

情報通信審議会 情報通信政策部会
IoT 政策委員会 人材育成ワーキンググループ

取りまとめ（案）

目次

第1章	第三次中間答申を踏まえた検討の方向性	3
1	IoT 政策委員会人材育成ワーキンググループ(WG)における検討	3
第2章	育成する人材像・スキル	3
1	育成する人材像	3
2	育成するスキル	4
第3章	カリキュラム及び演習・実習環境	5
1	カリキュラム	5
2	演習・実習環境の概要	8
第4章	認定制度及び「出口」対策	9
1	認定制度の形式	9
2	認定の基準と能力認定の方法	10
3	認定の効果と「出口」対策	10
4	認定制度の活用と相互参照	10
第5章	推進体制と参加者の役割	11
1	推進体制の業務	11
第6章	想定されるスケジュール等	13

第1章 第三次中間答申を踏まえた検討の方向性

1 IoT 政策委員会人材育成ワーキンググループ(WG)における検討

情報通信審議会第三次中間答申（平成29年1月27日）において、IoT時代を支えるネットワークインフラを運用・管理する人材の育成に関して、産学官の適切な役割分担の下、人材育成と能力認定の制度を自律的・継続的に運用するための推進体制について具体化するための検討が必要との提言を受けた。併せて、こうした体制の下で教育・訓練を受け、その知識やスキルが一定の水準にあることを認定された者を産業界で受け入れる枠組みについて、平成29年夏までに検討し、結論を得ることとされた。

この枠組みを具体化するにあたっては、1)カリキュラムの策定、当該カリキュラムの更新のための研究開発、2)カリキュラムに基づく講義・実技の場の整備と指導者の確保及び3)実務能力の認定制度と認定を受けた者に関するインターンを含めた企業側の受け入れ体制のあり方等に関する検討が重要とされ、加えて、こうした枠組みの構築は、産学官が共同で、概ね以下の役割分担で取り組むことが求められる旨が指摘されている。

- i) 大学においては、企業等と連携したカリキュラムの策定、当該カリキュラムを前提とした講座の設置と単位発行等を実施。
- ii) 企業側では、大学等との連携、カリキュラムの策定とともに、当該カリキュラムを前提とした寄付講座への講師派遣及び同寄付講座等の修了者に対するインターンシップ受け入れ等を促進。
- iii) 官は、人材育成に必要な実技環境の整備支援や推進体制の整備促進を通じて産学の連携した人材育成の取組を支援。

以上を受けて平成29年2月より、人材育成WGにおける検討が再開された。以下、育成すべき人材像、そのためのカリキュラム、実技訓練の場の具体像、認定制度のあり方等の項目に沿って、これまでの検討結果を示すこととする。

第2章 育成する人材像・スキル

1 育成する人材像

IoT時代においては、あらゆるモノがネットワークを通じて運用・管理され、医療、農業、自動運転をはじめ多くの産業分野でネットワークが使われている。このため、IoTを活用した新たなサービスの創出から、通常の業務の執行に到るまでネットワーク運用・管理の知識を有する人材が必要となっており、産業

ごとに異なるネットワークへの要求条件の把握とネットワークの構築を行うことができる技術者が求められている。

また、IoT時代のネットワークは、あらゆるモノが接続され、またセンサー情報から 8K 映像情報などの多様なデータが流れることにより、ネットワーク上を流通するデータ量の幾何級数的な増加やデータの多様化により、多様かつダイナミックに変化するトラフィックを処理することが必要とされる。このようにネットワークが大規模化・複雑化している反面、あらゆる IoT サービスの基盤となるネットワークは常に安定的な運用が求められている。このため、従来のハードウェア中心の技術から、柔軟かつ迅速にネットワークの構成や設定の変更が可能な SDN(Software Defined Network)/NFV(Network Function Virtualization)をはじめとするソフトウェアによるネットワーク運用・管理技術の導入が進んでいる。

SDN/NFV を活用することで、ネットワークの設定や運用の一元化・自動化や、新たに機器を増設することなく必要な機能を実装するなど、柔軟かつ迅速な運用・管理が可能となるが、同時に、この技術を使いこなすことができる人材も必要となる。加えて、昨今はネットワーク構築や商用の外部クラウド等を活用することが一般的となっており、ネットワーク技術者にはそれらのネットワーク上のソフトウェア資源を有効に活用できるスキルも求められている。

以上より、IoT時代のネットワークを支える人材とは、通信事業者・ユーザ企業双方において、ネットワーク上のソフトウェア資源を利活用して ICT サービス基盤を設計・構築するとともに、ネットワークを止めることなくレジリエントに運用・管理できる者であると考えられる。そして、顧客のニーズに柔軟に対応し、様々な技術を活用して新たなサービスの基盤となるネットワークを支えるためには、SDN/NFV の基礎となるネットワークとコンピューティングに関する理解に基づき、仮想化や外部クラウド等のソフトウェア資源を利活用して、独力でネットワークの構築・運用・管理ができるスキルが必要となる。

2 育成するスキル

この IoT ネットワークを運用・管理する人材に求められるスキルセットの主な要素は

- 1) ネットワークに関するスキル
 - 2) プログラミングを含んだコンピューティングに関するスキル
 - 3) 仮想化や外部クラウドなどのソフトウェア資源を利活用できるスキル
- と整理できると考えられる。

- 1) ネットワークに関するスキルとしては、これまでのネットワークに用いら

れている TCP/IP¹に関する基礎的なスキルや経路制御、冗長化機能等を構築するスキルである。次に、2) コンピューティングに関するスキルとしては、OS やサーバ、また OpenFlow²等の SDN 技術を用いてネットワークアプリケーションを構築する等のスキルである。そして、3) ソフトウェア資源を利活用できるスキルとしては、ネットワークの仮想化を実現することや外部の商用クラウド等とネットワークを連携し、効率的かつ有用なネットワークを構築できるスキルである。

また、上記の基礎的なスキル・知識に加えて、複数人でチームを組織し協力して課題解決を行うことができる能力やコミュニケーション能力も必要となる。高度な職業人材の育成には、企業が現場で直面している実際の課題や現実に模したデータを用いた PBL³(プロジェクトベース・ラーニング)の手法が有効であるため、本分野においても、実践的なシナリオに基づき、できる限り実データを用いた実習を通じて育成を図ることが求められる。

第3章 カリキュラム及び演習・実習環境

1 カリキュラム

本章では、第2章において明確化された人材像及びスキルについて、その育成に必要なカリキュラムの内容を明らかにする。策定されたカリキュラムに基づき、寄付講座や集中講座の形態で講義が実施され、受講した学生に対しては一定の単位が付与されることが想定される。

我が国においては、産学が連携した取組である Interop Tokyo⁴の ShowNet を通じて多数のネットワーク人材を育成・輩出されてきた。その歴史を踏まえ、本取組におけるカリキュラムにおいても、適宜 ShowNet の経験・知見を取り入れていく必要があると考えられる。

ShowNet とは、産学のトップエンジニアと一般公募により選出された学生・

¹ インターネットで標準的に利用されているプロトコル。TCP/IP は TCP(Transmission Control Protocol)と IP(Internet Protocol)という2つのプロトコルを省略した呼称であり、TELNET、FTP、HTTP など、TCP や IP を基盤にした多くのプロトコルの総称とされる。

² Open Networking Foundation (ONF) によって標準化が進められているプロトコル。経路制御の機能とデータ転送の機能を分離し、OpenFlow コントローラによりネットワーク機器を一元的に制御するなど柔軟なネットワーク運用・管理が可能となる。

³ 学習者に実際のプロジェクトや擬似的なプロジェクトを体験させることにより、課題解決の手法や能力を修得させる育成手法。

⁴ 世界で開催されている、ネットワークコンピューティングに特化したテクノロジーとビジネスのリーディングイベント。日本では1994年の初開催以来、2017年で24回目の開催となる。展示会、カンファレンス、ShowNet からなる。

社会人により構築・運営される世界最大級のライブデモンストレーションネットワークである。ShowNet においては、公募により選出された学生・社会人からなる 3 人 1 チームの STM (ShowNet Team Member) が、産学のトップエンジニアからなる NOC (Network Operation Center) が担当する指導者(メンター)の指導を受けながら、様々な企業の機器を用いたマルチベンダー環境において、2 週間をかけてネットワークを構築する。こうした取組において、ゼロからのネットワーク構築・運用を経験することで、技術的能力のみならず、コミュニケーション能力等の職業人材として必要な能力が育成されるものと評価されてきた。

ShowNet は実践的な演習を通じて、これまで日本の通信業界に多くの人材を輩出してきた反面、Interop Tokyo の準備期間中に限定される取組であるため、育成人数と期間に制限があり、急速に増加すると予想される IoT 時代のネットワークを運用・管理できる技術者に対する需要の増加に必ずしも十分対応できているとは言えない状況にある。

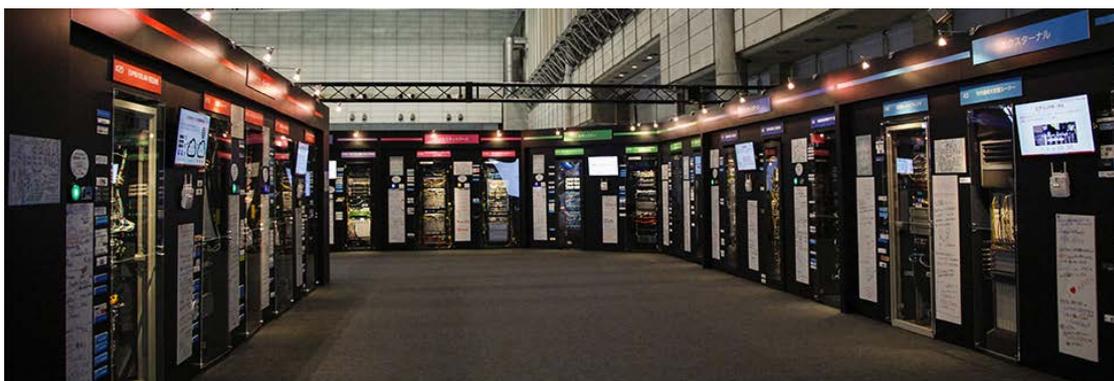


図 1 : Interop Tokyo ShowNet の外観

今回検討するカリキュラムにおいては、この ShowNet における人材育成をベースとして、複数人による課題解決とメンターによる指導を行う形式を含む 3 段階の育成過程を設ける。

まず、ステップ 1 として、座学や演習による基礎的知識・スキルの習得を目指し、次にステップ 2 として、実際のインターネット環境を用いて、現実のシナリオに沿って複数人で課題解決を図る実習によって実践的なスキルを涵養し、最後にステップ 3 として、よりハイレベルかつ実務に近い内容を取り扱う ShowNet への参加やインターンシップへの参加によるプロフェッショナル育成を行う。

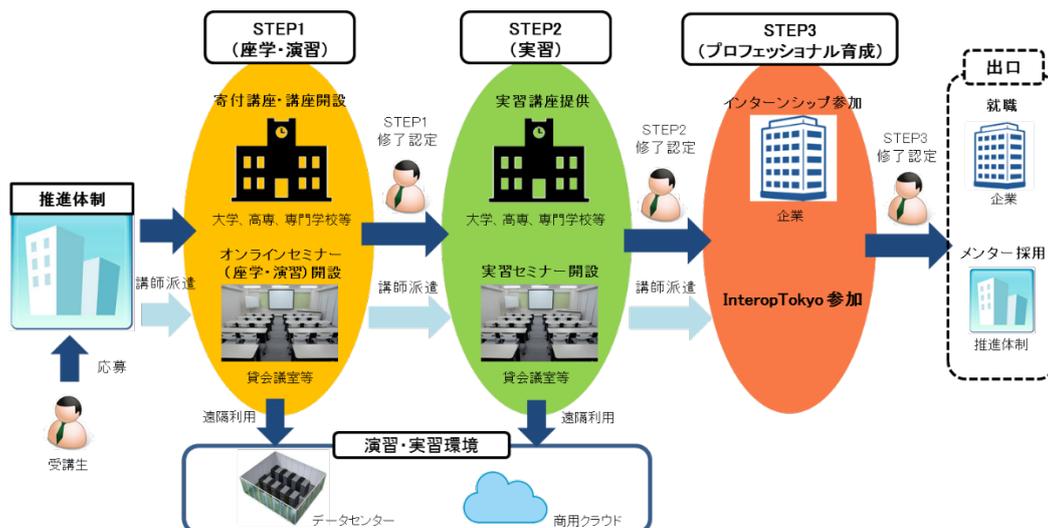


図2：カリキュラムの全体像

ステップ1は、現実に直面している課題を題材にしたプロジェクトベースの演習を行うために必要な基礎的な知識・スキルを習得する。このため、座学と演習を混合した講義を通じてプログラミングを含むコンピューティング、ネットワーク並びに、仮想化及び外部クラウド等のソフトウェア資源の活用に関する知識・スキルを習得する。

これらの基礎知識の概要と、これを習得するための講義の内容例を、「参考」に示す。

カリキュラムの実施にあたっては、学生を主対象とする大学における寄付講座や高専等と連携した講義に加え、社会人の「学び直し」や企業内技術者の再教育を主な対象とした集中講座を設ける。ステップ1では、基礎的な知識・スキルの習得が主目的となるため、社会人等既に十分な知識を有することを他の資格等で証明できる者に対しては、予め能力認定することによる受講免除措置を設ける。

ステップ2は、ステップ1により習得した基礎的な知識・スキルを実践的に活用する能力を養成する。現実の業務課題に対応できる人材を育成することを目標とし、現実に即したシナリオに対して、指導者（メンター）による指導を受けながら複数人が協力して課題に取り組む。このため、シナリオの現実性や現場経験を有するメンターの存在、そして実際のインターネットと同様に、IX(インターネット・エクスチェンジ)やデータセンター、クラウド等から構成される環境を用いた実習を行う。

ステップ3は、高度なプロフェッショナルを育成することを目的とする、より実践的な実習を通じて、予期しないトラブル等に対する原因の特定、チーム

メンバーと協力した対処、関係部署とのコミュニケーション等のネットワーク構築に留まらない高度な知識・スキルを習得する。具体的には、ShowNet への参加や企業へのインターンシップ参加等を行う。

2 演習・実習環境の概要

実務能力を育成するための演習・実習では、下記の要件を満たした実環境に極めて近い演習・実習環境が必要となる。

- ・ IX 環境が利用可能
- ・ SDN 技術を利用可能
- ・ NFV 技術を利用可能
- ・ 複数にまたがるネットワークの制御が可能
- ・ 人材育成する上でのその他周辺環境の整備

第一に、実際のインターネットと同じく、多様なサイズと種類のデータが流通し、異なる技術基盤や運用ポリシーで生成されたトラフィックが交換されている IX 環境での訓練が重要である。なお、実習としてトラフィックを制御するため、実際のネットワークを流れるトラフィックに影響を与えないこと前提とした IX を備えた環境を準備する必要がある。

第二に、本環境においては SDN/NFV に対応した機器が必要となる。なお、個別企業の製品の運用能力にとどまらない、ネットワーク技術者としての共通的なスキルを涵養するため、ソフト・ハード両面において、マルチベンダーに対応した環境の構築が必要である。

第三に、接続されるデータセンター等の個別ネットワークを制御する経験も重要であるため、遠隔にて個別ネットワークを制御できる環境とする。

以上の要件を満たす環境を整備することにより、IX やデータセンター、商用クラウド等が繋がる実際のインターネット環境に流れるトラフィックの制御を経験することが可能となる。

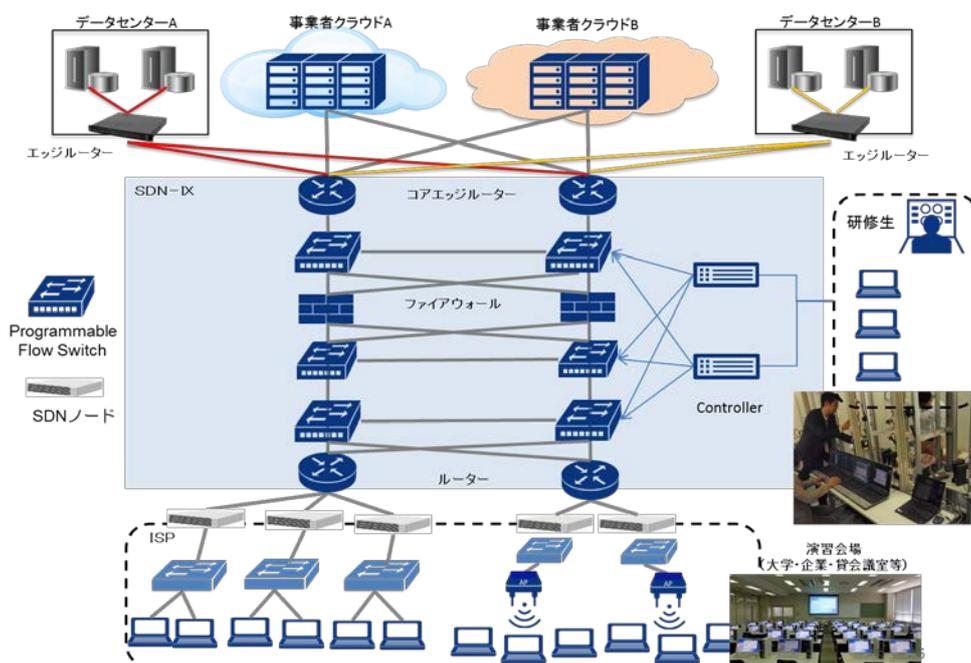


図3：演習・実習環境のイメージ

第4章 認定制度及び「出口」対策

1 認定制度の形式

前章までに示した、講義や実践演習を経験し、ネットワークの運用・管理を行うスキルを身につけた人材が、ユーザ企業や通信事業者等で実際に雇用されていくためには、こうしたスキルを客観的に評価し、認定していく社会的な仕組みが必要となる。こうした仕組みは、技術者の実務的能力の認定などの能力の「見える化」を通じ、ユーザ企業を含めた産業界において、人材が継続的に供給され、かつ人材の流動性が向上することを目的とするものである。このため、当面は法律に基づく資格制度ではなく、産業界のニーズを踏まえた、民間による任意の認定制度として運営されることが適当ではないかと考えられる。

人材の育成においては、育成された人材の「出口」の確保も重要となる。このため、人材育成を一貫して行う推進体制においては、能力を認定された学生やスキル転換を果たした技術者の関連分野の企業への就職、転職及び昇進を促す仕組みについても、整備する必要がある。その際、認定を受けた者が技術的進展の早いネットワーク関連技術をキャッチアップしていることを確保するため、認定取得後2年を目処に、セミナー受講等による認定更新を義務づけることも必要となると考えられる。

2 認定の基準と能力認定の方法

能力認定については、人材カリキュラムの3ステップに則して、段階毎に認定を設ける。ステップ1は、ステップ2での実習に必要な基礎的な知識と技能の習得を目的とするため、基礎的知識の有無を筆記試験で確認する。ステップ2においては、ネットワークの設計・構築、ソフトウェアインフラの活用、ネットワークのレジリエントな運用に必要な知識、技能及びその発揮に必要なコミュニケーション能力等をメンターが総合評価する。ステップ3においては、高度なネットワーク技術者（ネットワークアーキテクト）としての能力と将来的な指導者としての能力を評価・認定する目的から、メンターのみならず実習として参加する ShowNet の NOC メンバー等の複数の評価者により、能力を認定する。

3 認定の効果と「出口」対策

前述した認定の仕組みについては、能力を「見える化」し、技術者の流動性を高めることを目的とするものである。すなわち、こうした認定の仕組みによって、技術者の ICT 企業への就職、転職、昇進、配置転換等、ユーザ企業を含めた産業界において、一定水準の技能を持つ人材が継続的に供給され、併せて、人材の流動性が確保されていくことが望ましい。このため、当該技術者を採用する企業が参加する推進体制が、能力の認定に加え、その認定を基に就職や転職等を促す「出口」対策を講じていく必要がある。

認定取得者の「出口」対策を実効性のある取組にするためには、

- i) 人材育成に参加する企業（通信事業者、システムインテグレーター、ユーザ企業等）に対する認定取得者に関する情報の提供
- ii) 認定取得者のインターンに関するマッチング・斡旋・紹介の支援
- iii) 推進体制への参加企業の協力を得て、認定を受けた者を対象に、新規採用等の選考時に一定の優遇措置を検討すること

等に取り組んでいくことが必要である。

4 認定制度の活用と相互参照等

IoT 時代にあつて、医療、農業、サイバーセキュリティをはじめとする多くの分野においてネットワークの知識が必要となっており、本認定制度を活用した他分野の人材育成との連携や相互参照を検討していくことも必要である。例えば、人材育成の必要性が高いサイバーセキュリティ人材の育成においても、

トラヒックの監視・分析やルーター等のネットワーク機器の設定、ファイアウォールのポリシー設定等のスキルが求められるように、多くの分野にてネットワークに関する知識が必要不可欠である。このため、サイバーセキュリティ人材の育成においてネットワークに関する知識・スキルが不足している者に対して、本認定制度の紹介を行う等の連携の検討が必要である。この他の分野の人材育成においても、本認定と他の人材育成に関する研修や認定制度との相互参照の取組を後述する推進体制において検討・推進していく。

また、ネットワークに関する知識やスキルは国内外で共通である部分が大いいため、本制度で育成・能力認定された人材が海外でも活躍できるよう、海外の技術及びビジネス動向も踏まえたカリキュラム策定並びに海外の人材育成・資格認定組織との情報交換をはじめとする連携を検討・推進してゆく。

第5章 推進体制と参加者の役割

前2章の取組を推進するためには、通信事業者やベンダー、システムインテグレーター、ユーザ企業等の関係者によって、1) スキルを習得するための演習・実習環境の整備、2) 左記で得られたスキルを認定する仕組みの運営などを一貫して行う推進体制が設立されることが望ましい。本推進体制の運営については、産学が連携して実施することとし、基本的には構成員の費用負担と人材育成の受講料等により活動費用を支弁し、持続的に人材育成を実施する体制が整備されていくことが望ましい。

1 推進体制の業務

推進体制は、1) カリキュラム・教材の策定及び更新、2) 講師の確保・調整、3) 講義・実習の場の確保・運営管理、並びに 4) 認定制度の企画・運営、及びいわゆる「出口」対策(例えば、企業のインターンシップ制度との連携に関する調整)等を行っていく必要がある。

1) カリキュラム・教材の策定、製作、及び更新に関連する研究開発については、産学の連携による実事業とアカデミズムにおける研究成果の反映が必要であり、カリキュラム委員会等の組織を組成し、専門家による継続的な策定・更新及び関連する研究開発の実施や国際動向把握等を担う。

2) 講師の確保・調整については、大学における寄付講座・集中講座等への講師の派遣、実習での指導者(メンター)には、実習全体を統括して教育を行う者に加えて、テーマに応じて、研究者や実務者からその分野のトップエンジニアを充てる必要がある。このため、推進体制においては、講師の雇用、能力を有する講

師・指導者の選定、確保と質の維持を行い、座学や実習の内容に従って適切な講師を派遣する機能を担う。

3) 講義・実習の場の確保・運営管理については、大学における寄付講座や推進体制自らが主催する講座等を活用してステップ1を行うことが想定されるが、将来的には、高専や専門学校等との連携による研修の実施等も想定される。講座開設・実施の事務・調整、講義の場の確保、演習・実習環境の運営・管理も担う。

4) 認定の仕組みを継続的に運用し、ICT企業やユーザ企業に優秀な人材を継続的に提供することは、推進体制が、人材を供給する大学や、これを受け入れる産業界等からの信頼を得て、自立的・安定的に業務を継続していくための重要な要件である。従って、推進体制においては、認定のための筆記試験や実技試験の問題策定や、認定基準の策定・更新の業務に加えて、企業への就職に向けた、いわゆる「出口」対策を実施することが重要となる。すなわち、学生に対するインターンシップを含め、企業側の受け入れる体制を構築し、その継続的な運営まで行うことが必要と考えられる。

5) その他

(1) 上記に掲げる他、推進体制においては、医療、農業をはじめとするネットワークを利活用する分野の学会や人材育成を目的とする団体等との連携を通じた他分野の専門知識とネットワークの知識・スキルの双方を有する人材の育成についても検討していく必要がある。IoT化が進展する中で、様々な分野においてネットワークの知識が基礎的な知識として必要となるが、各々の専門知識・スキルとネットワークに関する知識・スキルの双方を持つ専門家は少なく、ネットワークの設計構築において、各分野の要求条件をネットワークの仕様にいわば「翻訳」できる者が少ない。このため、他分野の学会や人材育成団体に対して、ネットワークの知識・スキルについての情報提供や事務局間の意見交換をはじめとする連携を行い、各団体におけるネットワークの知識・スキルに関するニーズの把握、研修や認定・資格制度へのネットワーク関連課程の追加、当該課程に関する本人材育成・認定制度を活用する仕組みの構築を検討していくことが求められる。

(2) すでに指摘したとおり、今回検討した推進体制については、基本的に、民間主導で運営されるべきであり、産・学の協力の下、体制整備が実施されていくことが望ましい。しかしながら、SDN/NFVを実装するネットワークが、IoTのデータ流通を支える最も重要なインフラであることを鑑みれば、以下の観点から、一定の公的支援の検討が必要になると考えられる。

1) 今般検討された人材育成カリキュラムにおいては、実際のネットワーク環境を実現した環境における実技・訓練が最も重要であること。

2) 推進体制により実施される人材育成の目的は、大学等教育機関で学ぶ学生に

よる知識とスキルの習得に加え、既に企業等で仕事に従事している「社会人の学び直し」によるスキル転換も含まれていること。

1)については、実技・訓練環境の整備について、一定の公的支援を実施することが考えられる。2)については、現在、経済産業省において「第4次産業革命スキル習得講座認定制度（仮称）」に関する検討会が開催され、講座認定を通じた支援が検討されているが、IoT ネットワーク運用・管理人材の育成に関しても、こうした取り組みと連携しつつ、公的支援のあり方を検討していく必要がある。

第6章 想定されるスケジュール等

本検討を踏まえて、産学が連携して平成29年度夏を目処に推進体制を設立し、寄付講座等の大学と連携した講義の平成29年秋からの実施を目指すとともに、平成29年内に実習・訓練を開始し、平成30年前半の能力認定の開始に向けて取組を進めるべきである。