

不十分な特徴).

- ・既存施設について, 変化する状態に対処するための監視不十分. 荷重を含む.
- ・施設の所有者と/もしくは管理者による非効果的な使用と維持管理.
- ・特定の行動もしくは無行動の帰結の不認識か不理解.
- ・関係者の知識と経験の不足.
- ・知識の非効果的なマネジメント. 情報への迅速なアクセスの欠如を含む.

したがって, 事故は解析的な面と応用的な面から取り組まれる. 理論はモデルの終局保有能力を決定し, 現実の事故はマネジメント実務の形を作る. 厳密に構造物挙動の範囲内において, Gourmelon (1998) は, 「唯物論的」と「現象論的」な双方の線からの調査を薦めた. 前者は力学に焦点を当て, 後者は荷重履歴に当てる. 定期刊行物の *Engineering Failure Analysis* (Pergamon, Elsevier Science) は構造物事故の厳密な議論を与えている.

事故のなかから何が?

3.5 節 複合的な影響と偶然の一致

検視的調査は, 個別の原因よりは, 構造物全体事故を引き起こす決定パターンもしくは決定の連鎖を明らかにする傾向にある. 設計もそうである. 可能な限り, 工学設計は, モノとプロセスの双方における信頼性を向上するために, 冗長性に依存する. こうした場合, 全体的な失敗は幾つかの部分的な失敗の蓄積的な影響によるのである. Neale (2001, 51 頁) は以下のように述べた. 「実際には, 失敗が単一の原因を持つことは極めてまれである. 共通した状況として, 幾つかの要因が同時もしくは連続的に生じ, 危機的な組み合わせがその事象を引き起こしていることがある.」

数多くの例が, 単一の事故原因よりは偶然の一致を指し示している. ポイント・プレゼン事故 (事例 6) は特に示唆に富む. なぜなら, その事故は幾つもの同様の理由により他のどこかで起こりそうだったからである.

2004 年 5 月 23 日のシャルル・ド・ゴール空港での屋根付き歩道橋の事故 (図 3.11) の後, *The New York Times* (2004 年 5 月 25 日, A10 頁) は, 「崩壊を招いたのが, 設計の欠陥もしくは技術的間違い, 施工ミスのいずれかなのかはまだ言えない.」と報告した.

図 3.11 パリのシャルル・ド・ゴール空港の崩壊したシェル構造.

設計の欠陥, 技術的な間違い, 施工ミスの間の区別は漠然とほのめかされている. *Le Monde* (2004 年 5 月 25 日, 18 頁) はより明確に疑問を言い換えている. 「崩壊は…設計の欠陥によるのか? 材料に間違いがあったか? それともおそらく建設が早すぎて監理が不十分だったのか?」

Engineering News Record (ENR, 2004 年 5 月 31 日, 11 頁) は, シェル構造の上部工崩壊に先立つ, 支持柱の外繊維補強の修理と施工の遅れについて述べている. 2004 年 7 月 7 日の *The New York Times* (A3 頁) で, C. Smith は, 崩壊したシェル構造はその非対称

?

性ゆえに「非常に複雑」であり、施工中に破裂を被って穴があいており、「財布のように折り重なっねられていた。」後者の供述は、崩壊メカニズムの形成に関する推測を誘う。その仮説は、鋼ストラットがコンクリート・シェル構造を突き刺しているという形跡により支持される（ENR, 2004年7月12日, 10頁）。引き続き出された報告（ENR, 2004年9月27日, 16頁）はコンクリートと鉄筋の品質について焦点を当てている。2005年の2月15日に発表された調査の予備的結果は、熱膨張と収縮によるコンクリートの疲労（4.3.1節）に言及している。シルバー橋のケース（事例6）にあるように、個別には危機的ではない脆弱性が複合的な壊滅的効果に寄与するなど予期されていなかったし、振り返ってみても評価することは難しい。

韓国の漢江にかかる聖水大橋の吊支間が崩落して、設計、施工、維持管理、供用は即座に疑問を呈された。

ハリケーン・カトリーナの影響に関して、カリフォルニア大学バークレー校 R. G. Bea 教授は、*The New York Times*（2006年6月11日, WK3頁, 2段）により、大きな事故は「一般的に長期間にわたって進展し、多数の人々と異なる機関が関与し、多数の機能停止と機能不全を含む」という旨で、引用されている。

工学における傑作の独自性は容易に理解される。しかし、失敗は予想可能なシナリオをたどると期待されている。一般に言われているのとは反対に、大成功も大惨事も生存者に完璧な後知恵を授けるものではない。偶然の一致の事故への寄与は、成功への寄与と同じくらい重要で得がたいものである。

3.6 節 教訓

Seneca（紀元4-65年）は、知識は「他の人と共有されないならば正当化されない」と考えた。シャルル・ド・ゴール空港の崩壊の後、ENRの編集者は「我々は世界中の業界は教訓を残らず得るために、この事故を学ぶことを望んでいる。」とアピールした。

進行中の訴訟は、メディアの初期の集中的な注目が続く期間以上に、詳細な情報の公表を遅らせるであろう。の公開が進む

Feld（1968, 2頁）は、彼の建設事故に関する研究が、「業界全体のために、私的調査の書類や記録を緩和するであろう」との希望を表した。Ross（1984）は注目すべき早期の事故の *Engineering News Record* の報告をまとめた。

教えるということは知識を意義ある情報に変え、一方で学ぶということは情報を知識として吸収する。Mach（1838-1916）は述べた。「思考上で事実を復元し予期することにより、経験を置き換える、もしくは保存する、ことが、科学の目的である。記憶は経験よりも扱いやすく、しばしば同じ目的にかなう。」

情報は知識よりも管理しやすい。熟練者が情報（基準など）や経験（失敗など）から知識を引き出す一方で、「知識集約型」システムは、知識を移動可能な情報として表現しよう

再考に下し

わかりやろ

と試みる。よって、経験より進化した後、知識は情報へと構文解析され、未経験な使用者によって新しい状況の下で再度テストされる。意図された高得点と意図しない低得点の終わりのない繰り返しが進んでいく。成功により、科学的知識の構造が大きくなることが期待されている。間違いや欠点は、概して職人芸に関連した行為であるが、削除の対象となる。それぞれ、特定に偏った形で、専門家と一般人の記憶を刻む。

Gordon (1978, 63 頁) によると、「材料と構造物の固有の意固地さに対する深い本能的な認識は、技術者が持ちうる最も価値ある才能の一つである。」構造物の素直でない固有の意固地さは二つの利用可能な方法、分析と経験論（例えば、脱神秘化と順応）、の組み合わせにより管理されなければならない。

全ての建設の偉業が設計の専門実務を進歩させるわけではない。推定された成功の教訓は、教訓が意味するところを完全には承知していない実務者によって（しぶしぶ、もしくは、大げさに）共有される。成功した経験的な解決法は、理論的説明が得られないと、永続的な教訓とはならない。Roebing のブルックリン橋は、才能は劣っても理論的に明確な設計によって継がれていった。厳密な分析なしでは、失敗もまた訓話以上ではない一誇張されるか、忘れ去られるのである。失敗の後の対応は、設計よりも自発性に負うところが大きい。1907 年のケベック橋の崩壊の後に、ニューヨーク市のクイーンズボロ橋（「カンチレバー」・トラスではあるが、全く異なるトラス橋）の設計が公に問題とされ、再審査されて保守的な設計であることが分かった（Reier, 1977, Petroski, 1955）。

橋梁事故の教訓は、予見不可能でもつぱら観察不可能な事象から推論しなければならない（タコマ橋崩壊のフィルムは、事故と同じくらい、今でも類を見ない）。数少ない橋の計画的解体では、決定的ではないがとても興味深い知見が得られ、将来のこうした調査を推奨するものである。ワイヤーの終局強度を決定するように、破壊まで試験すること（保証荷重試験）が可能なら求められている。試験に成功したときでさえ、そうした試験は主として特定の設計を発展させることになる。

災害から収穫を得ることは、工学的マネジメントにとって極限的試験ということになる。Navier と L. Moisseiff の多くの偉業のなかでも、彼らの橋の事故、それぞれバリのアンヴァリッド Les Invalides ル・インバリデス橋とワシントン州のタコマ・ナローズ橋を、分析しようとしたことが評価されている。

以下の並びが吊橋の歴史から抜粋できるだろう。1823 年、Navier は、影響を残した *Memoire sur les Ponts Suspendus* を出版し、Sir Marc Isambard Brunel (1.8 節) の設計に特段の称賛を示した。1826 年の Navier のアンヴァリッド Pont des Invalides インバリデス橋訪問で、Sir Marc は、川に落ちることを恐れて、彼の息子の Isambard Kingdom Brunel に橋に足を踏み入れさせなかった (Hopkins, 1970, 203 頁)。アンカーレッジが急速に変形して、1827 年に Navier は橋を解体せざるを得なかった (Karnakis, 1997)。彼は早くに亡くなる前に、失敗の詳細な分析を出版した。クリフトンにある支間長が 702ft (214m) ある、I. K. Brunel の好んだ吊橋は、彼の不慮の死後に完成し、(改修

だから?

考(部)

されたが) 今でも現存している。

Sir Marc は予知能力があったのか、それとも単に用心深かったのか? ナビエは理論に過剰な自信を持ちすぎたのか? Isambard は、アンヴァリッド橋 les Invalides ル・インバリデス??? ? での彼と彼の父の経験から学んだのか、それともナビエの分析からか? これらの疑問は特に教訓的である。なぜなら、はっきりと答えられないからだ。失敗は啓発的だが、必ずしも科学的な経験ではない。失敗から一般的に適用できる情報は、専門的知識には積みあがらない。 基準は設計を体系化するが、実務者は質の良い構造物を生み出すため に対応する知識をを持たなければならない。 // not clear

Shepherd and Frost (1995) は、単なる失敗と特定された原因の列挙では必ずしも実務を進化させないことを示している。失敗を予見することは分析的な成功だが、それは失敗を回避するマネジメント次第である。第二次世界大戦中のドイツのフランス侵攻の直前に、フランス軍総司令官の Gamelin ガムラン 将軍は正確に Romains ロメイン??? から ロマ ンに対してと予言した (1940)。著者は、この無益で「夢のような明快さ」に以下のように驚嘆した (102 頁)。「夢想家は、例えば彼が建築家であったなら、彼が作りたい称賛に値する建築物の細かい細部を夢見る。しかし、彼は最後の細部を無視している一ささいで、つまらなく、予見できない頭痛の種に満ちていること一つまり、作ることを。」 // 意味? // 意味? ?

その利点にもかかわらず、失敗の学習は、「反作用的」に留まっている。受動的に敗北を描く将軍は、作らない設計者よりももっと弱い。軍隊は既に委ねられた資産だからである。これは構築された社会基盤にとってもあてはまる。いわば、社会基盤はすでに (予期されたものであれ予想外であれ) 荷重の攻撃の下で働いているのである。 (意味?)

「積極的」な代替案はモノとプロセスの脆弱な特徴を特定し排除することになる。課題は、二段階の永続的なサイクルになりうる。一つ目に情報を収集し評価することで、二つ目は決定を行い実施することである。 ?