1998) のような、橋梁設計の教科書は、序章もしくは終章で、検査、維持管理、費用便益分析を含む、橋梁マネジメントもしくはその構成要素について論じている。Chen and Duan (1999) や Ryall ら (2000) による橋梁工学のマニュアルはこの主題について節を割いている。White ら (1992) は橋梁維持管理、検査、評価を論じている。Xanthakos (1996) と Calgaro and Lacroix (1997) は既設橋梁の補強と改修を扱っている。Troitsky (1994) と Ryall (2001) のように橋梁マネジメントを直接扱う教科書は、他の要点のなかでも、この主題に関して包括的に談じることの不可能さを論証している。Hudson ら (1997) は社会基盤マネジメントの百科事典的な概観を達成している。

ソフトウェア会社はカスタマイズされた BMS を提供する。ノースカロライナ、ルイジアナ、ペンシルバニア (TRR 1083, 1986, 25-34 頁)、ニューヨークを含む州は独自の BMS を開発してきた。代表的な BMS のフロー・チャートが付録 16 に示されている。それら全てが、様々なマネジメント・レベルで責任を有する橋梁所有者のために決定支援を与えるように意図されたデータベース、入力、出力モジュールからなっている。フロー・チャートに含まれている活動は橋梁マネジメント以前にさかのぼるが、その体系的な取り扱いがマネジメントを質的に向上することが期待されている。

橋梁マネジメントはいみじくもそれ自身をマネジメントとしぶしぶ呼んでいる。なぜなら、図 1.33b に示されているように、資源と長期政策を決定しないからである。Arner ら (TRR 1083, 1986, 25-34 頁) はペンシルバニア橋梁維持管理マネジメント・システムについて報告した。システムにより管理される全行動に優先順位等級が付けられた。補修は以下のように優先順位付けがされた。

1. 緊急-6ヶ月以内
2. 緊急-12ヶ月以内
3. 優先-2年以内
4. 日常構造的-資金調達まで延期可能
5. 日常非構造的-計画されるまで延期可能

どうなの？

維持管理行動は、「橋の現状の構造安定性に対する一般化された相対的重要性に基づいて」、A（最高優先順位）から E（最低優先順位）の間で等級付けされた。

執筆時点で、ペンシルバニア州交通局は、進展する必要性と状態を反映するように BMS を更新している。

神戸と大阪の地域における 221.2km の橋梁ネットワークのために、阪神高速道路公団は保全情報管理システムを導入した。Hearn ら (FHWA, 2005b) による報告は、BRIME (2002) と同様に、主にヨーロッパで現在使われている維持管理マネジメント・システムについて述べている。この主題に関する彼の包括的な章で、Hearn (Frangopol, 2002, 208 頁) は次のように結論している。「既往の橋梁マネジメント・システムは維持管理マネジメント・システムであるが、現在進展している取り組みによりこうしたシステムは橋梁の強度及び安全性評価へと拡張していくことができる。」

ムリな材料に使うと

2.4 節 リスクの最小化

設計実務は、アンヴァリッド les Invalides ル・インバリデス??? (1827) やディー (1847)、テイ (1879)、ケベック (1907)、タコマ (1940) などの過去の事故により大きく影響を受けてきた。これらすべての事故は施工中か供用初期に起こった。これに応じて、AREMA (以前は AREA, 1905 年に初版) や ASSHTO (元は AASHTO, 1928 年) などの設計基準は、安全余裕度を規定することから、AASHTO の LRFD や Eurocode に見られるように設計・施工時における信頼性のレベルをモデル化することへと進化してきた。結果は、「竣工時」の状態での安全な構造物であるべきである。長期に存在する構造物の安全性は運用の方法に依存する。例えば、資産のマネジメントと利用に依存するが、そのいずれも設計と施工と同程度には明記も統制もされえない。

Zee は
海が

ここ数十年、かつては永遠と考えられていた橋梁の耐用年数は論争をよぶ設計変数となった。AASHTO は 75 年を規定値としたが、Chase らは平均橋梁寿命を 42 年と報告した (TRC 498, 2000, C-6)。平均以上の性能を持つべき重要な結節点の橋梁であっても影響を受ける。The New York Times (2006 年 1 月 17 日, B1 頁) タパン海橋の 50 周年を以下のように報じている。「タパン海橋は 50 歳を迎えた。橋として危険が大きな歳である。」

?

橋の供用を比較的若い構造物年齢で失うことは、資金の不足と維持管理、究極的にはマネジメントの欠陥を示唆している。 こうした仕事は解析や設計のように厳密に成文化できないため、多くの recommendations 推奨、勧告、提言???, guidelines ガイドライン???, マニュアル, instructions 指示???, advisories 勧告???, 基準の代わりに増殖してきた。こうしたものには、維持管理に関する AASHTO (1983, 2000a, 2000b), 検査に関する FHWA (1986, 1995a, 2002a, 2002b), 状態評価に関する AASHTO (1989, 2000, 2003) がある。

これら全ての文書は、特定の幾つかの事故にある程度動機付けられている。リスクとそ

おとろおとろに下り

比較的若い年齢の橋が
供用中のもの

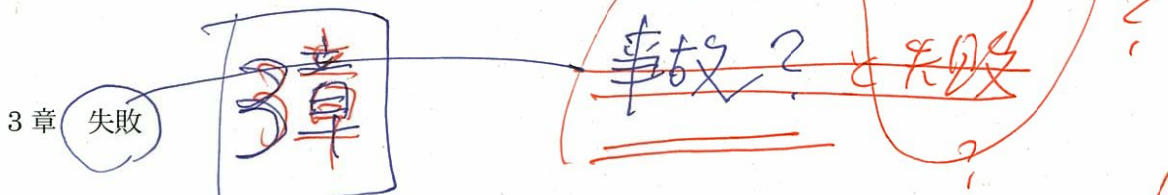
12

年令に達した

信用

の相補にある安全性は客観的に定量可能な変数というよりは認識である。もしある構造物が期待耐用年数の中ほどで安全ではないと宣告されたら、結果として生じる経済的損失はマネジメントの失敗として認められるかもしれないし、一方で崩壊の回避は工学の成功として断言できるだろう。対照的に、もしある橋が現役で供用中に崩壊したら、その事故は利用者に影響を与え、利用者は即座に設計とマネジメントを責める。2005年9月12日発行の *Engineering News Record* (ENR) は、ハリケーン・カトリーナの最中のニューオーリンズ周辺の堤防システムの決壊を「背信」であると報じた。2006年7月10日にボストンの「ビッグ・ディグ (Big Dig)」自動車用ネットワークの一部で起きたトンネルの天井パネルの致命的な崩壊の後にも、同様の感情が表わされた。その折、メディアは、「社会基盤は行政の延長である」と述べた。市民と専門家の信用喪失は、構造物の健全性の明白な喪失と相まって、マネジメントを推進する力となっている。BMSはマネジメントの決定の帰結を定量化し、様々な結末の可能性、特に意味がある事故の可能性、を推測することにより、支援を与えるのである。

図 2.2 タパン海橋、ハドソン川。



工学とマネジメントは成功へのその専門的責務により、失敗に対する考え方において、芸術や科学から分化した。 バレリー-Valéry(1941, 95頁)は、「常に成功するレシピの集りを科学と呼ぶ」ことを提案し、「残りは文学である」としている。しかし、デカルトとニュートンは科学を成功の上位においた。彼らは、かもしれないことを仮定するよりは、何であるかを調べた (1.8節)。Rudyard Kipling (1865-1936) は、「大成功と大惨事、これら二つの詐欺師を同じ」に扱うことを薦めている。成功はどんなときにも詐欺師なので、不確定な状況と認識に依存している。Santayana (1928, 60頁) は、成功を「人生に起こった短命で気まぐれな実験」と見ていた。現代科学は不確定性と折り合いを付けるようになり (1.9節)、一方で芸術はリスクを受け入れている。よって、工学とマネジメントは、堅固な理論的支持も保証された芸術的承認もなしで、成功を確実にしなければならない。

大胆な支間長は (より大きな有用性ゆえに、高いタワーよりも多分もっと) 成功を体現している。しかし、明白かつ恒久的であっても、その成功は必ずしも再現可能ではない。最終成果品の簡潔さは、重要である成功裏の近似と偶然の合致を大体的場合表に出していない。一つの成果では絶対確実性を証明していない。なぜならそれは不安定な過程の結果かもしれないからである。信頼できる日常的繰り返し革新の前置きとなり、安心を育てる。工学システムが成功し続ける (もしくは安全であり続ける) 範囲は厳密には定義できない。これは関連特性、運用条件、要求が完全にはモデル化できないし、まして予見でき

ないからである。

・ 対照的に、失敗は再現可能であり、体系的に絶つことができる。よって、成功の追求は失敗の回避の形をとる。「成功は失敗を予見することである」と Petroski は述べた (1992, 53 頁)。そうした予見は、理論的、実践的、技術外の規律、そして超自然的な力にさえ、求められる。Godfrain (2003) は、ミヨー高架橋 (図 1.44) の論争と目を見張る最終的な成功を、芸術、建築、政治、愛、宗教、迷信を織り交ぜた楽しめる作品に練り上げた。啓発的な二つの人格の現出でもって、悪魔が橋は「その創作者に反抗している」と説くとき、別の人格はそうした創造に強い関心を持ちながら、超常的で潜在的に破壊的な力に無視をする。彼の例には、ケベック橋とタコマ橋の崩壊と、ロンドンのミレニアム橋 (図 3.1) とパリのソルフェリーノ歩道橋 (図 3.2) の一時閉鎖も含まれている。対照的に、約 300 の橋がフランスで魔橋の名で生きながらえている、最も顕著なのがカオールのランドマークの橋である。全ての人物の肖像は 1 頁で放棄されており、技術者はいみじくも文章に出てこない。

技術的領域で、Farrar, Lieven, and Bement (Inman ら, 2005) は、1988 年のアロハ航空機の機体事故を、連邦航空局が設けた経年航空機プログラムの引き金として引用している (1.3 章, 損傷制御予後診断の動機)。この反応と幾つかの注目すべき橋の機能不全による帰結との間で、直接的なたとえ話が引用できる。その中で最も注目すべきは、オハイオ川をわたるシルバー橋の崩壊であるが (事例 6)、他の例も「失敗データベース」を充実させている。

図 3.1 ミレニアム橋, ロンドン。

図 3.2 (a) (b) ソルフェリーノ歩道橋, パリ。

事例 6 シルバー橋, ポイント・プレザント

1967 年 12 月 15 日、オハイオ川のポイント・プレザントにかかる国道 36 号線の「シルバー」橋が崩壊した。46 人の運転者が亡くなり、米国における 20 世紀の最大の事故となつて、付録 11 にまとめられた進展の引き金となった。

同時代の ENR reports (Ross, 1984, 239-253 頁) の新たな視点は、崩壊後の推測を説明している。当初の評価 (241 頁) は、「橋年齢、腐食、疲労、荷重超過」の (独立的とはいえない) 寄与のため、「崩壊は決して解決されないかもしれない」であった。

シルバー橋の検視的調査は事故につながった幾つかの要因を特定した。補剛ディープトラスにもかかわらず、橋は全体的に非冗長なピンとアイバーの吊り構造に依存していた。(図 E1.3 と E1.4 の構造のような) 他の複数アイバー構造とは対照的に、事故を起こした構造はたった二つのアイバーから成っていた。よって、全体的に非冗長の吊構造は、主部

と推定され?

意味不明?

材の内部的な非冗長性と適合していた。局部的な材料欠陥が後に検出された。周辺温度はマイナス 23 度ほどだったかも知れず、材料の脆性化を進めた。破壊が重要となる多数の構造詳細は、安全とされる間隔では目視検査されえなかつただろう。推定疲労寿命は重要な箇所の実際の応力レベルと振幅によってのみ推測されただろう。予防維持管理対策は効果的でありえなかつたであろう。後から考えると、シルバー橋のライフサイクルのどの段階でも後に続く段階に責任の重荷を課していた。

Rolfe and Barsom (1987, 4 頁) ~~???~~原文の(の位置が変? ~~???~~は、ポイント・プレザント橋事故の冶金学的観点について、Bennett and Mindlin (*Journal of Testing and Evaluation*, 1973 年 3 月, 152-161 頁) を引用している。

によ本では

破壊は複数の要因が組み合わさって起きた。どれかが欠けていたならば恐らく起こらなかつただろう。(a) 鋼材の高い硬度により応力腐食割れに敏感になった。(b) ジョイントで部材の間隔が狭いため、アイバーの応力が最もかかる部分に塗装を施すことが不可能だった。(c) アイバー鎖の高い設計荷重により、アイバーの目の内側で鋼材の降伏強度を超える局部応力を生じさせた。(d) そして、徐々に進展する応力腐食割れが 0.12in (3.0mm) の深さに成長したときに、鋼材の低い破壊靱性により完全破断へと移行してしまった。

二つのアイバーから成る吊構造の脆弱性が特定されると、同じ構造的特徴を持つ多くの橋が退役させられるか、綿密に調査された。図 E6.1 は、ワシントン州のパスコーケナウィック橋のアイバーのひび割れを示している。複数アイバーの構造の状態は、その冗長性故に危険とは考えられない。しかし、図 E6.2 のように、超音波検査が推奨される。

図 E6.1 ワシントン州パスコーケナウィック橋のひび割れの入ったアイバー。G. Washer と M. Lozev 撮影。

図 E6.2 クイーンズボロ橋でのピンとアイバーの超音波探傷検査。

1983 年 6 月 28 日、州間高速道路 95 号線の一支間が、ピン・ハンガー部の破壊によって、コネチカット州マイアナス川に崩落した。1986 年 9 月に、FHWA は破壊が問題となる橋梁部材の検査マニュアルを発行した。

1987 年 4 月 3 日、ニューヨーク州 ~~Thruway Authority~~ 高速道路局 ~~???~~ の橋が洗掘のため、ショハリー・クリーク川に落ちた。1987 年の The Surface Transportation and Uniform Relocation Assistance Act ~~???~~ は、橋梁検査プログラムを拡大し、破壊が問題と