

第51回世界情報社会・電気通信日のつどい 記念講演「ICTとこれからの農業」



北海道大学大学院農学研究院 副研究院長・教授 **野口 伸**

1. 農業におけるSociety5.0 : スマート農業

1.1 日本の農業の課題とSociety 5.0

日本の農業には様々な課題がある。基幹的農業従事者の減少が著しく、5年前に比べて14.5%も減っている。農業従事者の平均年齢は67歳、65歳以上が64.6%である。「未来投資戦略2018」で明記されているのは、2025年までに農業の担い手のほぼすべての方が、データを活用した農業を実践するという。今後10年間で全農地面積の8割を担い手が利用するという。要するに、大規模化を進めていくということ。米の生産コストの全国平均値4割削減。そして2019年度の農林水産物・食品の輸出額1兆円の目標達成である。

これを実現するためには、Society 5.0の実現が重要であろう。農業にSociety 5.0の概念を導入することによって期待される成果としては、労働力不足の解消。プロ農家の技術がデータによって継承されるようになる。それにより、新規就農者の早期育成が可能になる。生産の低コスト化も図られる。農産物の品質向上・収量増。農業の一番大きな課題は、「プロダクトアウト」型の産業であるということだ。したがって、ユーザー、消費者の求めるものを的確に出していく「マーケットイン」型への転換が必要だ。当然、農業の魅力がアップし、青年層の新規就農を促進できる。

熟練の農家の方々の技術、経験と勘の農業からデータ駆動型の農業に変えていくためには、データを集めてきて処理し、そのデータを農家の方々に提供するという仕組みが

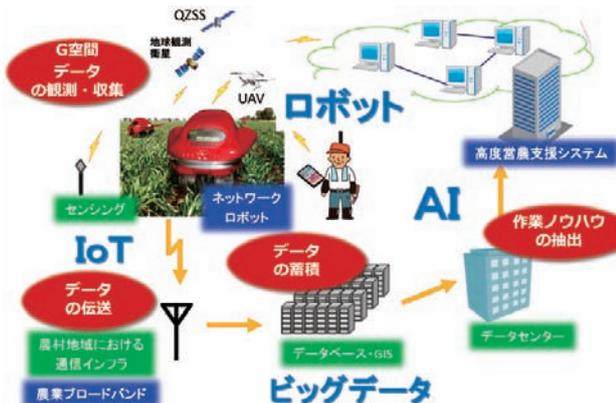
必要だ。データを効率的に集めるためにIoTで伝送、それを集めてG空間情報（地理空間情報）として整理してビッグデータ化する。それをAIによって処理して、最後はロボットでその作業を行う。こういう大きな画を描いて、研究開発を進めている（図1）。

1.2 農業データ連携基盤

具体的には、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）が行われている（現在第2期）。私が第1期のSIP、次世代農林水産業創造技術のプログラムダイレクターとして技術開発した内容を説明する。

データに基づいた農業の実践には、データを低コストで集めることが重要だ。熟練の農家の方々の技術をなかなかデータ化できない理由は、分散している様々な情報をそれぞれがうまく活用しているからである。例えば気象情報、生育情報、それから、当然機械作業をしながら畑の状態を見て、また、経験で重要な情報を頭の中で処理する。データ化するためには、それをデータとして集めることが必要になる。

データを集めてくる仕組みとして、農業データ連携基盤を構築した。ここにデータを集約し、解析することによって、有用データを提供することを目指す。農家の方々はそれを実空間に展開する。様々な農業ICTに関するサービスは既に生まれているが、現実には各社が独立してビジネスをしている。競争領域なので、各社のシステム間に当然連携は



■ 図1. Society 5.0による次世代農業

農業ICTの抱える課題を解決し、農業の担い手がデータを使って生産性向上や経営改善に挑戦できる環境を生み出すため、データ連携・共有・提供機能を有するデータプラットフォーム（農業データ連携基盤：WAGRI）の構築を進めている（2019年4月より本格稼働予定）。



様々なデータを駆使して生産性向上・経営改善に取り組むことが可能になる。

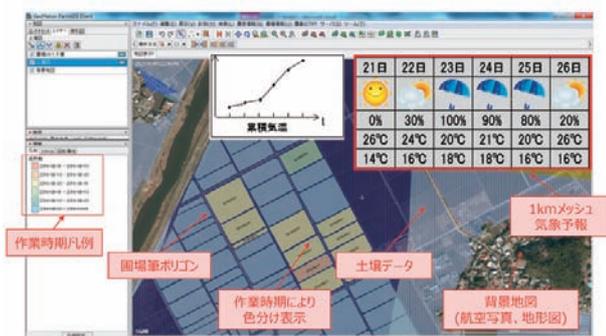
■ 図2. 農業データ連携基盤（WAGRI）の3つの機能

ない。行政や研究機関などにもデータはあるのだが、バラバラに存在し、容易に利用できない。様々なところにある様々なデータを一括して集めて、使いやすくするということが非常に重要で、これが2019年4月からサービスがスタートしている農業データ連携基盤（WAGRI）である（図2）。

1.3 データ連携機能のサービス例

今、農家戸数は減っているが、個々の農家の規模は拡大している。ただ、基本的に日本の農業（北海道は別）は、畑の数が増えて大規模化が進む。それも、バラバラ、飛び地になるのが一般的だ。また、それぞれの畑で作っているものが違う。米にしても色々な品種を作っている人がいる。すると、それぞれの畑の生育状態を見るのも大変で、100筆、200筆、最近では300筆位の畑を管理している方もいる。図3のように、背景地図（GISで航空写真を撮る）の上に更に、圃場筆ポリゴン（農林水産省が整備）、土壌データ（農林農研機構やメーカーが所有）、生育予測システム（情報系企業が所有）、メッシュ気象データ（1kmの気象データをSIPが整備）、というようなデータ連携基盤のデータを表示することによって、それぞれの畑の生育状態等が見える化ができ、的確な作業が可能になる。情報活用の大きなメリットである。また、規模拡大が比較的容易にできるような仕組みにもなるのである。

農業データ連携基盤を通じて、民間企業が提供する営農管理システムに背景地図（航空写真、地形図）、圃場筆ポリゴン、土壌データ、生育予測システム、メッシュ気象データを取り込み、重ね合わせて表示することにより、作業適期等を管理することが可能になる。



■図3. データ連携機能のサービス例

1.4 スマート水田農業

水田農業で農家の方に負担がかかる2大作業は、草刈りと水の管理である。朝早く給水バルブを開き、また夕方になると閉めに行くという作業をしなければいけない。畑の数が増えていくほど、この作業は大変になる。年間の農作業の大体30%は水管理と言われている。SIPで開発したの

は、タブレットやスマートフォンで水の給排水のコントロールができる仕組みで、農家の方は畑に行って実際にバルブを開けたりしなくてよくなる。

更に進んだ作物生育モデルによる自動水管理システムという技術も開発中である。これは、基本的に気象データに基づいている。気象データは、今のところ日本全国1kmのメッシュで、気温、風向、風速、日射、降水量などだが、26日先までの予報も出る。そのデータを使い、作物の生育モデルを活用することによって、生育をそれぞれの畑で予測することができる。そしてそれに基づいて、水管理を行う。理論的には、農家の方は実際に畑に行かなくても水管理を全て任すことが可能になる。これはまさにSociety 5.0の1つの技術で、サイバースペースとフィジカルスペースの融合である。

SIPで開発された技術は、実際に使ってもらうことが重要なので、全国4か所（北海道、宮城県、茨城県、千葉県）にパイロットファームを設置し、実証実験を行った。農家の方々の意見を聞いて技術を更に磨き上げている。また、経営的評価も行った。これは重要である。技術導入によって農業が儲かるのか、それだけの効果があるのかどうか。国の政策目標は米の生産コスト4割削減である。2011年、米の生産コストは60kg当たり16,000円で、これを4割削減した9,600円が目標である。我々はスマート農業モデルを使い、生産コスト9,064円を実現した。更に5割削減を目指して進めている。また、所得の増加も確認された。SIP導入前は546万円だったものが、導入によって45%も増え、790万円になった。ロボット化、水管理の省力化が進み、農家の方々は時間ができて規模拡大ができ、所得が増えたということである。

2. ロボット普及に向けたロードマップ

2.1 農作業のロボット化

世界に先駆けて、日本ではロボット農機が既に社会実装されている。2018年秋、大手農機メーカーから市販化され、現在は遠隔監視、圃場間移動可能なロボット農機の2020年実現に向けた取組みが行われている。これは、総理指示でもある。ロボット農機の実現によって労働力不足が大幅に改善され、作業精度、作業能率が向上する。農業従事者の業務内容が変換される。トラクタや機械に乗らなくてよくなるので、空いた時間に色々なことができる。

なぜこれが今まで実現しなかったのか。技術的なこともあるが、一つはやはり安全性の問題である。万が一、人に



水田作、畑作におけるロボットによる耕うん作業、施肥播種作業は可能。トラクタメーカー各社は農林水産省により「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン」が整備されたことから、人による目視監視の下での自動走行システムが世界に先駆けて商品化された。



■図4. ロボット農機の現状

危害を与えたらどういふことが起こるか、という理由であった。

このリスクの残渣をどう解消するかという、レギュレーションである。農林水産省が「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン」を整備した。現在、改訂が進められているが、ここには、人による目視監視の下での自動走行システムというものが明記されている。農家の方はロボットが無人で作業しているそばにいて、目視でロボット農機の安全性を確保することが前提になっている(図4)。

使い方の一例は、有人-無人作業。前のトラクタは無人で作業、後ろのトラクタは有人の普通のトラクタである。前のトラクタが耕運をする、後ろの人が乗っているトラクタは種や肥料をまいたりする。この人の仕事は、種をまきながら、無人機の安全性を確保するということである。もう一つの使い方は、無人作業の監視。無人のトラクタで刈り取りをし、その横で耕運作業を自分でしながら、無人機の作業を監視する。ポイントは、1人で2台の作業を行い、作業効率が2倍になるということだ。

現在、更に進んだものを開発中である。北海道大学の事例であるが、耕運作業にとどまらず、除草も農薬散布も行える。作物のある畑でも、無人で作業させることができる。高精度GPS (RTK GPS、誤差2~3cm) の活用により、作物を傷つけず、作物の立毛(収穫前)状態の中でも無人で作業させることができる。

さらに、重要な安全性確保について、これも北海道大学の事例を述べる。レーザースキャナーをトラクタの前後に取り付けて、トラクタの全周を監視する。トラクタの場合、作業はトラクタ後方で行っており非常に危険であるので、後ろも障害物を検出する仕組みを入れている。レーザースキャナーは面的にスキャニングして障害物までの距離、位置を

把握することができ、安全に作業する。ただ、リスクはゼロではない。したがって、安全性確保ガイドラインによる研修や、ロボット農機の性能を使用者も理解するということが重要になる。

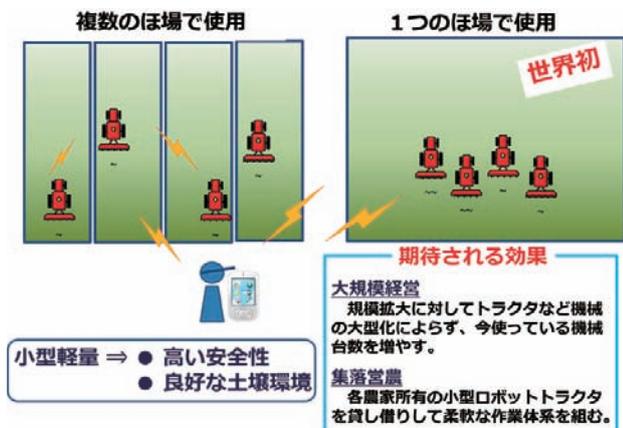
他の研究機関では、田植機の無人化を行っている。一番忙しい田植えの時期に、2~3人が乗って作業していたものを無人で作業してくれると、農家の方々は畑の端にいて、次の苗箱の準備ができ、かなり省力化が進む。京都大学では、無人で作業を行うコンバインを研究開発中である。タンクが一杯になると、自分で排出すべきところに移動して、排出もしてくれる。このような機械も近いうちに商品化されていくものと思われる。

2.2 ロボットトラクタの遠隔監視

遠隔監視のロボット農機を社会実装するために重要なのは、電波である。ロボット管制室で監視をするので、作業の状態、安全を確保するための電波が非常に重要になる。当然、テレコントロール、データ転送でも重要であるし、また周辺の様子と、作業の様子画像も欲しい。

北海道大学では、5台のロボットトラクタが協調作業できるように、実際のロボット農機に映像を伝送する仕組みを入れて開発を進めている。モニターで、それぞれのロボットトラクタに周辺・前方の画像を映す。GISベースモニター、車両周辺画像情報の2つを用意して監視する仕組みを作っている。当然、こちらから遠隔で一時停止、再開ができる。何かトラブルがあったとき、どうして起こったのかをこの車両周辺情報から知ることできる。1つの畑の中で5台を動かすこともできるが、基本的な使い方は、飛び地になっている5つの畑でロボット農機が作業し、それを離れたところから、人が監視するという使い方をする。5人分の作業ができるわけである。

さらに、SIPが開発した技術で、ロボット協調作業システムというものが有り得る。大規模化が進むにつれてトラクタや機械を大きくするのが一般的である。1人の人間が大きなパワーを扱わないと、作業ができないからだ。ところがロボットならば人は乗らないので1台を大きくする必要はなく、小さいトラクタを4台使って大きいトラクタ並みの作業をさせるという戦略が成り立つ。図5の赤い色のロボットは同じ大きさのトラクタ(例えば50馬力)で、それぞれ畑で作業している。北海道で大きい畑になったときには、1台200馬力のトラクタを使うというのが従来の考え方だが、50馬力のトラクタを4台使って200馬力のトラクタ並の作業をさせるという戦略が成



■ 図5. マルチロボットシステム



■ 図6. 準天頂衛星システム「みちびき」

り立つわけである。ロボット農機は、現状では確かに安くはないかもしれないが、将来的に考えてみると、1つのユニットが数多く出るということは、当然、低コスト化に役立つし、メリットもある。小さいトラクタの方が軽量で安全性が良い。それから、今、アメリカ、ヨーロッパで非常に大きな問題になっている土壌踏圧の問題。重いトラクタは畑を締め固めてしまい作物の根の伸長を阻害するが、それも軽量であればクリアでき、そして、柔軟な作業ができる。1つの農家が5台10台持つのではなくて、貸し借り、レンタル、委託作業等、色々な使い道が考えられる。

1台も人が乗らず、4台が協調することによって、4倍の作業能率。小区画の畑から大区画の畑まで使えるマルチロボットの開発。この技術については、2017年の10月1日「科学技術と人類の未来に関する国際フォーラム」で安倍総理大臣もスピーチを行った。

2.3 準天頂衛星システム「みちびき」

2018年11月から始まった準天頂衛星システム「みちびき」のサービスを使うことによって、この技術の海外展開も可能になる。図6は、8の字を描く「みちびき」の軌道で、「みちびき」が使えるエリアであり、東南アジア、オセアニア地域がカバーされている。現在のGPSは確かに便利で、特に高精度なRTK-GPSは、無人で非常に高精度な作業をしてくれるが、いつでもどこでも使えるわけではない。GPSの衛星配置と周辺の障害物の問題があり、精度が上がらない時期、時間帯がある。それを解決する手段として有効なのが、日本版GPS準天頂衛星システム「みちびき」である。「みちびき」は3機が8の字を描いており、常に1機が天頂上にある。したがって、農業の現場にある防風林や建物が周

辺にあっても、安定して高精度測位が実現できる。更に衛星から補強信号を送信してくるので、基地局を建てる必要がない。誤差も6cm以下で、農業に使用する上ではほぼ問題はない。

国際展開の実例を紹介する。

タイは、世界有数の米の生産国であり、Society 5.0と非常によく似たタイランド4.0というのを進めている。タイ農業担当の副大臣も北海道を訪れ、我々のロボット技術等を見ていただいた。タイ側は導入に前向きで、準天頂衛星システム「みちびき」と受信機をパッケージでタイに持っていけば利用できるということをお見せした。2017年12月には自動走行トラクタの実演会を開催し、タイ政府からキャッサバの生産に使いたいという要望もいただいたところである。またタイのGNSSセンター開所式では、ロボット農機の実演を行った。

隣のマレーシアも非常に興味を持っている。特に、オイルパーム生産の自動化に是非使いたいと要望がある。どの国も基本的に農業従事者が減り、農業生産の安定化を図る上でこういった技術が欲しいという国がほとんどである。東南アジアの国のニーズである。

オーストラリアも準天頂衛星「みちびき」がカバーしており、総務省の事業で、2016年に実証試験を行った。これはABCニュース(日本のNHKに相当)に取り上げられた。オーストラリアは大規模農業を実践しているので、こうした技術に対し、非常に興味があるということだ。

つい最近では、2019年5月11、12日にG20の農業大臣会合が新潟市で行われた。この前々日に中国の農業農村相が北海道の岩見沢地域を視察に訪れた。ここでは「みちびき」ではなく、通常のRTK-GPSを使ってロボット農機を動



かしているところを視察された。中国も非常に関心を示している。国内農業にとどまらず、海外に対しても貢献できる、まさにSDGsにも有効な技術の一つだと思う。

3. 今後のスマート農業の展開について

今後こういった技術をどう展開するか、私見であるが4つの事例を紹介したい。

3.1 複数の小型スマートロボットによる協調作業システム

小型のスマートロボットは、今後の世界の農業を変えていく非常に重要なものである。機械を大きくすることの限界は世界中が感じている。特に日本の場合、中山間の農業をどうしていくかを考えていかなければならない。これはアジア地域ほとんど一緒である。小規模区画の農業に対応でき、低価格、小型で小回りが利き、単機能でいいから24時間しっかり利用できるロボット技術。それから複数で協調作業もできる。そうすると小区画から大区画まで対応できる。こういったロボット技術を、農作業をやりにくい農地にどこまで入れられるかということ。あと一つは、こういったロボット農機の導入の仕方である。個々の農家を買うのが本当に良いのか、24時間も使える機械を個々の農家が持つのか、持て余さないか、ということである。地域で共有する、リース、レンタル、業務委託、こういう新しいビジネスも考えていく必要があると思っている。

3.2 スマート営農システム×スマートフードチェーン

農業データ連携基盤では、生産の効率化、情報化で、農家の方々の支援、生産の支援を目指して進めてきた。今後進めなければいけないのは、消費者指向を念頭に置いたスマート化である。スマート営農システム、これは農業データ連携基盤を拡張し、今後作るスマートフードチェーンである。消費者のニーズに基づいた農産物食品を的確に送っていく(プロダクトアウト型からマーケットイン型へ)。流通基盤プラットフォームの部分で、消費者の情報を生産側に反映させることによって消費者の動向、ニーズに基づいた生産が可能になる。ここもデータである。データ連携基盤と流通基盤プラットフォームの2つをつなぐことによって、日本の農業は強くなる。輸出を増やす、食品ロスを減らす、こういうところに有効であろうと思う。

3.3 スマート露地野菜作

SIPのスマート農業技術は水田農業に対応できるが、実

は野菜はまだままだである。野菜作のスマート農業化は大きな課題である。例えば、ドローンを使って効率的にリモートセンシングをして、生育情報を可視化する。その生育予測、作業適期などを予測して、収量も予測する。最後はロボットで収穫を行う。それも、一斉ではなくて選択収穫。熟れているもの、商品価値のあるものだけをロボットが収穫する。このような戦略では、IoTでデータを収集、集約、ビッグデータ化する。AIで処理してロボットで使う。まさに一つのSociety 5.0が実現される。必要な量の農産物を的確に収穫して市場に出していく仕組みというのを進めている。

ロボットについても、更に高機能化を図って機能を増やしていく。例えば、ロボット農機の前にハンドを付けると、重量物野菜の収穫などに使える。自分で走りながら、生育の良い熟れたものだけをハンドで収穫する。また、マルチロボット3台が協調して、1台がハンドで収穫、あとの2台はコンテナロボットで、収穫物を運搬する。そういう仕組みもできる。今、重量物野菜は、なかなか労働力が確保できない。重いので本当に腰を痛めるわけである。いままでの産地も地域に人がいなくなって、生産できなくなってきている状況にある。カボチャの収穫ハンドを開発中であるが、ハンドをスイカ用、白菜用に変えることによって、様々な作物を傷つけないで正確に収穫することも可能になると思っている。ロボット農機の機能を拡大していくというのが、次のステージになるであろう。

3.4 スマートヴィレッジ

さらに、次はスマートヴィレッジのような取組みも非常に重要だろう。水管理システム、スマート追肥機、ロボットトラクタ、収量コンバイン、といった技術が地域に入る。そして、それらを学ぶ研修センターが必要になり、建設される。1人の農家の方が広い面積を管理できるようになる。農家の方々は、実際機械を運転するよりも、管理システムを使いながら作業をするということが増えていくのだと思う。これからこれをどのように発展させ、考えていかなければいけないかが重要だ。

例えば北海道大学の農場では、ロボット農機は農道移動も自分でできる。したがって、寝る前にボンとスタートボタンを押すと、自分で畑まで行くことができる。コーナー等は速度を落とすようにしてあり、センサーがついていて、周辺の地図が作成されているので、一応障害物も検出できるようになっている。作業が終わると自分で帰ることができる。実際の地域では、道路交通法の規制的な課題がある



ので、社会実装はまだできないが、技術的にはできている。

この技術は道路を地図化(3Dマッピング)し、自動車で行われているダイナミックマッピングの技術を利用して、農道が地図化されれば、ロボット農機の移動にも使える。当然、種や資材や収穫物を運ぶためによく使われる軽トラックも無人で走るようになる。さらに、地域の方々の無人運転バスにも使われる。要するに、こういったインフラを1つ準備すれば、色々な用途があるわけだ。農業だけでなく生活に利用できるということである。地域の生活も充実する。無人の交通システムも可能になる。

畑のスマート化をする上で重要な、やっていただきたいことがある。電線の埋設である。ロボット農機を管制室で管制できるような仕組みを作ったとする。確かにロボット農機にセンサーを付けて監視するようにはしているが、畑に1本電線が埋設されていれば、畑に入ってくるものが異物か障害物か検出でき、安全性が向上する。侵入者が分かる。今でもほとんどないことではあるが、ロボット農機が畑から飛び出すというような問題も解決する。草刈りについても、現状は炎天下で農家の方々が草刈り機を使いながら、時に傾斜地でも行う大変な作業である。もし電線が埋設されていれば、ルンバのようなものがどんどん草刈りをしてくれるし、繰り返し無人作業が可能になる。更に水管理システムも同様である。様々なIoTを利用して情報を得るために重要なのは基地局のハブ機能である。こういったものが地域に建つと、農家の方々のスマートIoTが加速化する。

4. おわりに

我々は、今、労働力が足りないので、少ない人数で大きな面積の農地を管理できるようにしたいという、社会問題の解決のために技術開発をしている。これを進めていくとどうなるか。1人の人間が大面積を管理でき、地域に人がいらなくなる。これは技術の負の側面であり大変な問題である。技術が入る一方で、これを使って、どうしたら地域が潤うようになるか、発展するかということを考えなければ

ならない。

高度な技術を有効に使うために、研修室は重要だ。そして実際働く方の作業の質が変わっていく。農機を動かさず、家やオフィスの中にいて、農産物として何を作ってどこに売るか、どのように加工するか、こういうことを考える職種になってくる。しかし、これでは先にあげた問題の解決にならないので、地域としては、加工施設を建て、空いた時間と加工施設を使って、国内外にどうやって農産物・食品を売っていくかを考えていくことが必要になる。地域に新たな雇用を生み出す仕組みを考えることが非常に重要になる。要するに、地域のグラウンドデザインというのを、スマート農業を使って作っていく。そのためには、農業データ連携基盤で生産の効率化を進め、フードチェーンを使って、各国各地域のニーズ、消費者の嗜好や消費動向などを調査して、食品工業に反映させていく。このようなことが重要になる。地域から世界へ、農産物、技術が展開していくであろう。大切なことは、こういった超省力化を実現する技術はただ単に導入していただくだけでは問題解決にならない、逆の問題が発生してくるということである。

農業に直接関わっている人口比率は数パーセントで、それ程多くはない。ただ、日本の農業の重要性、社会課題を解決するためにスマート農業のような技術の必要性を多くの人に知ってもらうことは、極めて重要である。「下町ロケット」という小説がドラマになった。私自身はそれに登場する野木博文さんのモデルとして扱われているが、我々のスマート農業技術、農業の重要性、またこの問題の解決策としてスマート農業がこれから日本に必要だと一般の人に知ってもらえた点は、非常に大きな効果があったと思っている。

※本記事は、2019年5月17日開催の「第51回世界情報社会・電気通信日のつどい」での講演をリライトしたものです。
(責任編集：日本ITU協会)