



武田保孝\*

# 未来社会を支えるスマート化技術

Smarter Technologies for Future Society

Yasutaka Takeda

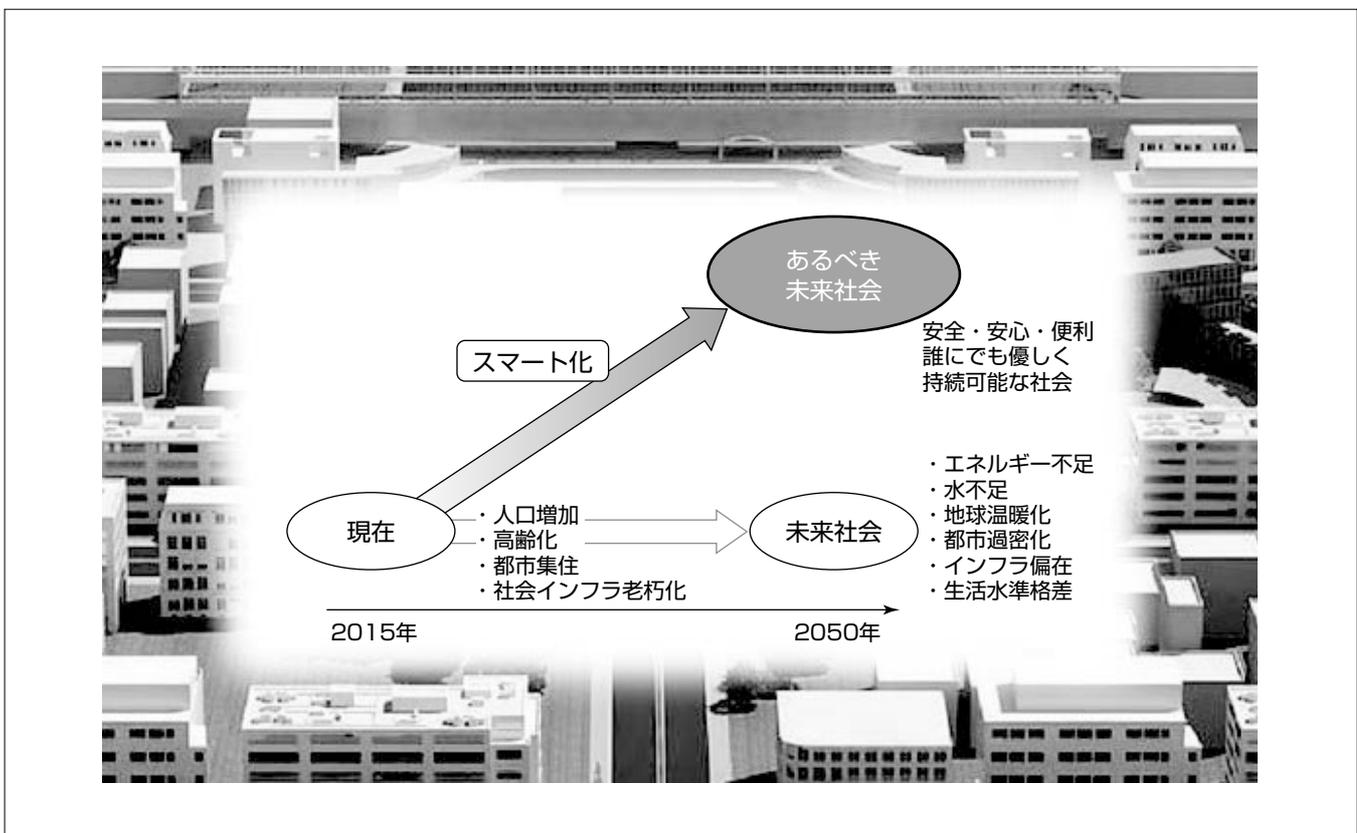
## 要 旨

社会のあるべき姿として、安全・安心な社会、利便性を高めつつ環境負荷が少なく持続可能な社会を目指して多くの取組みが行われている。2050年には世界の人口は約90億人へと増加する一方、労働人口比率は減少し、都市への集住が進むと予想されている。未来社会で、世界全体にあまねくあるべき姿を実現するためには、より高い生活水準をより少ない資源とより低いコストで達成することが必要となる。

このために、効率よく様々な資源を使うことや、現状で人間の知識や経験任せになっている様々なシステムの運用や制御等の活動をより確実にたゆまず行える仕組みに変えていくことが必要と考える。

これらを達成するために、情報通信技術を基盤として、従来局所的に行われていた最適化の範囲を拡大し、様々なものが自ら又は他のものと連携してより良い方向に向かっていくスマート化の仕組みを構築することが効率を向上させ、なおかつ利便性を提供する第一歩となる。

現在、三菱電機は、エネルギーや水といった資源の分野、交通システムや生産システムといった社会活動の手段、地域やビル、住宅といった社会活動の場についてスマート化に向けた取組みを行っている。また、これを効率よく実現するためのプラットフォームについても準備し、これらを通じてよりよい未来社会の実現に貢献していく。



## スマート化技術による未来社会の実現

現在、人口増加や高齢化、都市への集住が進んでおり、延長上の未来にはエネルギーや水資源の不足、エネルギー消費増大による地球の温暖化、都市の過密化による利便性や快適性の低下、社会インフラ老朽化による維持コストの増大や偏在化、これらによる生活水準の格差といった課題が考えられる。当社はスマート化技術を開発し、より効率良く社会インフラを運用することで安全・安心・便利で持続可能なあるべき未来社会の実現に貢献していく。

### 1. ま え が き

社会のあるべき姿として、安全・安心な社会、利便性を高めつつ環境負荷が少なく持続可能な社会を目指して多くの取組みが行われている。

あるべき姿を実現するためには、より高い生活水準をより少ない資源とより低いコストで達成することが必要となる。効率良く物やエネルギー、時間といった様々な資源を使うこと、現状、人間の知識や経験任せになっているシステムの運用や制御といった社会を維持するための活動をより効率的で確実にたゆまず実施する仕組みに変えていくことが必要となる。

これらを提供するために、情報通信技術を基盤とし、従来局所的に行われてきた最適化の範囲を広げること、さらには様々なものが自ら、又は他と連携して自律的に最適化を行う仕組みを構築することが効率を向上させ、よりよい未来社会を実現する基礎になると考える。

### 2. 未 来 社 会

2050年に向けて世界の人口は2010年の約70億人から約90億人へと増加し、それとともに高齢化が進展して世界全体では65歳以上の人口比率が8%から16%へと倍増して高齢社会となり、労働人口比率は減少すると予想されている<sup>(1)</sup>。また、都市への集住が進み、全人口の約66%が都市に住むとされている。

多くの人が水、エネルギー、通信、医療等の社会インフラの恩恵を受けると予想される一方、富める地域と貧しい地域があることは、依然として大きく解消されることはないと考えられる。現在からの延長では、全ての国が先進国並みに資源やエネルギーを消費することは難しいと考えられており、あるべき社会を全世界に実現することを目標にするのであれば、現在の生活水準をより少ない資源、エネルギーで提供することがその第一歩となる。

例えば社会の基本的なインフラであるエネルギーについて見てみると、2012年時点では、先進国を中心とするOECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) 加盟国の約12億人(世界人口の17%)が世界全体のエネルギーの約44%を消費している(図1)<sup>(2)</sup>。仮に、現状の下で発展途上国が先進国並みの生活水準を得ようとする場合、世界全体では4倍以上のエネルギーが消費される。2050年には90億人程度に人口が増加するとされているため、現状の5.5倍のエネルギー消費になる。このため、エネルギー分野で、あるべき社会を実現し、社会全体でその恩恵を得るためには、更なる効率化を図り、より賢くエネルギーを使う必要がある。

また、水資源については、河川や湖沼等の地表にあって人間が利用しやすい淡水は14万km<sup>3</sup>あるとされ、世界全体

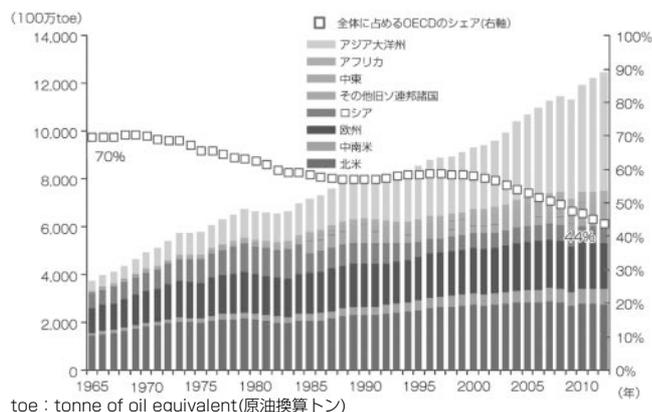


図1. 世界の地域別エネルギー消費の推移

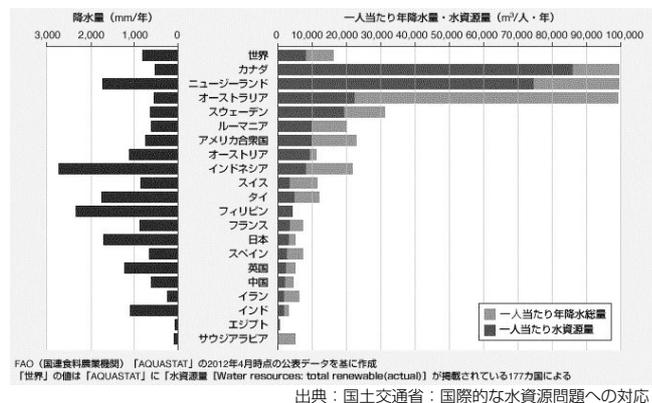


図2. 世界各国の一人当たり年降水量と水資源量

を見ると、全ての人に行きわたるのに十分なだけの水量が存在しているが、国・地域によって水資源の分配に大きな差がある。一人当たりの水資源量は、国・地域によって1,000倍以上の差異(図2)があり、世界の1/5の人は継続的に安全な水を手に入れている。

2050年に向け、水需要は、現在より55%増加すると予想され、世界人口の40%が水ストレスのある地域に住むことになる可能性がある<sup>(3)</sup>。水資源の問題に対して統合水資源管理(IWRM)として、水資源のより効率的な使用のため、上下水道、農業用水、工業用水、環境のための水など様々な用途を統合的に考慮し、政府、民間、住民等あらゆるレベルで水資源管理を行うことが提唱されている。

このような事情はエネルギーや水といった基本的な資源のみならず、これらを使用して建設・維持される鉄道や道路などの交通ネットワーク、住居やビル等の設備、教育・医療・防災などのサービスなどでも同様であり、世界全体にあるべき姿を実現するためには資源利用を始めとする社会活動の効率化と低コスト化が必要となる。

### 3. 社会と技術の変遷

人間の歴史では、農耕によって計画的な食糧生産が可能となり、生産性の向上による人口の増加と更なる生産力の向上、定住による集団、組織の大規模化と知識の集積によっ

て生活水準の向上がなされてきた。工業化の進展によって付加価値生産が空間的に集約されて都市化が進展するとともに、都市や工業生産手段には社会的な資本が蓄積され、生産活動の効率向上によって更に生活が改善されることとなった。

現在、情報化が進展しており、様々な物理現象や人間の活動状況が可視化、可測化されることによって、問題点や課題の発見、それに対する解決策として効率化や改善が可能となってきた。このような社会では、従来、モノに則していた活動の多くが情報によって置きかえられると考える。

例えば製造分野では製造プロセスが情報化することによって、熟練技術者がいなくても一定水準のものづくりが可能となり、開発の迅速化や品質確保に寄与する(表1)<sup>(4)</sup>。

また、3Dプリンターのように設計情報から比較的簡便に形を生成する機器が登場したことで、従来大規模な生産設備によって生産され、物流システムで消費者に届けられていた製品や交換部品、消耗品が設計情報に置き換わり、必要とされる所の近傍で生産されるようになる可能性がある。このように生産拠点が集中から分散に変化することによって物流コストが削減される。

また、あらゆる機器がネットワークに接続されることによって、従来、機器に組み込まれて作用していた計測や制御、情報の提示等の機能は機器を離れ、情報としてネットワークを介して収集、供給されるようになる。従来機器内にとどまっていた計測や制御といった情報や、生産設備に

蓄積されていた設計や生産に関わるデータ、機器の動作そのものに関するデータを広く収集、蓄積することが可能となり、この大量のデータ(ビッグデータ)を資源として分析・活用することによって更なる利便性の向上や効率の向上が可能となる(図3)<sup>(5)</sup>。

このような基盤の上に資源やエネルギーの効率的な利用と低コスト化がなされるとともに、従来人間が介在して連携していた分野同士が人を介在せず相互に連携し、更に効率的で強固な社会システムが構築されることによって、よりスマートな未来社会が実現される。

4. スマート化技術

幾つかの分野についてスマート化の事例を示す。全世界の全ての人にあるべき社会を提供するには社会全体で長期の取組みが必要であるが、それを実現する一歩として取組みが始められているものである。

資源を提供する側としてエネルギーと水を、これを消費して高い生活レベルを提供する分野として交通システムと生産システム、地域・ビル・住宅をあげる。また、未来社会を支える基盤的な技術として社会インフラの維持管理とICT(Information and Communication Technology)の基盤技術、標準化に関する活動状況をあげる。

4.1 エネルギー

国内で、動力や熱源として利用されるエネルギーは2012年時点で43%が電力の形で利用されている(図4)<sup>(6)</sup>。全世界では2050年に向けて主に新興国を中心とする利用拡大が見込まれる一方、2011年時点の一次エネルギーとしては石炭、石油、天然ガス等の化石燃料が82%を占めており、CO<sub>2</sub>排出の抑制も急務とされている(図5)<sup>(2)</sup>。これを達成するために、コンバインドサイクル等による発電の効率化、風力、太陽光等の再生可能エネルギーの利用拡大、送配電の効率化が進められている。

4.2 水

水資源は世界全体で偏在しており、2001年に国連でミレニアム開発として“2015年までに安全な飲料水を継続して利用できない人口の割合を半減する”との目標が立てられ、ほぼ達成したとされているが、2010年でも基礎的衛生施設(トイレ)を継続的に利用できない人口の割合は37%程度であるとされ、2050年に向けては更なる需要が見込まれる(図6)。効率的な利用と安全な水の普及のため、従来一般的であった一過型の水処理システムに代えて、再利用を可能とする水処理技術が必要とされている。

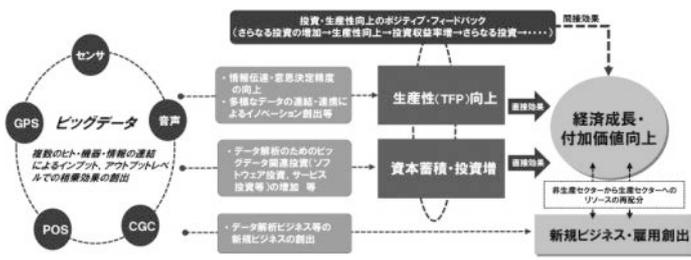
4.3 交通システム

人口の増大と都市への集住が進むことによって、都市と地方の交通事情の差が拡大すると予想され、公共交通システムは大きく都市間と都市内に分けて進展すると考えられる。都市間交通では大量輸送向けに環境負荷が少ないとされる鉄

表1. 製造プロセスのデジタル化

アナログ時代の製造プロセス	デジタル化した製造プロセス	デジタル化のメリット
設計担当者の手作業による製図	CAD (Computer Aided Design) 高度な製図知識が不要に 3次元CAD	2次元の設計、製図をコンピュータで支援し、作業効率化に貢献 3次元(立体映像)で動的な画像表示により視認性が向上
試作と設計変更の繰り返し	CAE (Computer Aided Engineering)	CADと連携し構造解析、流体解析等のシミュレーションをコンピュータ上で実施。開発コスト低減や期間短縮に貢献
粘土・木型等による試作	3次元プリンタ	3次元CADと連携し、樹脂や金属製の立体試作品を造形。試作コスト低減や期間短縮に貢献
加工担当者の経験・ノウハウ	CAM (Computer Aided Manufacture)	CADと連携してNC装置・マシニングセンタへの指示プログラムを作成。高精度な加工を実現
加工指示	NC装置	コンピュータによる数値制御で自動運転。加工の失敗や精度のばらつきが少ない
加工	マシニングセンタ	多種類の加工を連続して行うことが可能。それぞれの加工に必要な工具を自動で交換するなど、生産性が高い

出典：経済産業省：ものづくり白書



出典：総務省：情報通信白書

図3. ビッグデータ分析

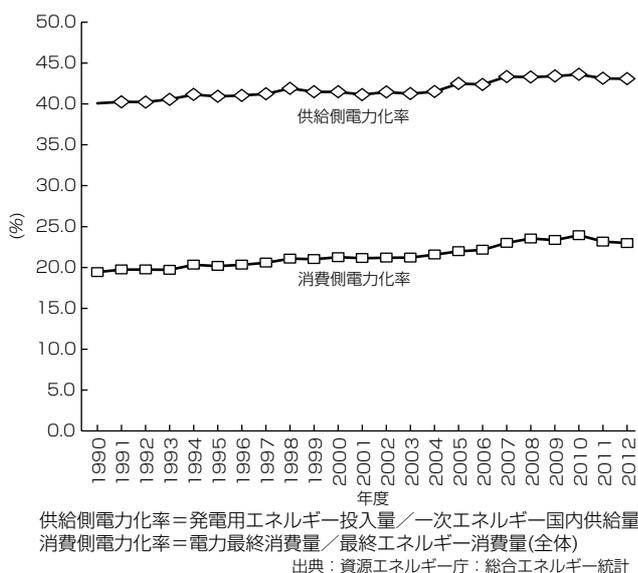


図4. 国内の一次エネルギーに占める電力の割合

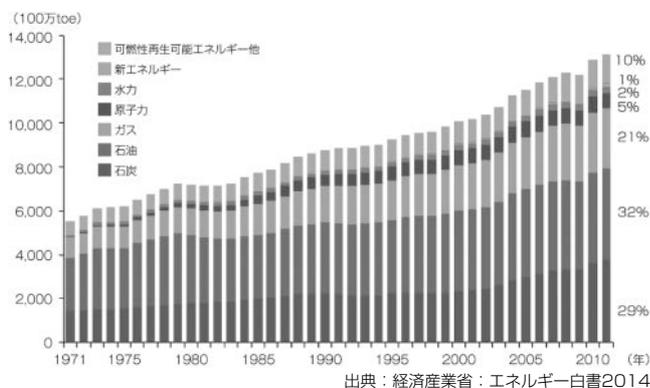


図5. 世界の一次エネルギー別消費推移

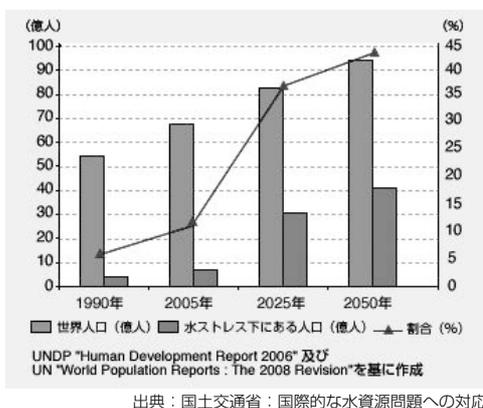


図6. 世界の水需要の逼迫(ひっばく)

道が主になる。都市内交通では、都市内の移動を面的に提供するとともに、軽便な輸送を低コストで実現する必要がある。

主な都市間交通手段としての鉄道は、自動車等の移動手段に比べて輸送単位あたりの消費エネルギーが少なく、輸送容量も確保できる利点がある。公共交通システム全体として考えた場合、都市内交通との連携による利便性の向上が課題である。

将来の都市への集住によって、地方では輸送人員が減少することによって公共交通が縮小し、自動車やLRT

(Light Rail Transit)のように軽便な交通機関やパーソナルモビリティが普及する。一方、世界に先だって高齢化の進む日本国内では、交通事故死傷者の約50%が65歳以上の高齢者であり、人口10万人当たりの死傷者数も他の年齢層の2.5倍以上と際立って高い<sup>(7)</sup>。モータリゼーションの進む地方での高齢化率は都市圏よりも高いことから、人的要素によらずに安全を実現する技術が望まれる。

#### 4.4 生産システム

生産システムでは、従来、比較的大規模な生産設備を用いて集中的に大量生産することによって低コストで均質な製品が供給されてきたが、より快適、便利な生活に向けて人々の求める製品が多様化するようになってきた。また、市場のグローバル化によって地域ごとに異なる要求にも応えることが求められている。

設計データの情報化と3Dプリンター等によって、小規模生産のコストが低減され、分散化された小規模生産設備による少量生産が可能となってきた。これによって、人々の嗜好(しこう)に沿ったカスタマイズや地域に応じたカスタマイズが可能になるとともに、物流コストやエネルギーの低減が可能となる。

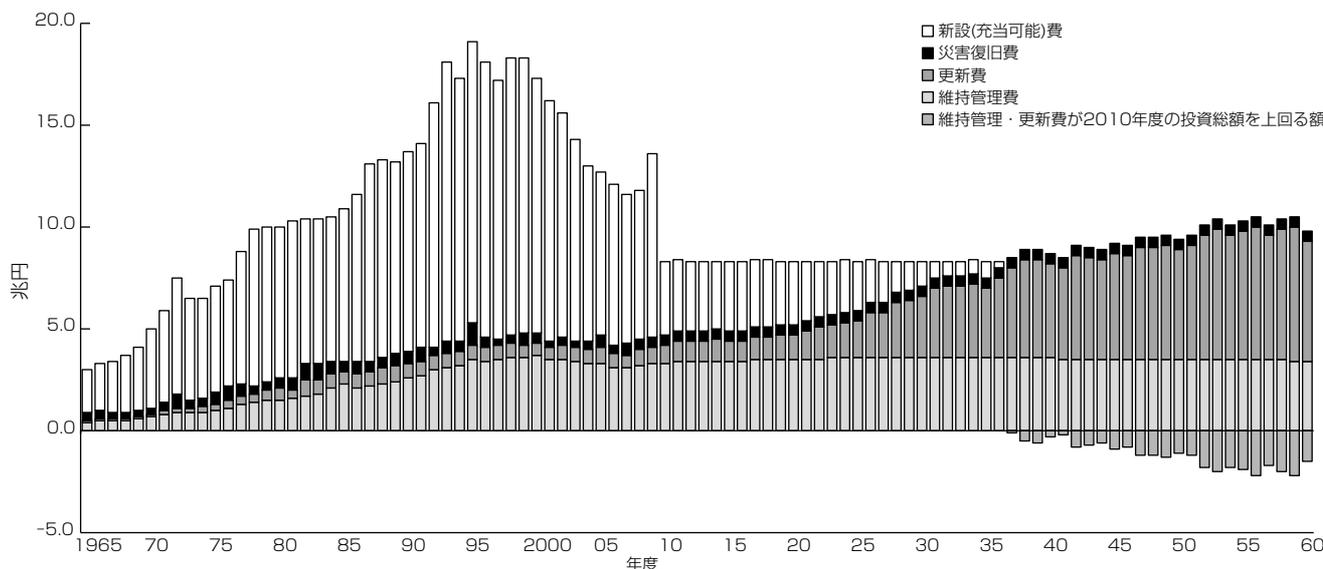
#### 4.5 地域・ビル・住宅

地域、ビル、住宅などの民生分野は日常多くの時間を費やす社会生活の主な場であり、より少ないエネルギーでより多くの利便性の提供が求められる。2013年度の日本国内の例では、民生分野におけるエネルギー消費は約1/3を占め、その約半分が電力とされている<sup>(6)</sup>。地域、ビルではエネルギーをより効率的に利用する技術を開発している。集住が進む都市で、複雑な構造をとる地域内・ビル内での移動の支援やセキュリティの提供は利便性を向上させるために必要な機能であり、人の位置情報を利用したスマートなサービスの実現が必要と考える。

また、予想される高齢社会で、住宅での利便性や安全性は生活レベルの向上を実現するための大きな要素であるとともに、住宅は人に対してセンシングや情報提供を行い、健康的で快適な生活を提供するもっとも身近な場でもあり、これを実現するネットワークやプラットフォームも基盤として準備が必要となる。

#### 4.6 社会インフラの維持管理

電力や水、交通といったインフラは、社会資本として経済活動に大きな影響を及ぼす。一方、建設後の時間経過によって老朽化が進行することは避けられず、既にインフラの普及が進んでいるOECD諸国では、今後、維持管理・更新費用の増大が見込まれる。日本の例では、維持管理・更新費用が増大することによって2011年度から2060年度までの50年間に必要な更新の1/6が実施できないと試算されている(図7)<sup>(8)</sup>。これを受け、老朽化したインフラを効率的に更新することを目的に、老朽化の程度や保守のための



(注) 推計方法について  
 国土交通省所管の8分野(道路、港湾、空港、公共賃貸住宅、下水道、都市公園、治水、海岸)の直轄・補助・地単事業を対象に、2011年度以降につき次のような設定を行い推計。  
 ・更新費は、耐用年数を経過した後、同一機能で更新すると仮定し、当初新設費を基準に更新費の実態を踏まえて設定。耐用年数は、税法上の耐用年数を示す財務省令を基に、それぞれの施設の更新の実態を踏まえて設定。  
 ・維持管理費は、社会資本のストック額との相関に基づき推計(なお、更新費・維持管理費は、近年のコスト縮減の取組み実績を反映)。  
 ・災害復旧費は、過去の年平均値を設定。  
 ・新設(充当可能)費は、投資総額から維持管理費、更新費、災害復旧費を差し引いた額であり、新設需要を示したものではない。  
 ・用地費・補償費を含まない。各高速道路会社等の独法等を含まない。なお、今後の予算の推移、技術的知見の蓄積等の要因により推計結果は変動しうる。

出典：国土交通省：国土交通白書

図7. 従来の維持管理・更新をした場合の費用推計

コストを把握し、適切な計画に基づき計画的に補修・更新することが求められている。

4.7 ICTの基盤技術と標準化

あるべき社会を実現するために、スマート化の技術を開発するとともに、信頼性の高いシステムを迅速に社会に届けることを可能とする、システム構築のためのプラットフォームが必要となる。エネルギー管理やデータ分析などの機能を部品とし、省エネルギーや利便性をサービスとして提供する、小規模コミュニティ向けのプラットフォームが提供され始めている。

また、未来社会で様々な機器やシステムを連携させて安全・安心や快適性を実現するためには、相互に情報交換を行い、全体として1つのシステムとして振る舞うための全体アーキテクチャや連携のためのルールが必要となる。このための取組みとしてスマートコミュニティ、スマートシティにおける国際標準化活動が進められている。

5. むすび

安全、安心で高い利便性と少ない環境負荷による持続可能な社会を実現することを目的に、最小限の資源消費で気のきいた機能の実現をめざし、様々な機器をよりスマートにする技術を提供していく。情報通信技術を基盤として、従来局所的に行われてきた最適化の範囲を広げ、様々なものをより効率よく制御していくこと、さらには様々なものが自ら、又は他と連携してより良い方向に向かっていくスマート化の技術を開発していくことで、持続可能で快適な未来社会を実現する基礎になると考える。

参考文献

- (1) 総務省統計局：世界の統計 2015  
<http://www.stat.go.jp/data/sekai/0116.htm>
- (2) 経済産業省 資源エネルギー庁：エネルギー白書2014, 第2部 エネルギー動向 第2章 国際エネルギー動向  
[http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2014pdf/whitepaper2014pdf\\_2\\_2.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2014pdf/whitepaper2014pdf_2_2.pdf)
- (3) 国土交通省 水管理・国土保全局 水資源部：国際的な水資源問題への対応  
[http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/j\\_international/](http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/j_international/)
- (4) 経済産業省：2014年版 ものづくり白書  
<http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2014/>
- (5) 総務省：平成25年版 情報通信白書  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h25/pdf/>
- (6) 経済産業省：平成24年度におけるエネルギー需給実績  
[http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total\\_energy/pdf/stte\\_014.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/pdf/stte_014.pdf)
- (7) 警察庁交通局交通企画課：交通事故統計（平成27年度1月末）  
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001129564>
- (8) 国土交通省：平成23年度 国土交通白書  
<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h23/>