

未来社会の安全・安心 —社会インフラを中心に—

佐野恵美子*
関 真規人**

Safety and Reliability in Future Society with Focus on Society's Infrastructure

Emiko Sano, Makito Seki

要 旨

未来社会では海外でも少子高齢化と社会インフラの老朽化が予測されているが、膨大な人と費用が必要な現在の維持管理の仕組みはいずれ限界を迎える。その一方で、センサ、ロボット、IT等の技術は発展を続けている。様々なデータに位置情報を付加して、その膨大なデータから新しい発見を得たり、高精度測位技術の発達に伴って、各種データに高精度三次元位置情報を付加したりできる社会が到来する。このような未来社会での安全・安心に必要な維持管理の姿を日本の社会インフラを中心にまとめた。

(1) 現在～近未来

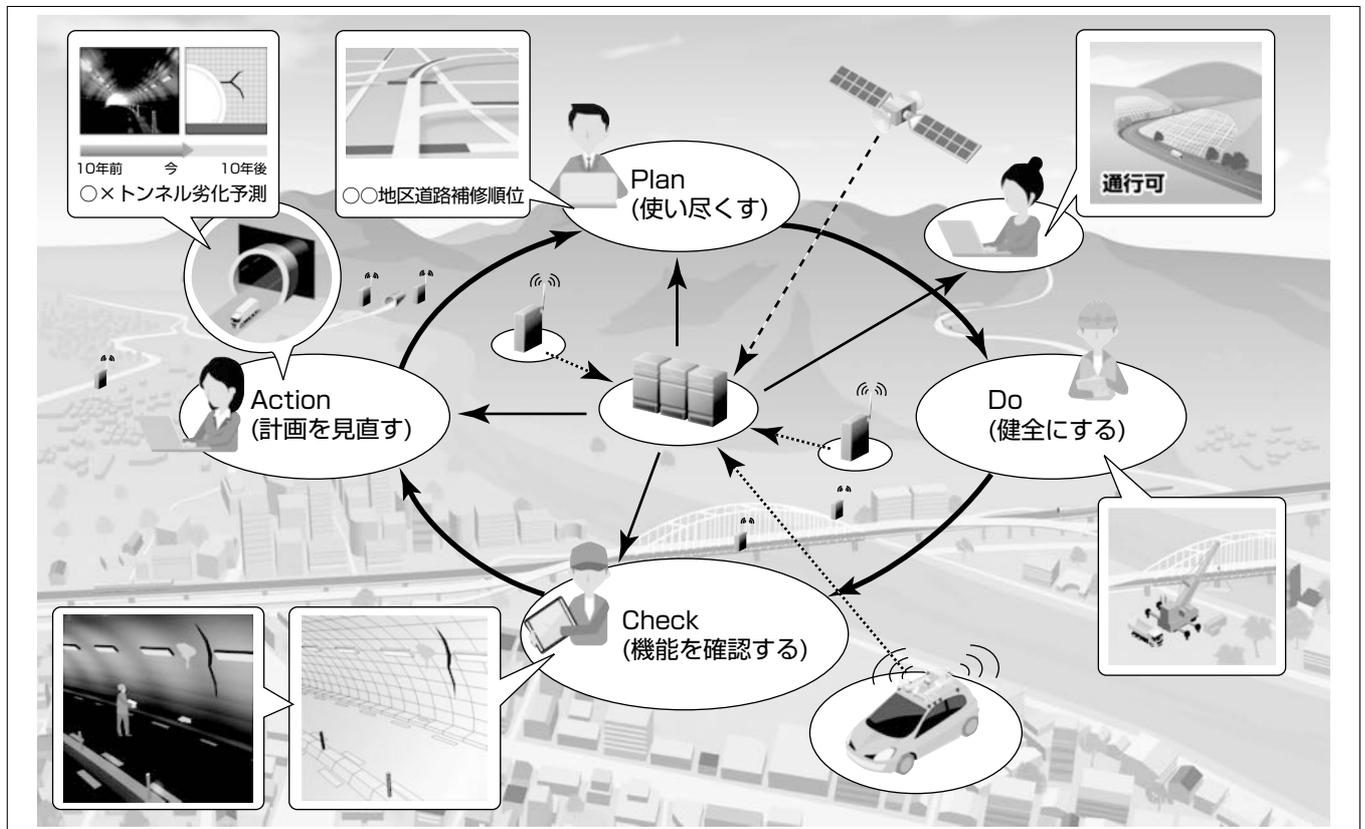
現在の事後保全型からPDCA(Plan, Do, Check, Action)サイクルをまわす予防保全型への転換が進んでいる。三次元形状を持ち複雑に交差するインフラを効率的に点検してPDCAサイクルをまわすために、三次元情報+時

間の四次元情報管理、センサ技術を使ったスクリーニングの一般化、PDCAサイクル上での共通基盤データのフォーマット化が導入される。

(2) 近未来～未来

更に少子高齢化がすすみ、国土の1/3の地域に人が住まなくなる。安全・安心な社会を実現するためには、社会インフラ単体の維持管理のみならず、災害や交通なども含めて地域全体で安全・安心を確保する。さらに、修理だけではなく新設・廃棄も含めてドラスティックにインフラ資産が活用される。

また、未来社会実現のキーとなる高精度三次元測位技術の代表例として準天頂衛星システムとタブレットなどを用いた三次元モデル構築技術について述べる。



未来社会における安全・安心な社会の実現

社会インフラ維持管理のPDCAサイクルと近い概念だが、更に地形や交通流、天候なども考慮して地域全体の安全・安心を守る。

1. ま え が き

日本のみならず、世界的に少子高齢化が進行していく一方、安全・安心な我々の社会を支え続けてくれている社会インフラの老朽化が進行している。

本稿では、そのような状況で、何をすれば安全・安心な未来社会を実現できるかを述べる。

2. 社会インフラを取りまく世界の姿

日本は長期の人口減少社会に突入しており、2050年には総人口が1億人を切る一方で高齢者率は増加し、2050年には39%が65歳となる少子高齢化社会の到来が予測されている⁽¹⁾。また世界の人口も2050年から減少し、人口大国の中国も含めて世界的に少子高齢化社会へ突入すると予測されている⁽²⁾。

社会インフラの老朽化はアメリカがいち早く問題に直面している。1930年頃のニューディール政策で大量に整備されたインフラの老朽化が進み、1980年頃には大きな社会問題となり、“荒廃するアメリカ”が1981年に出版された。23年後の2004年の段階でも全体の30%に当たる橋梁(きょうりょう)が欠陥を抱えていた⁽³⁾⁽⁴⁾。日本はアメリカに30年ほど遅れた1950~1970年代の高度経済成長期にインフラの建設が進み、今、同じように老朽化問題に直面している。内閣府作成の“日本の社会資本2012”⁽⁵⁾では17部門にわたる各種社会インフラのストックピラミッドをまとめており、1990年にストックピラミッドのピークがあり、これらの平均耐用年数が30~60年であることに鑑みると、今後数十年で老朽化する設備が急増することが指摘されている。17部門とは道路、航空、鉄道、上下水道などの土木インフラから、治水、治山、農林水産業などの第1次産業関連、公共住宅や都市公園などの建築物、郵便も含んだものである。例えば老朽化の目安である建設後50年を経過する橋梁は2032年には全体の65%、トンネルは47%を占める⁽⁶⁾。さらに、現在発展著しい中国などのアジア諸国や中南米も先進国の後を追う可能性が高い。

このような状況下では、次のような深刻な課題が発生する。

(1) インフラの維持管理費用のひっ迫

国内では2025年に維持管理に必要な費用が投資可能額を上回るという試算がある⁽⁷⁾。

(2) 維持管理業務関係者の減少

資金と人材の不足によって、現状と同等の維持管理が不可能になる時代が到来する。

その一方で、明るい面もある。IT、センシング技術、ロボット技術などの発展は著しい。全てのデータに位置情報がタグ付されるIoT(Internet of Things)社会となり、集まったビックデータの解析から今までは知ることのできなかった情報が得られる社会がやってくる。3章でも触れるが、インフラの維持管理へこれらの技術の活用が進み始め

ている。さらに、衛星やモバイルマッピングシステム(MMS)などを利用した高精度測位技術が進み、地形やインフラの形状を高精度な三次元で表現した地図を誰もが利用できる社会が到来する。また、社会を支えるほとんどの年齢層がデジタルネイティブとなり、SNS(Social Networking Service)、タブレット、3Dグラフィックスなどを当たり前に使う世代になり、先に述べたように発展する技術を最大限に活用することができる。

3. 現在から未来への安全・安心な社会

そのような社会における社会インフラの維持管理はどのように変わっていくのだろうか。この章では国内の土木インフラ維持管理を中心に、社会インフラの維持管理に関する動向やあるべき姿を述べる。

3.1 過去~現在~近未来

3.1.1 過去~現在社会の動向

維持管理には大きく分けて、壊れてから治す事後保全と、壊れる前に治して長寿命化する予防保全があり、現在にいたるまでは事後保全型が主流である。事後保全型の維持管理業務では人手作業が主流で、点検作業では作業員による打音検査や近接目視を行い、点検結果を記録する台帳も紙で保管しているところが多い。特に点検では資格や経験年数を要するなど人のスキルに大きく頼っている面があるため、要件を満たす人員が確保できていない自治体もある。そこに少子高齢化が加わり、ますますインフラ管理業務従事者の減少が問題となりつつある。さらに、人手で検査して検査結果を記録するため、時間がかかり、全国の膨大なインフラの点検が追いつかないという課題がある。一方で、予防保全型への取組みも少しずつ進んでおり、2004年頃からアセットマネジメントが導入され、自治体では青森県や大阪府がいち早く取り入れている。しかし、大半の自治体では手作業と紙台帳が主流であり、アセットマネジメントの導入までいたっていないのが現状である。

これらの課題に対し、国や自治体、高速道路会社などの土木インフラ管理者は来るべきインフラ老朽化時代に備えて検討を重ねてきたが、2012年の笹子トンネル天井板落下事故をきっかけに一気に改革が加速した。国土交通省の“社会資本の維持管理・更新に関し当面講ずべき措置”では、道路(トンネル、橋梁、舗装、道路路面工・土工構造物、道路附属物)、河川、ダム、下水道、鉄道、公園、住宅にいたる様々なインフラに対し、2014年までに維持管理計画を策定、ITやロボット技術の活用などを進め、2015年から本格的なPDCAサイクル(後述)への移行という方針が出された⁽⁸⁾。さらに、2013年には国土交通省のみならず各省庁が連携したインフラ長寿命化基本計画⁽⁹⁾の発表、道路法改正による5年に1回の定期点検の義務化など、対策が進んでいる。このように、インフラの維持管理は事後保全か

ら予防保全による長寿命化へ本格的に移行を開始している。

3.1.2 現在～近未来の維持管理のあるべき姿

このようにPDCAサイクルを導入した予防保全型へ移行が進む近い将来、維持管理のあるべき姿として重要な考え方を次のように整理した。

(1) 三次元情報+時間=四次元情報の導入

インフラの形状や変状を三次元で経時変化が分かるように三次元情報+時間の四次元情報を付加した四次元電子データで管理する。

現在：紙資料、二次元情報

近未来：電子データ、三次元情報+時間=四次元情報

(2) 人手とロボットの最適配置

スクリーニングを一般化し、専門スキル保有者とセンサーやロボットの得意分野を最大限に生かす。

現状：打音や目視検査から点検結果記入までほぼ全て手作業で実施

近未来：一部先行しているスクリーニングを一般化する。点検対象をMMSやドローンなどに搭載した各種センサーで粗くスクリーニングし、人の目の精度や判断が必要な部分、特に専門スキル保有者の能力が必要な部分を要注意箇所として抽出。最終的には人が要注意箇所を現地やセンサー解析結果から確認し、危険性を判断する。

(3) PDCAサイクルをつなぐ

異なるインフラ管理者間(例：隣接する自治体同士、地下エリアを共有する鉄道・道路・ガス・電気・地下街など)のデータのやりとりを簡単にする。

現状：二次元情報の紙資料でのやりとりや、電子データでも相手に合わせた加工をしている。

近未来：PDCAサイクルに共通する必要最小限のデータフォーマットを決定し、異なる管理者でも必要な情報をスムーズにやりとりできるようになる。

(1)～(3)によって、まず現状を把握する点検から始まり、PDCAの次のステップに進み、さらに各ステップを円滑につないでPDCAサイクルを途切れずに回す。図1に(1)～(3)を反映したあるべき姿を示す。

(1)～(3)が導入された維持管理の姿を述べる。ここでは、維持管理におけるPDCAサイクルをC(点検)→A(評価)→P(計画)→D(施工)と定義する。

C(点検)：走行車両によるスクリーニングやセンサーネットワークで網羅的に取得した三次元インフラ形状や変状に時間情報を付加し、四次元電子データとして、データベースに蓄積する。そのデータを基に人が最終点検を行い、その結果は更にデータベースに蓄積される。これによって、限られた人員・費用で点検が実施できる。

A(評価)：修繕計画やライフサイクルコスト見直しに必要な情報を解析する。あるべき健全な姿とC(点検)で得られた差異を把握し、必要に応じて劣化診断も実施する。こ

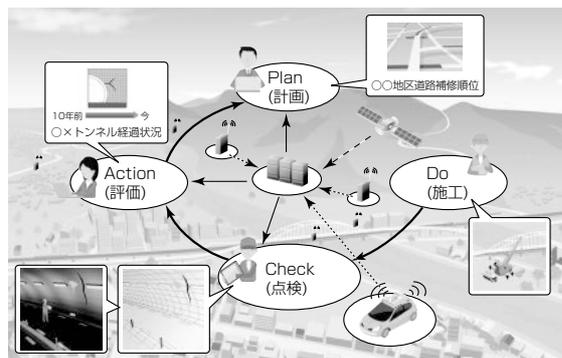


図1. 近未来での社会インフラ維持管理の姿

ここで、電子データによる四次元情報管理が生きてくる。変形や歪(ひず)みなどの経年変化の把握、特に形状変形が大きい新設時からの変化把握が可能になり劣化診断に大いに役立つ。

P(計画)：修繕計画やライフサイクルコストの算定などを行い、今後の維持管理計画を策定する。ここでも四次元情報管理の利点が活かされる。道路1本だけではなく、鉄道の高架橋と道路の交差のように管理者の異なるインフラの位置関係などの把握が容易になり、相互の影響を見込んだ管理計画を策定することができる。

D(施工)：壊れる前に小規模補修や大規模修繕を行う。

3.2 近未来～未来

3.2.1 近未来～未来社会の動向

老朽化インフラの増加と少子高齢化はますます進み、国土交通省発表の“国土のグランドデザイン⁽¹⁰⁾”では、2050年には約6割の地域で人口が半分以下になり、そのうち1/3の地域には人が住まなくなると予測している。

一方、インフラ維持管理に関する技術発展は進み、また、インフラ長寿命化基本計画⁽⁹⁾では予防保全への転換、データベースやプラットフォームなどのIT技術、各種センサーやロボットの開発・導入を経て、2030年ごろをめどに老朽化に起因する重要インフラの重大事故をゼロにする目標を掲げている。さらに、高精度測位社会の基になる三次元地図の整備は進み、社会インフラの維持管理、自動走行、防災・減災など様々な分野で活用されるだろう。

3.2.2 近未来～未来社会の維持管理のあるべき姿

人が住む地域が縮小を続ける中で、少ない人・資金で安全・安心を維持するためには、どのような姿であればよいのか。ここで、“社会インフラのみ”を“維持管理する”という概念から更に発展させた姿を考える。

(1) 社会インフラから街全体へ

社会インフラ単体の維持管理のみならず、地形や交通流、天候なども含めて地域全体で安全・安心を守る。

(2) 維持管理から資産活用へ

インフラの機能維持だけでなく、周辺情報も活用してインフラが持つポテンシャルを使い切る。

維持管理の姿(要旨の図)の基本は図1と同じであるが、PCDAをより広い概念で考え、D(健全にする)→C(機能を

確認する)→A(計画を見直す)→P(使い尽す)と定義する。

D(インフラ網を健全な状態にする) :

- (1) 機能が健全な状態を維持する⇒何もしない
- (2) 機能が不健全な状態から回復する⇒補修, 新設(施工)
- (3) 機能が不健全な状態なので廃棄する⇒取り壊し

C(インフラ網としての機能を確認) :

- (1) インフラが支えているもの(交通, 水など)
- (2) インフラそのもの(点検対象)
- (3) インフラを支えるもの(土壌, 天候, 地形など)

A(Cの結果とDの目指す姿との差分からPの修正箇所を抽出) :

- (1) Cの結果から劣化予測, ライフサイクルコストの算出
- (2) Cの(1)~(3)を総合的に見てA-(1)をさらに見直し

P(インフラ網の価値を増大させる) :

限られた人・資金の資産を最大限に活用して, 保有のインフラ網を資産として最大限に使い切る計画を立案する。

- (1) 気候や交通流, イベント情報などの周辺環境も含めてインフラ網を生態系のように考える。
- (2) 国土のランドデザイン⁽¹⁰⁾に連動し, 新設や廃棄も含めたドラスティックな活用や, 既存インフラの能力を使い切る(例: 周辺環境も含めたデータ分析による危険箇所の事前改善など)。

未来社会では, 3. 1. 2項での近未来社会の姿よりも様々な管理者同士での連携が必要になったり, 国土の縮小とインフラの取捨選択というシビアな判断を迫られることになるため, 技術開発のみならず制度の策定が重要になるであろう。

4. 未来社会を支える三次元測位技術

安全・安心な未来社会には, 高精度測位やセンサ, ロボット等の様々な技術が必要となる。これらのキーとなる技術の1つとして三次元測位技術について述べる。

4.1 屋外での三次元測位技術—準天頂衛星システム

準天頂衛星システムは様々な利点があるが, ①センチメートル級測位が可能, ②衛星からの“放送型”であるため1つの配信元から多数のユーザーに配信可能という2点が特に重要である。①によってセンチメートル級の高精度な三次元位置情報を様々なデータに付加したり, 高精度測位による屋外地図の作製が可能になり, また②によって来るべきIoT社会での多数の爆発的ユーザー増に対応可能となる(図2)。

宇宙基本計画(2015年1月9日, 宇宙開発戦略本部)によれば, 準天頂衛星システムは2023年度に7機体制になる予定であり, 高精度測位社会実現への大きな進歩が期待できる。

4.2 屋内での三次元測位技術

三次元センサを搭載したカメラやタブレットを用いて, 様々な方向から物体を撮影することで物体全体の三次元モデルを構築する技術である(図3)。ビルや地下街の三次元モデルを簡単に構築することができる。

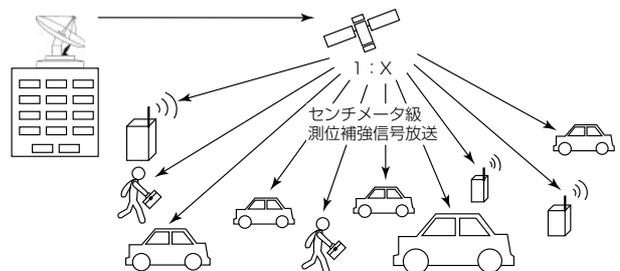
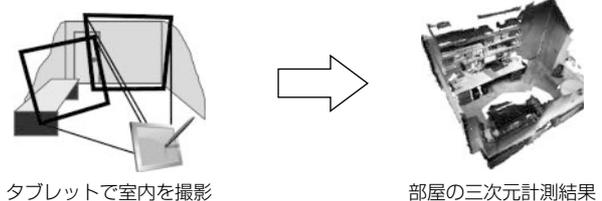


図2. 準天頂衛星システムの高精度測位



タブレットで室内を撮影

部屋の三次元計測結果

図3. 三次元モデル構築技術

5. むすび

社会インフラ維持管理の目的は安全・安心な社会の実現であり, 未来社会では社会インフラから更に発展し, 地形や交通流, 天候なども含めた地域全体としての安全・安心を守るための姿を示した。このような未来社会の実現のためには, 三次元情報+時間の四次元情報管理を基にして, センサ, ロボット, IT技術の更なる発展, 高精度三次元測位による自然地形や建物内も含めた地図とIoT化の促進, これらを扱うビッグデータ解析技術の発達があってこそ実現する社会であり, これらを支えることが当社の使命である。

参考文献

- (1) 内閣府:平成25年版 高齢社会白書 第1章第1節1(2)
- (2) ヨルゲン・ランダース:2052-今後40年のグローバル予測-, 日経BP社(2013)
- (3) 国土交通省:国土交通白書2014, 第I部第1章第3節
- (4) 国土交通省:平成18年度国土交通白書, 第II部第1章第2節(2006)
- (5) 内閣府政策統括官(経済社会システム担当):日本の社会資本2012(2012)
- (6) 国土交通省:各府省庁のインフラ老朽化対策の状況, 第1回インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議(2013)
- (7) 日経コンストラクション(編):インフラ事故(2013)
- (8) 国土交通省:社会資本の維持管理・更新に関し当面講ずべき措置(2013)
- (9) インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議:インフラ長寿命化基本計画(2013)
- (10) 国土交通省:国土のランドデザイン2050~対流促進型国土の形成~(2014)

http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk3_000043.html